

NOUVEAU TRAITÉ
DE
CHIMIE INDUSTRIELLE

LIBRAIRIE F. SAVY

- BEER.** *Introduction à la haute optique*, traduit de l'allemand par G. FONTOMME, professeur à la Faculté des sciences de Nancy. 1 vol. in-8 de 375 p., avec 200 figures dans le texte et un tableau lithographié représentant 25 figures. 12 fr.
- BLEICHER.** *Les Féculs.* Paris, 1878. Grand in-8 de 70 pages et pl. 2 fr.
- CLASSEN.** *Précis d'analyse chimique quantitative*, traduit de l'allemand par FRANCKEN et LEBRUN. In-8 avec figures dans le texte 6 fr.
- *Précis d'analyse chimique qualitative*, 2^e édition, 1878, traduit de l'allemand par FRANCKEN et LEBRUN. 2^e édition. 1878. In-8. 4 fr.
- CLAUDON.** *Fabrication du Vinaigre* fondée sur les études de Pasteur, contenant : 1^o Description des procédés actuels de fabrication; 2^o Exposition résumée des travaux de Pasteur sur le vinaigre; 3^o Développement d'un appareil de fabrication expéditive, économique, basée sur les principes émis par Pasteur. Gr. in-8 de 60 pages avec pl. 5 fr.
- DESPLATS** et **GARIEL.** *Nouveaux éléments de physique médicale*, précédés d'une préface par M. GAVARRET, professeur de physique médicale à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8 de 720 pages avec 502 figures dans le texte. 9 fr.
- DRAGENDORFF.** *Manuel de toxicologie*, traduit de l'allemand, avec de nombreuses additions, et augmenté d'un précis des autres questions de chimie légale, par M. E. RITTKER, professeur de chimie médicale et de toxicologie à la Faculté de médecine de Nancy. 1 vol. in-8 de 700 pages, avec figures dans le texte et un tableau d'analyse spectrale. 7 fr. 50
- FRESENIUS.** *Traité d'analyse chimique qualitative*, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale, 5^e édition française traduite de l'allemand sur la 14^e édition par FONTOMME, professeur de physique et de chimie à la Faculté des sciences de Nancy. 1 vol. in-8 de 500 pages avec figures et un spectre solaire colorié. 7 fr.
- FRESENIUS.** *Traité d'analyse chimique quantitative.* Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, de fontes, dosages des sucres, alcalimétrie, chlorométrie, etc. 4^e édition française, traduite sur la 6^e édition allemande par FONTOMME, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Nancy. Paris, 1879. 1 vol. in-8 de 1000 pages, avec 220 figures dans le texte. 15 fr.
- HENNINGER (A.).** *Des Uréides.* Paris, 1878. Gr. in-8 de 95 pages 2 fr. 50
- HENNINGER (A.).** *De la nature et du rôle physiologique des peptones.* Paris, 1878. In-8 de 70 pages 4 fr. 50
- MAGNIN (A.).** *Les Bactéries.* Paris, 1878. Gr. in-8 de 180 pages 3 fr. 50
- PLANCHON (G.).** *Traité pratique de la détermination des drogues simples d'origine végétale.* Nouveau cours d'histoire naturelle, professé à l'École de pharmacie de Paris. Paris, 1875. 2 forts vol. in-8 de 1400 pages avec 505 figures dans le texte. 20 fr.
- REULEAUX.** *Le Constructeur.* Formules, règles, calculs, tracés de machines, renseignements usuels, aide-mémoire des ingénieurs, constructeurs, etc. 2^e édition française, entièrement remaniée, traduite de l'allemand sur la 4^e édition par M. DEBIZE, ingénieur en chef des manufactures de l'État. Paris, 1879. 1 vol. in-8 de 800 p. avec 800 fig. dans le texte, tableaux, etc. 20 fr.
- REULEAUX.** *Traité de cinématique. Principes fondamentaux d'une théorie générale des machines*, traduit de l'allemand par M. DEBIZE, ingénieur en chef des manufactures de l'État. Paris, 1877. 1 vol. gr. in-8 de 700 pages avec 452 figures dans le texte et 1 atlas de planches 20 fr.
- SECCHI (R. P.).** *L'Unité des forces physiques dans la nature.* Essai de philosophie naturelle. 2^e édition très augmentée. 1 fort. vol. in-8 de 700 pages avec figures dans le texte. 10 fr.

WAGNER ET L. GAUTIER

NOUVEAU TRAITÉ

DE

CHEMIE INDUSTRIELLE

A L'USAGE

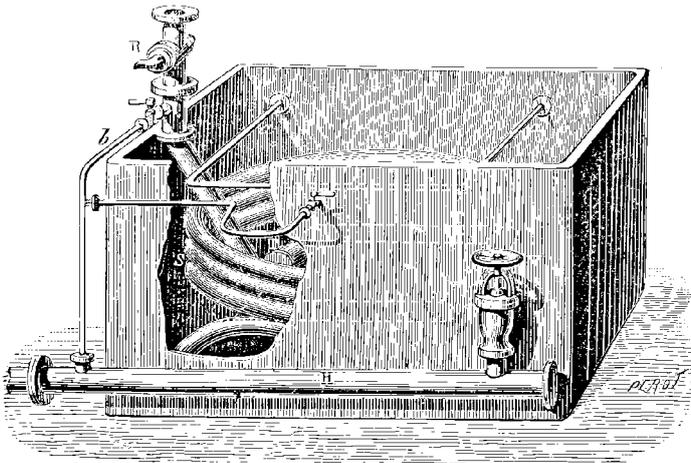
DES CHIMISTES, DES INGÉNIEURS, DES INDUSTRIELS,
DES FABRICANTS DE PRODUITS CHIMIQUES, DES AGRICULTEURS, DES ÉCOLES
D'ARTS ET MANUFACTURES, D'ARTS ET MÉTIERS, ETC., ETC.

DEUXIÈME ÉDITION FRANÇAISE TRÈS AUGMENTÉE

PUBLIÉE SUR LA DIXIÈME ÉDITION ALLEMANDE

TOME SECOND

Avec 239 figures dans le texte



PARIS

LIBRAIRIE F. SAVY

77, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 77

1879

NOUVEAU TRAITÉ

DE

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHAPITRE IV

DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

TECHNOLOGIE DE LA FIBRE VÉGÉTALE

Cellulose. — La *fibre végétale* ou la *cellulose*, $C^6H^{10}O^5$, est la substance qui forme le tissu des végétaux et qui se rencontre dans les plantes sous les formes les plus variées. Elle se trouve dans le bois en très-grande quantité avec la matière incrustante et elle forme la *fibre ligneuse*; sous forme de longs filaments ou de faisceaux, elle constitue le *lin*, le *chanvre*, les *fibres des urticées* et le *coton*, substances qui forment le groupe des *fibres textiles* si important au point de vue industriel, et qui servent pour la fabrication des fils et des tissus, du papier et du coton-poudre. La cellulose traitée par l'acide sulfurique se transforme en dextrose (glucose), propriété sur laquelle repose son emploi pour la fabrication de l'alcool. Il résulte des analyses suivantes, effectuées sur ces différentes matières, que la cellulose pure se rencontre avec la même composition dans le bois, le coton, le lin et le papier :

	BOIS.	COTON.	LIN.	PAPIER.
Carbone.	45,87	45,50	45,65	45,87
Hydrogène	6,25	6,40	6,21	6,12
Oxygène.	49,90	50,50	50,16	50,01
	100,00	0,00	100,00	100,00

Les parties des végétaux qui sont mises en œuvre comme fibres textiles se présentent sous forme de faisceaux de fibres, qui doivent être tenaces, souples, fissiles, et le cas échéant susceptibles d'être blanchis. Ces quatre propriétés se rencontrent à un très-haut degré d'abord dans le lin, le chanvre et le coton; on les trouve ensuite, bien qu'à un degré plus faible, dans quelques-uns des succédanés du lin et du chanvre, qui seront mentionnés plus loin et dont les propriétés ne sont généralement connues que depuis les expositions industrielles internationales de ces dix dernières années.

A. LIN.

Le *lin* est la fibre préparée pour le filage du *lin commun* (*Linum usitatissimum*), plante de la famille des linées. [Le lin est cultivé dans presque toutes les parties de la France, mais c'est surtout dans les contrées du Nord et de l'Ouest que cette culture est le plus développée; les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise produisent le lin le plus estimé. La Belgique produit des lins d'excellente qualité, dont la réputation est bien connue. L'Irlande, la Russie, la Hollande, la Silésie, la Saxe et la Westphalie doivent également être mises au nombre des pays où la production de cette fibre textile a pris une grande extension.] Pour faire la récolte du lin, on arrache la plante, on la lie en gerbes et on la laisse sécher sur le terrain. Après la dessiccation le lin est *drégé* (égrugé) à l'aide de la drège (grège, égrugeoir, sorte de peigne muni de dents de fer crochues) c'est-à-dire que les capsules contenant la semence sont déchirées. [Cette opération se fait également en frappant les tiges avec une pièce de bois appelée *batte*]. Le lin est ensuite lié en faisceaux épais comme la main et soumis au rouissage.

Rouissage du lin. — Les fibres contenues dans la plante, fibres qui forment le lin, se trouvent au-dessous de l'écorce et sont réunies entre elles par une substance analogue à une gomme (qui, d'après *J. Kolb*, d'Amiens, est de la pectose), qui doit en être éliminée, de manière à ce que par les traitements mécaniques ultérieurs les fibres textiles puissent être isolées, sans être trop endommagées. Cette élimination s'effectue par le *rouissage*, dont le but est, d'après *J. Kolb*, la production de la fermentation pectique, par laquelle la pectine est transformée en acide pectique. Le rouissage s'opère en exposant dans un ruisseau ou dans de l'eau stagnante les tiges de lin, que l'on maintient, en plaçant par dessus des corps lourds, au-dessous de la surface de l'eau, jusqu'à ce qu'il se produise une sorte de putréfaction, qui détruit la substance réunissant les fibres et non les fibres elles-mêmes. On désigne ce mode de rouissage sous le nom de *rouissage à l'eau*. — D'après une autre méthode, on expose à l'influence de l'atmosphère le lin drégé étendu en couches sur le sol, et s'il ne tombe pas d'eau on y supplée par un arrosage fréquemment renouvelé (*rouissage à la rosée*, *rouissage sur terre*, *rosage*, *sérénage*). Ces deux méthodes sont longues et insalubres, parce que

les gaz qui se dégagent pendant la putréfaction infectent le voisinage et qu'en outre dans le rouissage à l'eau ce liquide est altéré et rendu impropre à l'entretien de la vie des poissons. — Après de nombreuses expériences exécutées depuis déjà longtemps avec différentes substances chimiques (lessive de potasse, acide sulfurique étendu), le procédé connu maintenant sous le nom de *rouissage à l'eau chaude* a été enfin introduit en Irlande pour la première fois il y a quelques années par *Schunk*¹. Ce procédé est maintenant en usage sur le continent. D'après cette méthode, le rouissage s'effectue dans de grandes cuves, où l'eau est chauffée par de la vapeur jusqu'à 25 ou 30°; au bout de 60 ou 90 heures le rouissage est terminé. Les avantages qu'offre le rouissage à l'eau chaude sont les suivants : 1° l'opération du rouissage est complètement enlevée au producteur du lin et elle s'effectue dans des établissements particuliers, ce qui fait que l'on obtient un produit meilleur et plus homogène; 2° la perte de poids qu'éprouve le lin par le rouissage étant d'environ 10 p. 100 plus faible dans ce procédé que dans le rouissage à l'eau, le rendement est beaucoup plus grand; 3° dans l'exécution en grand de ce mode de rouissage, les dépenses sont proportionnellement faibles. — Dans ces derniers temps on a aussi commencé à employer la vapeur de l'eau bouillante pour le rouissage du lin. Ce *rouissage à la vapeur*, imaginé par *Wait* et *Buchanan*, aurait de grands avantages sur le rouissage à l'eau chaude.

Broyage du lin. — Le lin à l'état roui se compose de cellulose et d'acide

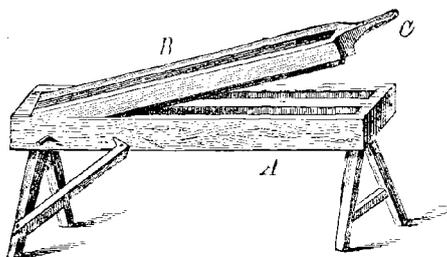


Fig. 249. — Broie ou macque pour le broyage du lin.

pectique. Lorsque le rouissage et la dessiccation sont terminés, on cherche à séparer les fibres de l'écorce et de la moëlle que le rouissage a rendues fragiles; c'est ce que l'on fait au moyen du broyage, du teillage et du peignage. Par le *broyage* (ou *macquage*) les parties ligneuses sont brisées, le liber résiste à cause de sa grande ténacité et demeure presque intact. L'outil (la *broie* ou *macque*), dont on se sert pour le broyage, se compose de deux parties pénétrant l'une dans l'autre (fig. 249); la partie supérieure B (ou mâchoire) est formée de deux bandes de bois, qui sont disposées à une de leurs extrémités de manière à ce qu'elles puissent être mues comme dans

¹ D'après *S. Friedländer* (1872), le rouissage à l'eau chaude est actuellement tout à fait abandonné en Irlande.

une charnière. Ces deux bandes de bois sont façonnées intérieurement sous forme de tranchant et elles se terminent par le manche C. Le châssis A est partagé dans toute sa longueur en deux rainures, qui sont disposées de telle sorte que les bandes de la mâchoire s'y placent exactement lorsqu'on abaisse celle-ci. L'ouvrier, en imprimant à la mâchoire un mouvement alternatif d'élévation et d'abaissement rapide, pose transversalement sur le châssis un faisceau de lin qui est cassé et broyé entre les bandes de la mâchoire et les rainures du châssis, parce qu'on fait passer continuellement sous la machine de nouvelles portions du faisceau qui est tiré suivant sa longueur. Les parties ligneuses, la *chênevotte*, tombent d'elles-mêmes, ou bien on en fait tomber la majeure partie en secouant le lin lorsque le broyage est terminé.

Dans le broyage à la main il y a une perte de lin qu'il est assez difficile d'éviter; c'est pourquoi les machines à broyer bien construites méritent la préférence.

Battage. Au lieu de la broie on se sert en Belgique d'un instrument (le *battoir*), à l'aide duquel on fait subir au lin une sorte de battage. Le battoir (fig. 250) est un bloc de bois quadrangulaire, dont la face inférieure (fig. 251)

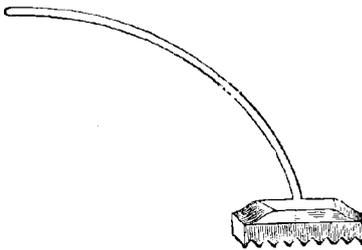


Fig. 250. — Battoir pour le lin.

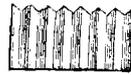


Fig. 251. — Face inférieure du battoir.

est munie d'entailles parallèles et transversales, et qui est fixé à un long manche recourbé. L'ouvrier appuie la pointe du pied sur une des extrémités des brins de lin, qu'il fixe ainsi solidement, et avec le battoir il frappe fortement sur la partie libre; il tourne de temps en temps les brins et les secoue, jusqu'à ce que le lin soit uniformément battu.

Teillage ou espadage du lin. — Le lin broyé ou battu contient toujours de la *chênevotte* solidement adhérente, ne se détachant pas lorsqu'on secoue les brins et que l'on enlève par le *teillage* ou *espadage*. L'appareil employé pour cette opération se compose du *chevalet* et de l'*espade*. Le premier (fig. 252), consiste en une planche fixée perpendiculairement sur un support à pied et munie sur le côté d'une entaille, dans laquelle on passe un faisceau de lin, de manière à le tenir suspendu sur la surface antérieure de la planche, tandis que de l'autre côté on le saisit fortement. L'*espade* (fig. 253) est une lame de bois dur peu épaisse, amincie sur ses bords sous forme taillante et munie d'une poignée. L'ouvrier debout frappe avec l'*espade* le lin qui pend

le long de la planche, puis il le fait tourner et il continue à le frapper, jusqu'à ce qu'il soit complètement dépouillé de la chènevotte.

[Dans quelques pays le teillage à la main est remplacé par l'*écangage* ou

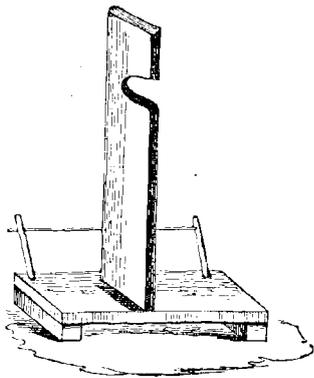


Fig. 232. — Chevalet à espader le lin.

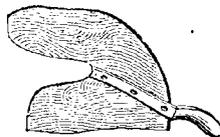


Fig. 233. — Espade.

teillage à la mécanique, par exemple, à l'aide de la machine de *Bourdon-Quesnay*, qui se compose de palettes ou *écangues* montées à l'extrémité des rayons d'une grande roue animée d'un rapide mouvement de rotation. Avec les machines, le travail est cinq ou six fois plus rapide qu'à la main.]

Raclage. Au lieu de l'espillage, ou même après cette opération, on emploie dans quelques contrées le *raclage*, qui consiste à racler fortement le lin avec le *racloir* (fig. 254); cet instrument se compose d'une lame mince de tôle *o*, fixée à une poignée de bois *p*. L'ouvrier assis saisit une poignée de lin avec la main gauche, il l'étend sur un tablier de cuir recouvrant ses genoux et il conduit le racloir avec la main droite.



Fig. 254. — Racloir.

Peignage du lin. — Malgré le teillage ou le raclage le plus soigné, le lin n'est pas prêt pour le filage. Abstraction faite de ce qu'il reste encore quelques débris de chènevotte, les fibres du liber ne sont pas encore suffisamment désagrégées, les fibres courtes ne sont pas encore mêlées avec les longues, enfin il y a encore de nombreuses fibres qui sont tordues et courbées. La dernière opération de la préparation du lin, le *peignage* ou *serançage* doit par conséquent avoir pour objet : 1° d'éliminer le reste de la chènevotte; 2° d'isoler les unes des autres les fibres du liber encore adhérentes entre elles sous forme rubannée; 3° de séparer les fibres courtes; 4° de placer à plat et parallèlement les fibres longues. Le *peigne* ou *seran*, l'outil dont on se sert dans ce but, se compose de fines aiguilles d'acier fixées sur une semelle en bois. On a besoin de plusieurs sortes de peignes, dont les aiguilles sont plus ou moins espacées et plus ou moins fixes. L'ouvrier fait passer le lin par poignées sur les peignes, d'abord sur les plus gros et ensuite sur les plus fins. [Le peignage du lin se fait également à l'aide de machines.]

Étoupe. On nomme *étoupe* les fibres courtes retenues par les dents du peigne; l'étoupe peut être employée pour la corderie ou pour fabriquer des tissus grossiers.

La préparation des fibres du lin est ordinairement terminée avec le peignage; mais dans certains cas, où l'on a besoin que les fibres aient une propreté et une finesse particulières, on complète l'action du peignage en battant et en brossant le lin et en le faisant bouillir avec une solution de savon.

Rendement. — Le rendement moyen en lin teillé et en semences s'élève par hectare à 492 kilogr. de lin et à 440 kilogr. de semences.

100 kilogr. de lin roui et desséché pèsent :

Après le broyage.	45 à 48 kilogr.
— le teillage ou le raclage.	15 à 25 —
— le peignage	10 —

On obtient en outre 5 à 10 kilogr. d'étoupe d'espavage et 5 à 10 kilogr. d'étoupe de peignage.

Filage du lin. — Le *filage du lin peigné* a pour objet sa transformation en fil. Le filage peut être effectué sur le rouet à filer (filage à la main) ou à l'aide de machines (filage à la mécanique). Le but du filage est d'étirer et d'arranger les fils du lin peigné de manière à ce qu'elles forment un fil ayant autant que possible un diamètre uniforme, et ensuite à donner le tors à ce fil. Le filage au rouet est généralement connu. Le filage à la mécanique comprend les opérations suivantes : 1° le lin peigné est transformé en un ruban de fibres placées dans une direction assez rectiligne et assez parallèlement les unes aux autres, ruban qui est la base du fil à fabriquer; 2° ce ruban est étiré; il est ainsi rendu plus fin et ses fibres sont amenées à un parallélisme complet; 3° le ruban étiré est transformé en mèche par un nouvel étirage et un léger retordage; 4° sous l'influence d'un étirage continu et d'un retordage plus intense la mèche est convertie en fil. L'étoupe est également transformée en fils à l'aide de machines; après avoir été d'abord cardée comme le coton, elle est convertie en rubans et traitée du reste comme le lin. Le fil de lin est dévidé, puis employé soit écreu, soit blanchi, pour fabriquer des tissus. Les filaments préparés d'une matière textile quelconque réunis par retordage forment le *fil*.

Tissage du fil de lin. — Pour le *tissage* on étend des fils parallèlement les uns à côté des autres (la *chaîne*) et entre ceux-ci on en fait passer d'autres perpendiculairement (la *trame*), de manière à obtenir des tissus serrés, que l'on comprend sous le nom de *tissus de lin* ou de *linge*. En renversant la trame au deux bords du tissu, elle passe autour des fils les plus externes de la chaîne; et c'est ainsi que se forme la *lisière*.

Tissus de lin. — Les espèces de tissus de lin les plus importantes sont sans contredit les espèces blanches *unies*, qui portent les noms de *toile* et de *linge*. Cependant les tissus *croisés* et *faconnés* sont aussi très-fréquemment employés. Pour confectionner des tissus de *couleur*, le fil coloré destiné

pour cet objet doit être assorti lors du montage, et lors du tissage lui-même qui dans tous les cas est plus difficile que celui des tissus ordinaires blancs unis, l'ouvrier doit avoir un nombre de navettes égal à celui des fils diversément colorés qui doivent entrer dans la trame. Le *damas de lin* destiné aux services de table et qui renferme de grands dessins, comme des fleurs, des paysages, des portraits, etc., est, de même que le *coutil*, tissé sur le métier à la Jacquart. Le *coutil* n'a pas d'envers, tandis que le *damas de lin* en a un. Pour le *coutil* la trame forme les figures, tandis que c'est la chaîne pour le *damas*. La *batiste* est une toile tissée très-serrée avec le fil le plus fin. Le *lin* destiné à la confection de la *batiste* est cultivé avec un soin particulier, afin qu'il atteigne une longueur déterminée, et le tissage s'effectuait autrefois dans des caves très-claires et humides, pour se garantir autant que possible contre la rupture des fils ténus; maintenant il n'en est plus ainsi, mais on emploie pour le mouillage une solution de chlorure de calcium ou un mélange contenant de la glycérine. La *toile de Cambrai* ou *cambrésine*, que l'on confond souvent avec la *batiste*, est aussi fine que celle-ci, mais moins serrée. La *cambrésine* provenant de la Picardie a une si grande finesse qu'une pièce de 7 mètres pèse à peine de 180 à 240 grammes. Le *voile* ne se distingue de la *batiste* que par son tissu beaucoup plus lâche. Le *linon*, qui tient le milieu entre la *batiste* et le *voile*, est presque aussi lâche que ce dernier. La *gaze de lin* est analogue au *linon*; elle est légère et tissée comme le *crêpe*. Le *crès*, sorte de toile fine d'origine espagnole, est tissé avec un fil préalablement blanchi; après le lustrage, il prend un très-joli aspect imitant celui de la soie. Le *tulle* (que l'on fait aussi avec le fil de coton) est un tissu à jour fait avec du fil de lin blanchi, qui est fortement gommé et qui entre autres usages est employé comme fond de broderie. Les toiles les plus grossières, qui le plus souvent sont en chanvre, sont la *toile à voiles*, le *gingas*, la *toile à emballage* et la *toile à sacs*. La *toile à blanchir* est une espèce de toile grossière employée dans le blanchissage et sur laquelle on dispose le linge à blanchir.

Apprêt. — Les tissus achevés sont blanchis et ils subissent ensuite un *apprêt* ayant pour but de leur donner un aspect agréable. L'*apprêt* comprend l'*empesage*, le *lustrage* et le *pressage*. Le lustrage et le pressage s'effectuent soit sur des cylindres ou rouleaux, soit à l'aide d'une calandre composée de 3 ou 5 rouleaux. L'emploi des sels magnésiens (sulfate de magnésium sous forme kiésérite) pour l'*apprêt* de la toile de lin et surtout pour les tissus de coton se répand de plus en plus. — Il sera question plus loin du blanchiment des tissus de lin.

B. CHANVRE ET AUTRES PLANTES TEXTILES MOINS IMPORTANTES.

Chanvre. — Le *chanvre* est la fibre libérienne du *Cannabis sativa*, de la famille des cannabïnées. [En France cette plante est cultivée principalement dans les départements de la Sarthe, de Maine-et-Loire, de l'Isère, de Meurthe-et-Moselle, du Puy-de-Dôme, de la Haute-Marne, de la Somme, de l'Aisne,

de l'Ille-et-Vilaine et du Finistère. L'Italie, l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Russie et l'Amérique du Nord font aussi d'importantes cultures de chanvre.] Le fil qu'on extrait du chanvre est, il est vrai, un peu grossier, mais à cause de cela il a une solidité toute particulière, aussi peut-il être difficilement remplacé par une autre matière pour la corderie, la voilerie. Le fil de chanvre n'en est pas moins très-employé pour les usages domestiques. La préparation de la tige du chanvre ressemble dans ce qu'elle a d'essentiel à celle de la tige du lin. Ainsi le chanvre est roui dans l'eau, desséché, macqué et soumis à l'action du *moulin à broyer*. Le moulin à broyer le chanvre anciennement usité (fig. 255) se compose d'un grand cône de pierre, qui est adapté au moyen d'un axe à un arbre vertical et qui se

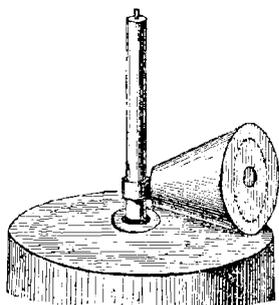


Fig. 255.

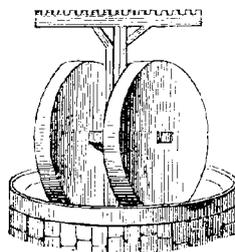


FIG. 256.

Moulins à broyer le chanvre.

ment avec ce dernier sur un chemin circulaire. Les nouveaux moulins à broyer, dont la disposition est représentée par la figure 256, sont plus avantageux. Le chanvre broyé porte le nom de *chanvre net*; comme par suite de sa longueur il offre quelques difficultés pour le filage, on le divise en deux ou trois morceaux, opération qui est désignée sous le nom de *coupage*. Viennent ensuite le teillage et le peignage.

Autres plantes à fibres textiles. — Dans ces derniers temps différentes fibres textiles, la plupart exotiques, ont été introduites dans l'industrie européenne comme *succédanés du lin et du chanvre*. Les plus importantes sont les suivantes :

a. Fibres de tiges :

1° Le *chinagrass* (*ortie de Chine*, tschuma) est la fibre des *Urtica* ou *Boehmeria nivea* et *heterophylla*, qui sont cultivées en Chine et aux Indes orientales, au Mexique et dans la vallée du Mississipi, à Cuba, sur le plateau du Volga en Russie, dans la France méridionale et en Algérie. Le procédé usité en Chine pour la préparation des fils offre cela de particulier, que les fils ne sont pas filés, mais formés en soudant ensemble des fibres placées bout à bout et réunies en les roulant sous la main; aussi paraissent-ils unis et non tordus et offrent-ils un aspect particulier. Ce fil sert pour la fabrication du beau tissu qui est connu sous le nom de *batiste de Canton* (*chinagrass-cloth*).

La matière brute (primitivement verdâtre ou brune) peut être blanchie et prend ensuite toutes les couleurs.

2° La *grande ortie* (*Urtica dioïca*) fournit une filasse fine avec laquelle on fabrique la toile d'ortie.

3° Le *ramié* est fourni par une espèce d'ortie (*Urtica* ou *Boehmeria utilis*) qui est cultivée à Bornéo, à Java, à Sumatra et dans d'autres îles de l'archipel Indien, et aussi depuis quelque temps dans l'Union et à titre d'essai en Allemagne. Il est long de 1 à 2 mètres, blanc-jaunâtre; sa finesse est égale à celle du gros lin teillé, mais il est complètement dépourvu de brillant et roide.

4° Le *chanvre de calloui* (chanvre de kankhura ou de rhéa; *Urtica* ou *Rhea tenacissima*) provient des Indes orientales. Il n'a pas beaucoup de valeur comme fibre textile.

5° Le *jute* (*paut-hemp*) provient de plantes potagères de la famille des lilacées croissant dans les Indes orientales et en Chine : *Corchorus capsularis*, *C. textilis*, *C. olitorius*, *C. siliquosus*, *C. decem angulatus*, *C. fuscus*, etc. La matière textile est une substance fibreuse brune, grossière et longue, qui en Angleterre est convertie en un gros fil, avec lequel on tisse de la toile à sacs et à emballage connue sous le nom de *gunny*. Le jute ne peut pas remplacer le chanvre pour la fabrication des cordages, parce qu'il n'est pas assez tenace et qu'il pourrit facilement dans l'eau (la partie inférieure des tiges de jute, appelée *root-cuttings*, est livrée au commerce pour la fabrication du papier)¹.

6° Le *chanvre de Bombay* (chanvre d'hibiscus ou umbaree) est fourni par l'*Hibiscus cannabinus*, dont on sépare du bois les fibres du liber par rouissage et broyage; en Angleterre on en fait des cordages.

7° Le *chanvre du Bengale* ou *sunm* provient du *Crotolaria juncea*; il ressemble beaucoup au chanvre ordinaire, mais lui est inférieur en ténacité et ses fibres sont moins longues.

¹ Il a été importé :

EN ANGLETERRE		EN FRANCE	
en 1861.	40,850,000 kilogr. de jute.	en 1861 pour	5,200,000 fr. de jute. ,
» 1865.	85,550,000 » »	» 1865 »	9,500,000 » »
» 1870.	101,600,000 » »	» 1869 »	13,200,000 » »
» 1871.	122,600,000 » »		
» 1872.	160,000,000 » »		
» 1873.	230,000,000 » »		
» 1874.	214,000,000 » »		

[La production totale de l'Inde est évaluée (1873) à au moins 400 millions de kilogr. La principale place d'exportation est Calcutta et les places d'importation les plus importantes sont Liverpool et Londres. L'Angleterre possédait, en 1870, 110,599 broches et 4,546 métiers pour le filage et le tissage du jute. C'est en Écosse, à Dundee, que l'industrie du jute est le plus développée. La France produit environ pour 1,250,000 francs de fils ou tissus de jute. L'industrie du jute a été créée en Allemagne en 1864; indépendamment de la grande fabrique de Vechelde, près Brunswick, qui fut fondée la première, il en existe maintenant plusieurs autres, et en 1874 tous ces établissements possédaient 17,050 broches et 546 métiers. La seule fabrique autrichienne de Floridsdorf, près Vienne, a 2,840 broches et 147 métiers.]

8° Le chanvre des *Alléghanys* est fourni par le *Laportea pustulata*, plante croissant dans les monts Alléghanys (États-Unis) et dont la culture est moins pénible et moins coûteuse que celle du lin.

β. *Fibres de feuilles* :

9° Le lin de la Nouvelle-Zélande (*Phormium tenax*; *koradi* ou *korere*) est une plante à fibres textiles croissant à la Nouvelle-Zélande, dont les feuilles contiennent un grand nombre de fibres longitudinales droites, d'une finesse assez grande, de couleur blanche et à éclat soyeux. La fibre préparée est analogue au chanvre ordinaire; elle est cependant plus solide, plus roide et plus rude.

10° Le chanvre des *Indiens* (chanvre des Américains, *pitta* ou *pite*) est tiré du Pérou, des Indes occidentales, du Mexique et des Indes orientales; il se compose des fibres de feuilles de plusieurs espèces d'*Agave*, comme l'*Agave americana*, l'*Agave vivipara*, l'*Agave foetida*, etc. Il est blanc-jaunâtre et employé principalement pour la corderie.

11° Le chanvre de *Manille* (*abaca*) provient du *Musa textilis*, du *M. troglodytarum* et du *M. paradisiaca*, qui croissent dans les Indes orientales et dans plusieurs îles de l'archipel Indien. Il se rencontre dans le commerce sous forme de fibres blanc-jaunâtre ou jaune-brunâtre de 1^m,50 à 2^m,20 de longueur, en partie réunies sous forme de rubans et qui par le peignage peuvent être facilement séparées. L'espèce blanche offre après le peignage un éclat soyeux et elle est employée pour confectionner des cordons de sonnettes, des pochettes, etc.; on s'en sert aussi quelquefois comme trame dans le damas pour ameublement. Les espèces inférieures ou colorées du chanvre de Manille servent pour la corderie.

12° Le chanvre d'*ananas* (ou *pinna*) provient de l'Amérique centrale et de l'Amérique méridionale, des Indes occidentales, et il se compose des fibres du liber de l'ananas ordinaire (*Ananassa sativa* ou *Bromelia ananas*) et d'autres espèces d'ananas. Il est assez convenable pour faire des tissus très-fins, comme ceux qu'on fabrique aux Philippines sous le nom de *batiste d'ananas*.

13° Le *pikaba* (ou *piassava*) est fourni par les feuilles de l'*Attalea funifera*, palmier qui croit au Brésil; on l'emploie pour faire des cordes, des balais pour les rues et les navires, des brosses, etc. (par exemple, dans la fabrique de *Schacht et C^{ie}*, à Lübeck).

[14° L'*alfa* (*Stipa tenacissima*), qui croît en abondance sur les hauts plateaux de l'Algérie et est employé depuis quelque temps en grande quantité par les Anglais pour la fabrication du papier (voy. plus loin), sert à fabriquer des cordages, des filets, des nattes, des tapis, des crins artificiels, etc. Le *sparte* (*Lygeum spartum*), qui se trouve également en Algérie à côté de l'alfa, mais qui est surtout connu en Espagne, fournit également une fibre textile que l'on utilise pour la confection de divers objets.]

φ. *Fibres d'enveloppes de fruits* :

15° La fibre de la noix de coco (coir ou caire) est une matière fibreuse brun-rouge qui enveloppe la coque des noix de coco (du *Cocos nucifera*).

Elle possède une grande élasticité et une grande ténacité et est employée pour faire des cordes, des tapis, des paillassons, des nattes, etc.

C. *cotton*.

Le coton est le duvet filamenteux enveloppant les semences de plusieurs plantes frutescentes du genre *Gossypium* (malvacées)¹, qui croissent dans tous les pays de la zone intertropicale et qu'on cultive avec beaucoup de soin dans les États du sud de l'Union américaine du Nord (Alabama, Mississipi, Géorgie, Caroline du Sud, Tennessee, Louisiane, Arkansas, Floride, Texas), au Mexique, au Brésil, aux Indes occidentales, aux Indes orientales, en Algérie, en Égypte, en Australie (Queensland), en Turquie (Macédoine, Thessalie, Candie), dans le pays de Naples (par exemple dans la plaine de Salerne), en Sicile, à Malte, en Espagne (Andalousie), en Crimée, en Grèce, etc. [La figure 257 représente le cotonnier herbacé ou de Malte (*Gossypium herbaceum*), qui est le plus généralement cultivé en Europe.] Le fruit consiste en une capsule tri-ou quinquiloculaire de la grosseur d'une noix et dans laquelle se trouvent les semences noires grosses comme des pois et entourées d'un duvet blanc. Dans une espèce de cotonnier (*Gossypium religiosum*) le coton est coloré en jaune; ce coton est employé par les Chinois pour la fabrication du nankin. Lorsque les capsules sont mûres, elles s'ouvrent et le coton fait saillie à l'extérieur; dans chaque loge se trouve une houppe de coton, dont les fibres adhèrent fortement aux semences.



Fig. 257. — Cotonnier.

[D'après P. *Madinier*, la production annuelle du coton dans le monde entier peut être évaluée à 2,053,000,000 de kilogrammes, ainsi répartis :

Chine, Indo-Chine, Malaisie.	800,000,000	kilogr.
États-Unis.	600,000,000	»
Hindoustan.	450,000,000	»
Perse, Turkestan, Arabie, Asie Mineure.	50,000,000	»
Afrique (Égypte exceptée)	50,000,000	»
Brésil.	35,000,000	»
Égypte.	30,000,000	»
Amérique du Sud et Antilles.	20,000,000	»
Europe méridionale	18,000,000	»

¹ Voici quelles sont les espèces qui fournissent la majeure partie du coton que l'on rencontre dans le commerce : *Gossypium indicum*, *G. Barbadense*, *G. vitifolium*, *G. hirsutum*, *G. micranthum*, *G. arboreum*, *G. acuminatum* et *G. herbaceum*].

Le prix des différents cotons présente de très-grandes différences; il est basé principalement sur la longueur et la finesse des filaments; ainsi, tandis que certaines variétés du coton dit *Géorgie long* (*Sea-Island*) valaient à Liverpool, en 1858, jusqu'à 8, 10, 12 et même 14 francs le kilogramme, celui du Bengale, par exemple, n'était coté que 0. fr.,70 à 1 fr.,10.]

Égrenage du coton. — Le coton tel qu'il arrive en Europe a déjà subi dans l'endroit où il a été récolté un nettoyage préliminaire; il a été égrené, c'est-à-dire dépouillé avec soin des semences. Si l'on emballait le coton avec ses semences, il deviendrait sale et huileux et serait impropre au filage. Aux États-Unis, on emploie pour l'égrenage la *machine à égrener* de *Whitney* (*saw-gin*), dont les pièces principales sont des scies circulaires; 18 ou 20 de ces scies sont fixées à un axe horizontal et elles peuvent exécuter au moins 100 tours en une minute. Les scies pénètrent par une portion de leur périphérie entre les barreaux d'une grille; par leurs dents pointues elles saisissent le coton placé sur la grille et l'entraînent, sans enlever en même temps les graines, celles-ci étant trop grosses pour passer entre les vides laissés par les barreaux de la grille. Avec 20 scies une machine de ce genre épure environ 1,000 kilogrammes de coton brut et 2,000 à 2,500 kilogrammes avec 80 scies et un déploiement de force de 2 chevaux. Depuis quelque temps on remplace quelquefois le cylindre à scies par un cylindre à cardes, ou, comme cela a lieu dans la *needle cotton gin* de *Scattergood*, par des disques armés d'aiguilles. On se sert des graines du coton pour la nourriture du bétail, comme engrais et pour préparer de l'huile (en Amérique, on obtient avec 15 kilogrammes de graines de coton 500 grammes d'huile).

Différentes sortes de coton. — On distingue différentes sortes de cotons que l'on désigne par le nom des pays d'où elles proviennent ou par celui de la localité où elles sont entreposées; il y a les sortes de l'Amérique du Nord (*Sea-Island* ou *Géorgie long*, *Orléans*, *Upland*, *Louisiane*, *Alabama*, *Tennessee*, *Géorgie*, *Virginie*), de l'Amérique du Sud (*Fernambouc*, *Siara*, *Bahia*, etc.), de Colombie, du Pérou, des Indes occidentales (*Saint-Domingue*, *Bahama*, *Barthélemy*), des Indes orientales (*Dhollerah*, *Surate*, *Manille*, *Madras*, *Bengale*), du Levant (de la *Macédoine*, de *Smyrne*), d'Égypte (*Mako* ou *Jumel*), d'Australie (*Queensland*) et d'Europe (d'Espagne: *Motri* ou *Grenade*; de Sicile: *Castellamare* et *Bianca*; de Grèce et de Malte). [D'après la longueur des filaments du coton, on partage en deux grandes classes les nombreuses variétés de cette fibre textile: les *longues soies* dont les filaments ont 0^m,0202 à 0^m,039 et les *courtes soies* qui n'ont que 0^m,014 à 0^m,025].

Filature du coton. — Le coton, jusqu'à ce qu'il soit transformé en fil, est soumis dans les filatures à la série des opérations suivantes:

1° *Démêlage et nettoyage du coton brut.* Ces opérations ont pour but de diviser le coton réduit avant d'être expédié en une masse compacte, c'est-à-dire de séparer les fibres les unes des autres aussi complètement que possible et en même temps d'éliminer le reste des graines, qui souvent s'y trouvent en-

core en grande quantité, ainsi que le sable, la poussière et les autres impuretés. Ces opérations s'effectuent : α . à l'aide d'un *battage avec la main*, ou β . à l'aide de l'*ouvreuse* (machine à ouvrir, loup, diable), qui produit la désagrégation du coton au moyen d'un cylindre garni de dents de fer pointues, et γ . à l'aide du *willow*, machine analogue à l'ouvreuse, mais qui est munie de pointes mousses ou chevilles. Le démêlage et le nettoyage sont continués au moyen des *batteurs*, qui se composent essentiellement d'une roue à ailettes et d'un ventilateur ; le choc des ailes débarrasse les fibres de coton des impuretés, qui sont entraînées par le courant d'air ou qui tombent à travers la grille. Pour que l'opération soit plus complète, on emploie l'une après l'autre deux machines de ce genre. L'une, le *batteur-éplucheur*, renferme deux roues à ailettes (les frappeurs) placées l'une derrière l'autre ; il agit par conséquent à deux reprises différentes sur le coton, qui sort de l'appareil sous forme d'une masse peu cohérente, mais non encore suffisamment épurée ; l'autre machine, le *batteur-étaleur*, n'a qu'un frappeur tournant beaucoup plus rapidement, et elle renferme en même temps une disposition particulière à l'aide de laquelle le coton, maintenant assez bien épuré, est, après avoir été converti en une nappe dont les parties sont lâchement unies (ouate), enroulé autour d'un cylindre ou rouleau. Sous le nom d'*épurateurs*, on construit maintenant depuis quelque temps des machines qui tiennent le milieu entre les batteurs et les machines à carder, qui réunissent le mode d'action des deux derniers appareils et qui peuvent les remplacer entièrement ou partiellement. L'épurateur convient principalement pour la fabrication de l'ouate.

2° *Cardage*. La disposition naturelle des fibres du coton (qui sont tortillées irrégulièrement) n'est aucunement détruite par les machines précédentes, elle est plutôt augmentée. On ne peut donc songer à filer le coton que lorsque ses fibres ont été complètement redressées et disposées parallèlement les unes aux autres. C'est dans ce but que l'on emploie les *machines à carder*, dont les pièces principales consistent en plusieurs cylindres garnis à leur surface de dents de fer crochues et serrées, et en rouleaux de bois à surface plane, entre lesquels le coton passe étendu en lames minces et pour ainsi dire peigné ; en même temps les quelques impuretés qui peuvent encore le souiller se détachent. Un peigne avec de fines dents d'acier enlève le coton du dernier cylindre sous forme d'une nappe mince (*toison*) composée de fibres disposées assez parallèlement. En général le coton est soumis à deux cardages successifs, qui s'exécutent avec les machines suivantes : α . la *carde en gros* (ou le *briseur*), qui enroule elle-même la toison sur un tambour de bois ; β . la *carde en fin* (ou le *finisseur*), qui travaille la toison fournie par la carde en gros et en fait une nouvelle toison ; celle-ci, après avoir été enlevée par le peigne, passe immédiatement à travers un *entonnoir*, où elle est comprimée suivant sa longueur, de manière à ce qu'elle prenne la forme d'un ruban étroit et lâche. Fréquemment on forme aussi, à l'aide de la carde en gros, des rubans, dont on réunit un certain nombre en une large toison au moyen d'une machine particulière

appelée le *doubleur*, et on soumet ensuite cette toison à l'action de la carde en fin; ce dernier procédé, bien que plus long, a pour objet de distribuer plus uniformément le coton dans le ruban qui se forme sur la carde en fin. Depuis quelque temps on emploie fréquemment le *peignage* du coton à la place du cardage. Par cette méthode, on a pour but de séparer les fibres longues des courtes, afin de pouvoir employer les premières seulement à la fabrication du fil dans les numéros élevés; ou bien on se propose, pour le Géorgie long (Sea-Island), de filer les longues fibres avec de la soie (filoselle).

3° *Étirage* ou *laminage* du coton cardé. L'opération de l'étirage et celle du *doublage*, qui se font en même temps, ont pour but de disposer plus parallèlement les fibres des rubans fournis par la carde et de rendre uniforme l'épaisseur de ceux-ci. La machine employée pour cet usage, le *banc d'étirage*, se compose ordinairement de trois paires de petits cylindres, entre lesquels doivent passer à plusieurs reprises les rubans formés par la carde. Ici les rubans sont tirés très-fortement suivant leur longueur, mais malgré cela ils sont peu ou pas du tout amincis, parce qu'on les *double* suffisamment, c'est-à-dire que l'on place les uns à côté des autres un certain nombre de rubans et avec ceux-ci on en fait un seul.

4° *Filage en gros*. La transformation en un fil du ruban étiré est désignée sous le nom de *filage* proprement dit; car les opérations effectuées jusqu'ici ne sont que des préparations préliminaires à l'aide desquelles on a pour but de donner à la fibre une forme et des propriétés convenables pour le nouvel étirage que le fil doit subir. Mais comme le ruban fourni par le banc d'étirage est souvent beaucoup plus de 100 fois plus gros que le fil que l'on veut faire avec ce ruban, l'allongement et l'amincissement nécessaires ne peuvent pas être exécutés en une seule fois, ils ne doivent être produits que par degrés, en se servant pour cela de 3 ou 4 machines employées successivement. Cet allongement progressif combiné avec la *torsion* constitue le *filage en gros*, à l'aide duquel on produit un fil grossier et à fibres lâches, désigné sous le nom de *mèche*. Dans la fabrication de tous les fils demi-fins et fins on pratique deux filages en gros; dans le premier on obtient la *mèche en gros* et dans le second la *mèche douce* ou *fil doux*. Avec cette dernière on prépare ensuite le fil par le *filage en fin* sur la machine à filer.

Les rubans étirés ne peuvent pas être allongés sans certaines précautions, à défaut desquelles ils se briseraient. Mais si l'on fait suivre le nouvel étirage d'une torsion immédiate au moyen de laquelle les fibres s'enroulent les unes sur les autres et se rapprochent les unes des autres par suite de la compression qui en résulte, l'étirage des rubans en un fil indépendant est possible. Il y a deux manières différentes pour atteindre ce but: on communique à la mèche une torsion *continue*, ou bien on ne lui fait subir qu'une torsion *intermittente*, c'est-à-dire que le mouvement de torsion communiqué est immédiatement arrêté par la machine elle-même, de telle sorte qu'il ne reste comme effet sensible que le resserrement ainsi produit.

D'après cela, les machines à filer en gros se divisent en : α . *métiers en gros avec torsion continue*, dont les plus importants sont : le *banc* ou *métier à lanternes*, le *banc-Abbeg*, le *banc à bobines*, le *banc à broches*; la machine maintenant la plus employée en Saxe et dans l'Allemagne du Nord est le *flyer*, et dans l'Allemagne du Sud, en Suisse et en France, c'est le *banc à broches*; β . *métiers en gros avec torsion intermittente* (ou torsion fausse), dont les plus importants sont : le *banc à tubes*, l'*éclipse-fil* en *doux*, le *rota-frotteur*.

5° *Filage en fin*. L'allongement de la mèche en un *fil véritable* s'effectue soit en étirant de temps en temps le fil saisi fortement à l'aide d'une pince (sur la *jenny*, qui maintenant n'est plus employée), soit par un étirage continu entre des paires de cylindres dont les dernières tournent plus rapidement que celles qui les précèdent (sur le *métier continu* et la *mull-jenny*, qui, lorsque la main est employée pour mouvoir le chariot, nécessaire pour le filage et le renvidage, porte le nom de *mull jenny à bras*, et celui de *self-acting* [mull-jenny automate ou mécanique], si la force qui le met en mouvement est la vapeur ou l'eau). Le fil achevé est converti sur le dévidoir en échevettes et en écheveaux, puis titré et numéroté suivant son degré de finesse.

Tissus de coton. — Les *tissus de coton* sont : 1° *unis* (analogues à la toile), 2° *croisés*, 3° *façonnés* et 4° *veloutés*.

a. Aux *tissus de coton unis* appartiennent : α . les *tissus* dont les fils de la chaîne sont *parallèles* : 1° *cotonnade* (sous forme d'indienne ou toile de coton); 2° *nankin*; 3° *shirting* (cotonnade pour chemises); 4° *cambric*; 5° *batiste* de coton (batiste d'Écosse); 6° *jaconas*; 7° *percale* (la percale destinée à l'impression se nomme *calicot*); 8° *tissus* faits avec du fil entièrement ou en partie teint; *gingham*, *barégé de coton*, *haincord*; 9° *tissus lâches* : *mousseline* (vapeur, zéphire), *organdis* (mull, linon), *canevas*; β . les *tissus* dont les fils de la chaîne sont *croisés*; 10° *tulle* et *gaze*.

b. Aux *étoffes de coton croisées* appartiennent ; 1° le *croisé*; 2° le *mérinos de coton*; 3° le *coutil*; 4° le *bast*; 5° le *satén* (cuir anglais); 6° la *futaine*.

c. La *futaine teinte lainée* et tondue comme le drap se nomme *beawerteen*, la plus fine *peau de taupe*.

d. Aux *étoffes de coton façonnées* appartiennent : 1° le *dimity* (wallis); 2° le *coutil* et la *futaine* façonnés; 3° le *damas de coton*; 4° le *piqué*.

e. Aux *étoffes de coton veloutées* appartiennent : 1° le *manchester*; 2° le *velours de coton* (*velvet*).

Succédanés du coton. — On a proposé différentes substances comme succédanés du coton. Mais jusqu'à présent on n'a trouvé aucune matière, qui soit en état de le remplacer complètement. Parmi ces succédanés on compte le *peuplier noir* (*Populus nigra*) et le *tremble* (*Populus tremula*), dont le duvet manque seulement d'élasticité pour pouvoir servir comme succédané du coton; il y a en outre le *jonc* (*Juncus effusus*), le *tamarix d'Allemagne*, le *chardon*, et une espèce d'*Agrostis*, le *Salix pentandra*, le *Zostera marina* et le *lin cotonisé*.

Cotonisation du lin. Depuis environ vingt-cinq ans il est beaucoup question de la préparation du *lin cotonisé* par la méthode de *Claussen*, ou par le procédé qui consiste à préparer du lin à courtes fibres, qui peut être feutré, cardé et filé sur la machine à filer le coton, soit seul, soit avec du coton, et qui d'une manière générale ressemblerait au coton quant à ses propriétés principales; et l'on avait déjà pensé que par ce procédé on doterait l'industrie cotonnière d'une matière brute indigène. Ce qui, au point de vue qui nous occupe, distingue le lin du coton, c'est la disposition et la longueur de ses fibres. Celles-ci doivent être réduites à la longueur des fibres du coton au moyen d'une machine à couper; la séparation des fibres composées en fibres primitives doit être effectuée par voie chimique. Dans ce but, *Claussen* introduit le lin dans une dissolution concentrée de bicarbonate de sodium, et ensuite dans un bain acide (1 partie d'acide sulfurique et 100 d'eau). Le lin ainsi traité se transforme en une masse duveteuse, qui, lorsqu'elle est blanche, ressemble au coton. Le procédé de *Claussen* n'améliore pas les qualités du lin, mais il les détériore, car par la *cotonisation* cette substance perd ses propriétés principales, sa longueur et sa force, et en outre la solidité des fibres est influencée d'une manière fâcheuse.

[**Importance de l'industrie des fibres textiles végétales.** — L'industrie des fibres textiles végétales offre en France une très-grande importance. D'après la statistique de 1873, il existe :

251 filatures de lin, chanvre et jute réparties dans	21 départements, et
576 filatures de coton	— — 35 —

Le Nord et la Somme occupent le premier rang pour le lin et le chanvre, et la Seine-Inférieure et le Nord pour le coton. Le nombre de *broches actives* est :

Dans les filatures de lin, chanvre et jute, de	665,027, et
— — de coton	de 4,610,966.

Les départements où l'on fabrique le plus d'étoffes, à l'aide des *métiers mécaniques* sont le Nord et la Somme, pour les tissus de lin et de chanvre, et les Vosges et la Seine-Inférieure pour les tissus de coton. Les établissements qui s'occupent du tissage du lin, du chanvre et du jute sont au nombre de 528 et possèdent 13,958 métiers actifs; ceux dans lesquels sont fabriquées des étoffes de coton sont au nombre de 583, avec 55,411 métiers actifs. L'usage des *métiers à bras* est encore très-répandu; les tissus que l'on fabrique sur ces métiers représentent la partie la plus importante de la production; en 1873, on comptait environ 60,522 métiers à bras pour le lin, le chanvre et le jute, et 82,804 pour le coton. Les départements qui possèdent le plus de métiers à bras pour le coton sont la Seine-Inférieure et l'Aube, puis la Mayenne, la Somme et le Rhône. Le tissage des toiles de chanvre ou de jute a son siège principal dans le département du Nord; viennent ensuite l'Ille-et-Vilaine, la Sarthe, la Somme et le Maine-et-Loire.

L'Angleterre possède 34 millions de broches et plus de 325,000 métiers mécaniques pour le coton ; en Amérique, les filatures de coton ont plus de 8 millions de broches].

Distinction des fibres végétales entre elles. — Comme on file et on tisse maintenant très-souvent le lin mêlé avec du coton, il est nécessaire d'avoir à sa disposition un moyen sûr à l'aide duquel on puisse distinguer le coton du lin. Les méthodes d'essai pour la distinction de ces deux substances reposent soit sur une légère différence chimique, soit sur les diversités de forme que l'on peut observer au microscope (qu'il est bon de combiner avec un appareil de polarisation). Les différences chimiques qui existent entre les fibres du lin et le coton sont trop petites pour que les méthodes d'essai basées sur ces différences puissent avoir un degré de précision suffisant pour établir une distinction dans les cas difficiles. Les fibres animales (comme la soie et la laine) et les fibres végétales transformées en tissus offrent entre elles des différences chimiques assez grandes pour que la manière dont elles se comportent en présence des agents chimiques soit tout à fait suffisante pour les distinguer. Les propriétés physiques des fibres, par exemple la manière dont celles-ci absorbent les solutions des matières colorantes, le degré de transparence qu'elles acquièrent au contact des huiles, nous fournissent des méthodes d'essai qui, pour certains cas, comme lorsqu'il s'agit de la recherche du coton dans la toile, peuvent très-bien être employées, mais qui cependant ne sont pas infailibles. Dans les cas difficiles, il n'y a que le microscope qui fournisse un degré suffisant de certitude.

Parmi les méthodes les plus importantes imaginées pour reconnaître le coton dans les tissus de lin, nous citerons les suivantes : *Essai par l'acide sulfurique*, recommandé par *Kindt et Lehnert* : l'échantillon sec, préalablement débarrassé de tout l'apprêt avec de l'eau de savon, etc., est plongé à moitié dans de l'acide sulfurique d'une densité de 1,85 pendant 1 minute ou 1 minute $\frac{1}{2}$; il est ensuite mis dans l'eau, où on l'abandonne à lui-même pendant quelques instants, puis on le lave et on le fait sécher. L'acide sulfurique détruit le coton beaucoup plus rapidement que le lin ; c'est pourquoi des fils mêlés sont amincis, tandis que des fils de coton pur sont complètement éliminés. Comme cependant le lin pur est également aminci, l'essai est un peu douteux dans le premier cas, mais il est certain dans le second. Il est très-convenable de commencer par décolorer les échantillons teints. *L'essai par la teinture*, imaginé par *Elsner*, est applicable dans un très-grand nombre de cas, mais il n'est pas toujours suffisant ; il exige notamment un œil très-exercé pour reconnaître les légères différences de coloration. Comme teinture on choisit l'extrait alcoolique de la racine de garance (*Rubia tinctorum*). Dans un ballon de verre, on arrose 7 à 8 gram. de la racine coupée avec 90 gram. d'alcool à 94° et on laisse le tout en contact pendant 24 heures à la température ordinaire en agitant fréquemment. La teinture jaune-brun clair ainsi produite est filtrée à travers un papier joseph blanc et conservée pour l'usage. Plongés dans cette teinture, les

tissus de lin pur prennent au bout de 15 ou 20 minutes une coloration rouge-orange sale uniforme, tandis que les tissus de coton pur se colorent uniformément en jaune; lorsque le tissu est mixte, les fils de lin paraissent rouge-jaune, les fils de coton jaunes; aussi le tissu ne paraît pas coloré uniformément, il est strié. Si avant de plonger dans la teinture les coupons de tissus on en effile les bords sur une largeur de 0^m,0045, ce qui du reste aide beaucoup à reconnaître chaque fil en particulier, le phénomène se produit avec une si grande évidence, que l'on peut facilement compter sur les bords effilés les fils de lin et les fils de coton différemment colorés. L'essai par la fuchsine est meilleur. On plonge une bande du tissu dans une solution alcoolique de fuchsine (rouge d'aniline), on l'arrose ensuite avec de l'eau, jusqu'à ce que celle-ci s'écoule incolore, et enfin on la dépose pendant 2 ou 3 minutes dans de l'ammoniaque faible. Dans ce liquide la couleur des fils de coton disparaît, tandis que les fils de lin restent colorés en rouge-rose. L'essai par décoloration, proposé par *Elsner*, est basé sur ce fait que le fil de lin teint avec la cochenille se décolore, sous l'influence d'une solution faible de chlorure de chaux, plus tard que le fil de coton teint de la même manière. La toile à essayer doit, avant d'être teinte par la cochenille, être dépouillée de tout apprêt. L'échantillon teint et desséché est placé à la surface d'une solution de chlorure de chaux faible et filtrée. La décoloration du coton a lieu au bout de quelques secondes. L'essai par l'huile, indiqué par *Frankenstein*, est excellent pour les tissus qui ne sont pas teints, et il doit être particulièrement recommandé à cause de sa simplicité. On plonge un petit morceau de la toile à essayer dans de l'huile d'olives ou de navette. L'huile est très-rapidement absorbée par le tissu; en comprimant doucement celui-ci entre les feuilles de papier à filtrer, on enlève l'huile en excès. Si le tissu est mixte, il paraît strié; le fil de lin est transparent, le fil de coton reste opaque. Si on pose la toile imbibée d'huile sur une surface foncée, les fils de lin, maintenant transparents, paraissent plus foncés que les fils de coton placés à côté d'eux. L'expérience est encore plus nette lorsqu'on fait l'examen à l'aide de la loupe. On doit aussi conseiller, comme dans un des cas précédents, de tirer plusieurs fils sur le bord du tissu à essayer avant de le plonger dans l'huile. L'essai par la potasse a été indiqué par *Böttger*; des tissus composés de fibres de lin doivent paraître jaune foncé, lorsqu'ils ont été plongés dans une solution de potasse pendant 2 minutes, tandis que des tissus de coton prennent une coloration seulement jaunepaille; des tissus mixtes traités de la même manière doivent paraître striés. L'essai par la potasse ne donne que des résultats peu certains. L'essai par combustion a été imaginé par *Stöckhardt*. Si on enflamme un fil de lin en le tenant verticalement, l'extrémité brûlée se présente après l'extinction de la flamme sous forme d'un charbon cohérent à surface unie, tandis qu'un fil de coton traité de la même manière se divise (ses fibres s'écartent) en donnant lieu à une sorte de pinceau. Cette expérience réussit également avec des tissus teints, excepté ceux qui sont teints avec du jaune de chrome (chromate de plomb). D'après la méthode par grillage, le tissu à essayer,

préalablement débarrassé avec soin de l'apprêt par des lavages, est chauffé dans un tube de verre à l'aide de la lampe à alcool, jusqu'à ce qu'il paraisse jaune-paille. A l'aide du microscope, on peut maintenant distinguer les fibres crispées du coton des fibres étendues et brillantes du lin. Le chanvre et le lin ne peuvent être que difficilement distingués l'un de l'autre, si ce n'est à l'aide du microscope. L'acide azotique peut cependant être employé dans ce but, parce que la fibre du lin plongée dans l'acide azotique ordinaire ne se colore pas, tandis que la fibre du chanvre paraît jaune pâle au bout de quelques secondes; la fibre du lin de la Nouvelle-Zélande (*Phormium tenax*) est au contraire colorée en rouge de sang. D'après *O. Zimmermann*, on pourrait découvrir la présence du coton dans la toile de la manière suivante: on plonge pendant 8 ou 10 minutes le tissu à essayer dans un mélange de 2 parties de salpêtre et de 3 parties d'acide sulfurique anglais, on lave, on dessèche et on traite par l'éther alcoolisé. Le coton mélangé au tissu doit immédiatement se dissoudre sous forme de collodion et les fibres de lin rester intactes.

Pour distinguer les fibres *animales* et les fibres *végétales*, on emploie la *combustion*. Si l'on approche un fil de soie de la flamme d'une bougie, il s'enflamme et répand une odeur de corne ou de plume brûlée, mais il ne continue à brûler que si on le pousse dans la flamme à mesure qu'il est détruit. Si on l'éloigne de la flamme, il s'éteint, et à l'extrémité brûlée du fil il reste une masse noire charbonneuse, qui est plus volumineuse que le fil. Avec un fil de laine on observe les mêmes phénomènes; seulement l'odeur qui se dégage est encore plus désagréable. Les fils de lin et de coton continuent à brûler même lorsqu'ils sont retirés de la flamme, et il ne se dégage pas d'odeur désagréable. Pour distinguer les fibres animales et les fibres végétales, on se sert aussi d'une *lessive de potasse*, dans laquelle on fait bouillir ces matières; la laine et la soie s'y dissolvent; le lin et le coton demeurent intacts. D'après *Pohl*, on plonge pendant quelques minutes le tissu à essayer dans une solution un peu étendue d'acide picrique, et ensuite on le lave avec soin. La laine et la soie prennent une belle couleur jaune, tandis que le coton et le lin restent blancs. Cette méthode ne peut pas être appliquée utilement à l'essai des tissus mixtes ni à celui des fils mélangés. L'acide chromique, qui, d'après *Jacquemin* (1874), teint la laine et la soie en jaune, mais ne colore pas le coton, ne peut pas non plus être employé pour la distinction des fibres animales et des fibres végétales.

L'*examen microscopique* des tissus doit être regardé comme la méthode d'essai la plus sûre⁴. Au microscope, la *fibre de lin* paraît cylindrique, jamais plate, et, lorsqu'on l'examine sous l'eau, jamais fortement enroulée sur elle-même; en outre, elle est caractérisée par sa cavité intérieure, qui souvent n'apparaît que comme une ligne longitudinale. De plus, la fibre du lin est plus roide et plus droite que la fibre plus flexible du coton (fig. 258). La

⁴ Voyez *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française, réduite par *L. Gautier*, pp. 958 et 975; Paris, 1877.

fibres du chanvre ressemblent beaucoup à la fibre du lin, mais elle s'en distingue par ses extrémités souvent ramifiées et sa roideur plus grande; en outre, sa cavité intérieure est ordinairement beaucoup plus large. La *fibre du coton* forme des cellules longues, peu épaisses, et par suite rubanées et plates, qui, vues sous l'eau, paraissent enroulées sur elles-mêmes à la manière d'un tire-bouchon (fig. 259). La *fibre de la laine de mouton* est la plus épaisse de toutes les fibres; au microscope, elle paraît tout à fait arrondie et munie d'écaillés épidermiques disposées comme les tuiles d'un toit (fig. 260). La *fibre de la soie* (fig. 261) est la plus mince de toutes les fibres; elle paraît complètement ronde, lisse et sans cavité intérieure. Si l'on veut essayer un tissu de soie

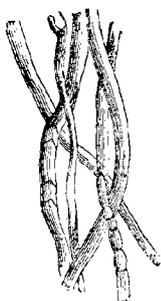


Fig. 258. — Lin vu au microscope.

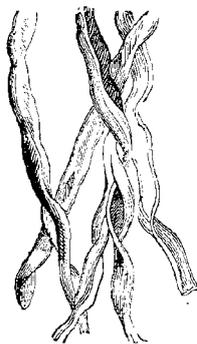


Fig. 259. — Coton vu au microscope.



Fig. 260. — Laine de mouton vue au microscope.

relativement à sa pureté, on en écarte les fibres après l'avoir placé sous l'eau sur le porte-objet, et on l'examine au microscope après avoir posé le couvre-objet par-dessus. La soie mince, ronde et brillante, se distingue immédiatement de la laine munie d'écaillés (fig. 262). La laine et le coton sont également faciles à distinguer l'un de l'autre (fig. 265).

[Le procédé indiqué récemment par M. Vétillart (1875) pour distinguer les fibres végétales entre elles consiste : 1^o à observer au microscope les fibres suivant leur longueur, et ensuite sur des coupes perpendiculaires à leur axe, et 2^o à rechercher le genre de coloration qu'elles éprouvent par l'action de l'iode en présence de l'acide sulfurique étendu (obtenu en mélangeant 3 vol. d'acide à 66° avec 2 vol. de glycérine et 1 vol. d'eau distillée). Vétillart a été ainsi conduit à diviser les fibres végétales en deux catégories, dont l'une comprend celles qui se colorent en *bleu* par le réactif, et l'autre les fibres qui se colorent en *jaune* dans les mêmes conditions. Parmi les fibres de la première catégorie nous citerons le lin, le chanvre, le coton, etc., et parmi celles de la seconde le jute, le lin de la Nouvelle-Zélande, etc. Voici quels sont les caractères auxquels on reconnaît les fibres que nous venons de mentionner :

a. Fibres colorées en *bleu* par l'iode et l'acide sulfurique. *Lin, en long* : fibres d'un bleu clair, transparentes, régulières, lisses ou légèrement striées,

canal central représenté par une ligne jaune étroite, granulée; pointes effilées, aiguës. *Coupes* polygonales, à côtés droits, à angles plus ou moins vifs; au centre un point jaune; couches concentriques d'accroissement légèrement indiquées. — *Chanvre, en long*: fibres bleues, verdâtres ou jaune sale, d'un diamètre régulier, souvent agglomérées en faisceaux compacts, striées ou cannelées; marquées de lignes transversales, presque noires et très-fines; canal central difficile à reconnaître, pointes plates, larges, terminées en spatule. Groupes irréguliers de *coupes* polygonales à ouverture centrale linéaire, simple ou ramifiée, ou de formes irrégulières à angles rentrants et à légère ouverture, enchevêtrées les unes dans les autres et paraissant en contact intime; couches d'accroissement très-marquées et souvent de teintes différentes. — *Coton, en long*: fibres bleues ou violettes, jamais en faisceau;

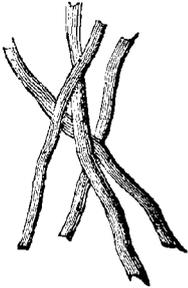


Fig. 261. — Soie vue au microscope.

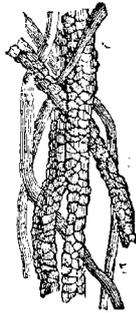


Fig. 262. — Laine et soie vues au microscope.

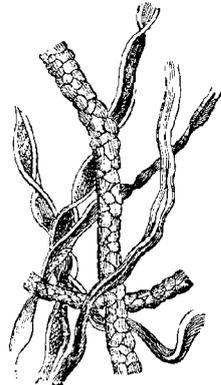


Fig. 263. — Laine et coton vus au microscope.

rubanées, striées, plissées, tortillées sur elles-mêmes; présentant de chaque côté une bordure arrondie en forme d'ourlet. *Coupes* bleues ou violettes, toujours isolées, arrondies, ovales, en forme de rayons, etc.; cavité centrale contenant souvent des amas granuleux jaunes. — *b.* Fibres colorées en jaune par l'iode et l'acide sulfurique. *Jute, en long*: faisceaux fortement agglomérés de fibres jaunes d'or, très-courtes, roides, lisses, non striées, mais présentant souvent des sinuosités sur les bords; canal central noir formé d'une bande claire; de chaque côté, des bordures d'un jaune peu foncé; pointes se terminant brusquement, arrondies au bout ou de formes irrégulières. *Coupes* polygonales à côtés droits et angles vifs, formant des groupes très-compacts où elles se trouvent en contact intime; ouverture centrale généralement assez large, ronde ou ovale, à bords lisses, toujours vide. — *Lin de la Nouvelle-Zélande, en long*: fibres fines, régulières, lisses, droites et roides, se séparant facilement les unes des autres dans les faisceaux; épaisseur des parois très-uniforme; canal central petit, mais bien apparent; pointes allongées, aciculaires. *Coupes* très-petites, d'un jaune peu

intense quand elles sont minces ; arrondies ou polygonales ; celles qui sont polygonales ont les angles émoussés ; peu adhérentes entre elles ; ouverture centrale petite, ronde ou ovale et à bords lisses.]

Nous devons aussi mentionner comme pouvant donner lieu à des erreurs grossières l'emploi du sulfate de magnésium (sous forme de kiésérite) dans l'apprêt des tissus de coton et de lin, afin de leur donner les qualités apparentes et le poids des tissus très-riches en matière textile. Dans ce but, les tissus sont passés dans des solutions concentrées de sulfate de magnésium et ensuite desséchés lentement ; les cristaux aiguillés de sulfate de magnésium mous et soyeux s'unissent très-solidement avec la fibre textile et lui communiquent un très-beau lustre, qui trompe l'acheteur. Il est évident qu'un pareil tissu se réduira en un chiffon sans éclat et sans corps dès le premier lavage¹. Si le sulfate de magnésium employé pour l'apprêt contient du chlore, notamment sous forme de chlorure de magnésium, les tissus deviennent non-seulement humides, mais encore cassants, lorsqu'on les passe sur les cylindres dessiccateurs de la calandre, par suite de la formation d'acide chlorhydrique ($MgCl^2 + H^2O = 2HCl + MgO$).

FABRICATION DU PAPIER

Le papier consiste essentiellement en un mince feutrage de fibres végétales, que l'on obtient en soumettant celles-ci à une série d'opérations successives : la matière fibreuse purifiée par des moyens mécaniques et chimiques et divisée en fibrilles ténues est mise en suspension dans l'eau, puis étendue en couches minces, desquelles on fait écouler une portion de l'eau, dont le reste est ensuite éliminé par compression et dessiccation, de manière qu'il reste finalement une couche d'épaisseur uniforme formée par les fibrilles feutrées et fortement serrées les unes contre les autres.

Histoire du papier. — Dans les temps les plus anciens l'homme se servait de la pierre, de l'airain (alliages de cuivre), du plomb, de l'ivoire, de la cire, etc., pour y graver ses pensées et faire connaître les événements à la postérité. Plus tard il employa des corps minces, par exemple des peaux d'animaux et des feuilles d'arbres, et surtout les larges feuilles des palmiers, sur lesquelles il gravait des traits, qu'il rendait ensuite apparents en les imbibant avec de l'huile. Plusieurs peuples de l'antiquité écrivaient aussi sur l'écorce des arbres, sur la seconde principalement ; les

¹ Il s'est rencontré des tissus apprêtés au sulfate de magnésium, qui perdaient par le simple lavage à l'eau distillée 53 p. 100 de leur poids et ne contenaient environ que 40 p. 100 de coton réel ; avec une pareille composition, il n'est pas étonnant que le kilogramme des articles de coton tissés et apprêtés ait aujourd'hui sur le marché une valeur moindre que le même poids de coton brut ou filé. Cet emploi du sulfate de magnésium n'est pas encore aussi répandu en Allemagne qu'en Angleterre, où la presse (*Times* 1869, 1870, 1871) s'est élevée énergiquement contre l'abus de cette méthode d'apprêt.

anciens peuples de l'Allemagne écrivirent d'abord sur l'écorce du bouleau, d'où vient le nom de *Chant des bouleaux* (*Birkengesang*), que l'on donne à l'un des poèmes allemands les plus anciens ; d'autres peuples écrivaient avec un pinceau et de la couleur sur la toile de coton et le taffetas. Cependant, au moins 600 ans avant la naissance du Christ, on préparait déjà du papier avec le *papyrus* (*Cyperus papyrus* ou *Papyrus antiquorum*), cypéracée haute de 2 à 3 mètres, qui semble avoir été dans les temps anciens une plante particulière à l'Égypte, mais qui actuellement ne s'y rencontre plus que rarement. Au temps de l'empire romain l'usage du papier extrait du papyrus était devenu tout à fait général. Par suite de la consommation toujours croissante de ce papier, il devint à partir du cinquième siècle de plus en plus cher et plus rare, jusqu'à ce qu'enfin, au onzième et au douzième siècle, sa fabrication fût arrêtée et remplacée par celle du papier de coton. Ce papier était connu sous le nom de parchemin de toile et ne se distinguait du papier de lin que parce qu'il était moins solide et plus cassant. A en juger par l'aspect de plusieurs restes de papier espagnol du douzième siècle, on a tenté dès cette époque de mélanger le coton avec des chiffons de lin et de chanvre, ce qui plus tard conduisit à la découverte du *papier de lin* ou de *chanvre*, que l'on ne rencontre guère en Allemagne avant 1318. Au milieu du quatorzième siècle le papier de lin était déjà fréquemment employé en Allemagne. Les premières indications positives touchant sa fabrication sont cependant beaucoup plus récentes. Suivant *v. Murr*, un grand moulin à papier fut établi à Nuremberg dès 1390 par un échevin du nom de *Ulmann Stromer*. [Les premières papeteries de chiffons furent établies en France vers 1312 à Troyes et à Essonnes ; à peu près à la même époque il s'en fonda à Fabriano, à Colle et à Padoue en Italie, et ce n'est qu'au quinzième siècle que furent établies les premières papeteries de l'Angleterre.]

Matières premières de la fabrication du papier. — Les débris de tissus connus sous le nom de *chiffons* sont la *matière première* la plus importante de la fabrication du papier. Les chiffons les plus recherchés sont les *chiffons de lin*, parce qu'ils fournissent le papier le plus solide et le plus durable, et pour cette raison ils sont beaucoup plus fréquemment employés que les chiffons de laine et de coton. Du reste, les chiffons de laine, qui ne donnent qu'un papier rugueux et peu cohérent, sont maintenant apportés beaucoup plus rarement dans les fabriques de papier, depuis qu'ils ont trouvé un emploi plus convenable dans la fabrication de la laine artificielle et, à cause de leur grande richesse en azote, dans celle du prussiate de potasse. Les chiffons de coton fournissent un papier rugueux, spongieux et peu cohérent, c'est pourquoi ils ne sont jamais travaillés seuls, mais mélangés avec des chiffons de lin. Les déchets qui se produisent dans la filature du coton (dans le batteur-éplucheur et dans le batteur-étaleur, ainsi que pendant le cardage) sont également utilisés dans la fabrication du papier. Les chiffons de soie ne donnent qu'un mauvais papier et ils sont mieux employés à préparer de la soie cardée destinée à être filée.

Les chiffons sont apportés à la papeterie soit incomplètement triés, soit

déjà séparés en trois sortes : les blancs, les gris et les colorés, ou bien après avoir été triés encore plus complètement par les marchands eux-mêmes, qui les ont divisés en blancs, demi-blancs, bulle et bleus.

Succédanés des chiffons. — La consommation du papier a plus que triplé en Europe depuis 50 ans. Mais comme la fabrication du papier n'emploie que certains débris de lin, de coton et de chanvre, qui le plus souvent proviennent des habits et du linge usés, on devra bientôt manquer de matière première, car la production des chiffons ne peut pas augmenter dans la même proportion que la consommation du papier, et en outre la fabrication de la laine artificielle et d'autres branches d'industrie enlèvent à la fabrication du papier une fraction importante de la matière première. C'est pourquoi on a été conduit à rechercher des *succédanés des chiffons*. Parmi les nombreuses *substances végétales* proposées, il n'y en a que trois que l'on puisse se procurer à un prix assez bas et en quantité suffisante, pour pouvoir être employées avec avantage à la préparation de papiers inférieurs; ce sont la *paille*, l'*alfa* (*Stipa tenacissima*) et le *bois* de certains arbres. Parmi les différentes espèces de paille, celles du *maïs* et du *seigle* méritent une attention particulière; *v. Auer* (de Vienne) a montré que l'on peut préparer avec les fibres de la paille de maïs un papier qui, au point de vue de la blancheur et de la pureté, ne laisse rien à désirer. La bagasse de l'*Andropogon glycichylum* ou *Sorghum saccharatum* est aussi employée dans l'Amérique du nord pour la fabrication du papier. D'après le système de *H. L. Lahousse*, de Prague, la paille coupée à l'aide d'un hache-paille est bouillie avec une lessive de soude dans une chaudière rotative, puis lavée à l'eau bouillante. La masse est ensuite divisée dans un moulin à cylindre, blanchie à chaud avec du chlorure de chaux, et enfin introduite dans une pile raffineuse, afin de désagréger les portions encore cohérentes, les nœuds notamment. D'après les indications de *Lahousse* (1875), il faut pour produire 100 kilogrammes de pâte de paille séchée à l'air et blanchie :

200 kilogr. de paille	valant	10 francs.
26 « de soude caustique	«	15 «
10 « de chlorure de chaux	«	5 «
		30 francs.

[En France, on prépare des pâtes de paille principalement à Saint-Denis près Paris, à Limoges, au Val-Vernier (Seine-Inférieure), à Poncharrac (Isère) et dans la Drôme; à Saint-Junien (Haute-Vienne), on fabrique aussi de très-bons papiers de paille pour l'emballage.]

La partie inférieure des tiges de jute, appelée en Angleterre *root-cuttings*, est également employée pour la fabrication du papier, et il en est de même des débris de cordes, avec lesquels on fabrique du *papier de cordes* pour enveloppes de lettres.

[L'*alfa* de l'Algérie et le *sparte* de l'Espagne (voyez p. 10) sont employés en

grande quantité en Angleterre pour la fabrication du papier¹; ils fournissent une pâte meilleure que la pâte de paille, et que l'on prépare de la même manière que cette dernière¹.]

Pâte de bois. Depuis 1846, on prépare avec le bois (tremble, pin, sapin) deux produits très-importants pour la fabrication du papier :

a. La *pâte de bois mécanique*, préparée en désagrégant le bois à l'aide de meules;

b. La *cellulose de bois*, obtenue par l'action d'agents chimiques sur le bois.

a. La *pâte de bois mécanique* a été obtenue pour la première fois par Keller en 1840 par défibration du bois à l'aide de meules. Mais ce produit n'a acquis une importance industrielle qu'en 1846, lorsque H. Völter, de Heidenheim, eut rendu possible, par l'emploi d'appareils défibreurs et épurateurs bien construits, la fabrication de la pâte de bois sur une grande échelle et la production d'une matière homogène.

Les principaux organes de l'appareil de Völter sont : 1° Le défibreur, qui consiste essentiellement en une meule en pierre à grain fin, placée verticalement et animée d'un mouvement de rotation rapide; pour détacher la pâte de la pierre, de l'eau est lancée sous une forte pression à la surface de la meule; 2° L'épurateur se compose simplement d'un tamis plat en toile métallique; 3° Le raffineur est formé de deux meules horizontales comme un moulin à blé, dont le tuyau d'écoulement est en communication avec l'assortisseur (4), qui se compose de plusieurs cylindres sur lesquels sont tendues des toiles métalliques de finesses différentes; 5° Pour déshydrater la pâte ainsi obtenue, on emploie des presses à l'aide desquelles on débarrasse la masse enveloppée dans une toile d'une partie de son eau (jusqu'à 60 ou 70 pour 100), ou bien on se sert de dispositifs analogues à des machines à carton, qui transforment la pâte en un ruban mince, auquel on peut enlever la plus grande partie de son eau en le faisant passer sur des cylindres chauffés. Pour préparer 100 kilogrammes de pâte de bois, il faut 150 à 200 kilogrammes de bois. Comme on l'a dit plus haut, les bois les plus convenables sont le tremble, le tilleul, le sapin et le pin. Ces derniers donnent une pâte se feutrant très-bien, la pâte formée par les premiers est très-blanche. Le hêtre et le bouleau, bien que fournissant des fibres plus courtes, sont employés en grande quantité, principalement en Belgique.

La pâte de bois mécanique, mélangée avec de la pâte de chiffons, est employée même pour la fabrication du papier à écrire fin; cependant on s'en sert surtout en grandes quantités dans la préparation du papier d'impression. Pour le papier à écrire, le papier d'impression, le papier pour couvertures, le papier à lettres ordinaire de qualité moyenne, on peut ajouter

¹ L'Angleterre a importé :

en 1870.	22,500,000 kilogr. d'alfa et de sparte.
« 1871.	105,100,000 « « «
« 1872.	126,500,000 « « «

50 pour 100 de pâte de bois. Le papier d'impression ordinaire, le papier à affiches et le papier à emballage peuvent en contenir 60 à 70 pour 100.

[Le procédé *Aussedat*, qui tient, en quelque sorte, le milieu entre la méthode de *Völter* et les méthodes chimiques, consiste à faire agir sur le bois contenu dans une chaudière verticale close de la vapeur d'eau à environ 5 atmosphères; sous l'influence de ce traitement, le tissu du bois est attendri, et les opérations mécaniques subséquentes sont par suite rendues plus faciles. Au sortir de la chaudière, on découpe le bois en rondelles de 0^m,02 d'épaisseur au moyen d'une scie circulaire; on défibre ensuite les rondelles dans un concasseur imaginé par *J. Kœchlin* et qui ressemble à un moulin à café, et le produit, mélangé avec une quantité d'eau suffisante, est soumis à l'action de moulins à meules coniques disposées d'après les indications d'*Aussedat*.]

b. Pâte de bois chimique ou cellulose de bois. Si importante que soit, principalement pour la fabrication des papiers inférieurs, la pâte de bois préparée par les moyens mécaniques, elle a plutôt le caractère d'un garnissage que celui d'un concurrent des chiffons, parce que ces fibres sont trop courtes et ne se feutrent pas convenablement, et, par suite, ne peuvent pas donner une feuille consistante. En outre, la résine qu'elle renferme empêche l'action complète même d'un blanchiment énergique. La fabrication de la cellulose de bois n'a d'autre but que l'isolement de la fibre ligneuse pure, et la séparation de la substance incrustante contenue dans le bois. Pour éliminer la substance incrustante, on traite le bois coupé en rondelles, comme dans le procédé de *Bachet* et *Machard* (1867), par l'acide chlorhydrique (ou, comme cela se pratique à Pontcharrac près Grenoble, par l'eau régale à froid ou à chaud); la matière incrustante est par l'acide chlorhydrique transformée en dextrine, qui, par fermentation, se convertit en alcool; ou bien, comme dans les méthodes de *J. Lee*, *Keegan* et *Singlair*, on fait bouillir le bois avec une lessive de soude caustique sous une pression de 12 à 13 atmosphères. La coction terminée, on comprime la matière et on la désagrège dans la pile à cylindre, on la blanchit et on la traite du reste comme la pâte de papier ordinaire. Afin de rendre l'opération plus économique, on régénère l'alcali. — Dans ces derniers temps l'ammoniaque de cuivre a aussi été employé avec quelque succès pour la préparation de la cellulose de bois¹.

Succédanés minéraux des chiffons. A côté des succédanés végétaux des chiffons nous devons aussi mentionner les *succédanés minéraux*, qui maintenant sont très-employés dans la fabrication du papier. Une addition à dose modérée à la pâte du papier d'un corps minéral convenablement choisi n'est aucunement nuisible, elle est au contraire utile à plusieurs points de vue : les papiers ordinaires et les demi-fins gagnent en blancheur, l'inconvénient de la transparence que présentent les papiers très minces est de cette façon détruit à un certain degré, la solidité du papier n'en souffre

¹ Il existait, en 1874, dans l'Empire d'Allemagne, 138 fabriques de pâte de bois, 27 en Suède, 46 en Autriche et 2 en Hongrie.

pas et enfin le papier revient à meilleur marché. Une addition de 5 à 10 pour 100 du poids du papier est seule avantageuse, car, si on l'élève à 20 ou 25 pour 100, le papier devient rugueux et cassant et il émousse les plumes. Les propriétés principales que doit avoir un succédané terreux sont le bas prix, la blancheur, l'insolubilité dans l'eau et une finesse très-grande. Le premier succédané minéral mis en usage et encore aujourd'hui le plus fréquemment employé est l'*argile* exempte de sable, l'argile ou terre à porcelaine lèvigüée dont on se sert dans les papeteries sous le nom de *clina-clay*, de *lenzine* ou de *kaolin*. Un autre succédané des chiffons est le *plâtre cru* — fréquemment le sulfate de calcium *précipité*, qui est fourni au fabricant sous le nom d'*annaline* (*pearl-hardening*). Il surpasse en blancheur la terre à porcelaine dont la couleur tire un peu sur le gris-jaunâtre, il n'est pas plus cher que la lenzine, mais il ne peut pas être aussi finement divisé et il ne donne pas une pâte aussi grasse que l'argile. Sous ce dernier point de vue, le *sulfate de baryum* obtenu par précipitation mérite la préférence; il est employé depuis 1850 dans les fabriques de papier et il porte dans le commerce les noms de *blanc fixe*, de *blanc de baryte*, de *blanc permanent*, de *blanc patenté* (voy. t. I, p. 852). Pour 100 kilogrammes de pâte raffinée on prend 15 kilogrammes de blanc de baryte pâteux.

Depuis quelques années, on emploie aussi en grande quantité, comme succédané des chiffons, la *bauxite* finement moulue (wocheinite, voyez t. I, p. 622). Enfin, on a proposé pour remplacer et améliorer l'annaline, sous le nom de *blanc de magnésie*, un produit que l'on obtient par précipitation directe du sulfate de magnésium par la chaux ou la baryte caustique; c'est un mélange d'hydrate de magnésie et de blanc fixe ou blanc de perle, qui devrait d'autant plus attirer l'attention que la précipitation peut avoir lieu dans la pâte du papier, sur la fibre elle-même, et que par suite il s'unit très-facilement avec celle-ci.

Fabrication du papier blanc. — La *confection du papier blanc* s'effectue de deux manières différentes :

A. *D'après l'ancienne méthode*, dans laquelle prédomine le travail manuel, notamment pour la formation des feuilles avec la pâte en consistance de bouillie, et c'est pour cela que le papier préparé d'après cette méthode est appelé *papier à la main* (ou *papier à la forme*, *papier à la cuve*); les feuilles obtenues ont une longueur et une largeur limitées.

B. *D'après la nouvelle méthode*, dans laquelle on prépare, avec le secours de machines, une feuille d'une très-grande largeur et de la longueur que l'on veut; le papier ainsi obtenu se nomme *papier à la mécanique*, *papier sans fin* ou *papier continu*.

Découpage et nettoyage des chiffons triés. — Le *défilage* ou *effilo-chage des chiffons triés*, c'est-à-dire leur transformation en ces fibrilles ténues dont se compose la pâte du papier, ne s'effectue pas en une seule opération, mais graduellement et à l'aide de différents moyens mécaniques (coupeuse, cylindre effilocheur, cylindre raffineur), auxquels on joignait autrefois, plus fréquemment que maintenant, un procédé chimique qui favori-

sait la conversion des tissus en fibrilles et qui consistait en un traitement des chiffons avec une lessive alcaline ou en une sorte de fermentation putride (la pourriture des chiffons).

Le *découpage* en morceaux ou bandes de 3 à 6 centimètres de largeur est un travail préparatoire auquel doivent être soumis les chiffons avant les opérations de l'effilochage. Dans un très-grand nombre de fabriques le découpage s'effectue à la main sur des couteaux solidement fixés, parce que cette opération est accompagnée d'un triage, qui exige que l'on examine chaque morceau en particulier et que l'on sépare les parties dissemblables. Les *machines à découper les chiffons* ou *coupeuses* sont plus convenables et plus expéditives; la plus ancienne, qui, dans sa structure et son mode d'action, a une grande analogie avec un hachoir ou une machine à couper le tabac, était déjà connue dans le premier quart du dix-huitième siècle sous le nom de *délicieuse mécanique* ou de *coupe-chiffons*. Mais cette coupeuse présente de nombreux défauts : à cause de l'éloignement de ses différentes pièces elle exige beaucoup d'espace et de fréquentes réparations, la transmission de la force de l'arbre au couteau par le tirant, ainsi que le renversement du mouvement de celui-ci occasionnent une grande perte de force, et en outre elle ne peut donner qu'un faible rendement, parce que le couteau mobile n'approche du couteau fixe que chaque fois que l'arbre fait une rotation, tout au plus 150 fois par minute. C'est sans doute à cause de ces inconvénients que l'on a été conduit à construire des coupeuses basées sur un autre principe, principe qui, à quelques exceptions près, consiste à mettre des couteaux en activité au moyen d'un mouvement rotatoire. Toutes ces coupeuses peuvent être partagées en quatre groupes de machines : 1° Machines avec plusieurs lames fixées à la périphérie d'un cylindre, lesquelles lames lors de leur rotation s'approchent d'un couteau horizontal immobile (par exemple la machine à couper les chiffons de l'Anglais *Darvey*); 2° Machines avec un seul couteau, ou même deux ou un plus grand nombre, fixés à la surface d'une roue dans une direction à peu près rayonnante et passant lors de la rotation de la roue à côté d'un autre couteau fixe, comme la machine de *Bennet*; 3° Machines avec un certain nombre de disques circulaires d'acier bien affilés à leur circonférence et fixés sur un arbre, comme le coupe-chiffons de *Uffenheimer* de Vienne; 4° Machines avec des disques coupants agissant par paires comme des ciseaux et portés par deux arbres; à ces machines, qui ont quelque ressemblance avec la machine à fendre le fer, appartiennent les coupeuses de *Breton* et de *Cox*. Lorsque les chiffons ont été découpés, on les nettoie, c'est-à-dire qu'on les débarrasse de la poussière et des autres impuretés qui y adhèrent. Dans les papeteries anglaises, on commence l'opération du nettoyage par une désagrégation des chiffons dans un *willow*, où ceux-ci abandonnent une grande partie du sable, qui tombe à travers une grille placée au-dessous de l'appareil. La poussière est ensuite enlevée aussi complètement que possible au moyen d'une sorte de blutage et le reste des impuretés est éliminé par coction et lavage. La *machine à bluter* la plus simple consiste en un tambour à six ou

huit pans dont les parois sont en toile métallique ; les chiffons sont introduits par une porte latérale, puis soumis à un mouvement rotatoire, sous l'influence duquel la poussière et les autres impuretés sont éliminées. Le nettoyage *humide*, qui suit le nettoyage à sec, s'effectue soit avec de l'eau ou une lessive, soit avec une lessive et de la vapeur d'eau. Les lessives alcalines sont préférables à l'eau pure, parce que non-seulement elles facilitent beaucoup le travail du blanchiment par suite du nettoyage plus rapide et plus parfait, mais encore parce qu'elles ramollissent les fibres de telle sorte qu'elles peuvent être transformées dans les piles à cylindre en demi-pâte et en pâte avec plus de facilité et une perfection plus grande.

On employait autrefois pour la coction des chiffons une chaudière en fonte chauffée directement et qui pouvait en contenir 500 kilogrammes. Mais les exigences toujours croissantes qui se sont produites dans la fabrication du papier ont rendu nécessaire un autre procédé pour obtenir des fibres d'une pureté, d'une blancheur et d'une beauté aussi grandes que possible, parce que ordinairement dans les chaudières fixes les chiffons ne sont pas uniformément nettoyés et qu'en outre la chaux employée pour la préparation de la lessive est répartie d'une manière défectueuse. Ces inconvénients disparaissent avec la *chaudière rotative*, que les Anglais ont introduite dans la fabrication du papier. La chaudière rotative, pour laquelle *H. Völter* a pris un brevet en 1859, se compose d'un cylindre à vapeur, dans lequel est adapté un autre cylindre percé de trous et auquel on peut imprimer un mouvement de rotation. Ce dernier cylindre contient les chiffons et, lorsqu'il a reçu la quantité de lessive nécessaire, on y fait arriver la vapeur d'un générateur au moyen de tuyaux de conduite et de robinets. Le cylindre intérieur est mis en rotation : les chiffons sont alors soumis à un mouvement continu (qui est encore favorisé par des broches fixées à l'intérieur du cylindre) et par suite exposés uniformément à l'action de la vapeur. Lorsque l'opération est terminée, on fait écouler le liquide, on enlève un des bouts de la chaudière et l'on retire le cylindre percé de trous ; les chiffons lessivés sont versés dans un récipient disposé au-dessous de l'appareil et conduits à la machine à laver. [Dans le dispositif de *Negret*, *Orioli* et *Frédé*, le cylindre intérieur n'est pas troué, la vapeur entre dans l'espace libre entre les deux cylindres et chauffe indirectement la lessive et les chiffons, et de cette façon l'eau résultant de la condensation de la vapeur ne vient pas se mêler avec la lessive. Au lieu de chaudières cylindriques, on emploie aussi des sphères en tôle rivée tournant autour de leur diamètre.] Pour enlever le sable et les saletés, ce qui doit être fait avant l'introduction des chiffons dans la pile effilocheuse, la coction avec la lessive alcaline n'est pas toujours suffisante, notamment pour les chiffons grossiers, parce que une grande partie de saletés restent déposées entre les chiffons sous une forme facile à enlever, tandis que les grains de sable ne peuvent pas tomber, étant retenus entre les chiffons fortement pressés les uns contre les autres. C'est pourquoi on soumet pendant 10 ou 12 minutes les chiffons cuits à l'action d'une pile laveuse imaginée par *Silbermann* et analogue à celle que l'on emploie pour

le lavage de la demi-pâte après le blanchiment. Les chiffons préparés de cette manière ont besoin d'un traitement beaucoup plus court dans la pile effilocheuse et ils n'usent pas aussi promptement les couteaux du cylindre.

Transformation des chiffons nettoyés en demi-pâte et en pâte. — Les machines dont on se sert pour la transformation en fibrilles ténues (*défilage* ou *effilochage*) des chiffons coupés et nettoyés portent généralement le nom de *moulins à papier*, et elles travaillent (elles triturent ou elles filent) la matière au milieu de l'eau, de manière à la convertir immédiatement en une bouillie (pâte), qui n'a plus besoin que d'être étendue avec de l'eau pour être transformée en papier. L'*effilochage* ou *effilage* comprend deux opérations : dans la première on prépare la *demi-pâte* ou le *défilé* et dans la seconde la *pâte* ou le *raffiné*.

Les machines que l'on emploie pour l'effilochage des chiffons sont :

1^o Le *moulin à pilons* (ou moulin à maillets) :

2^o La *pîle à cylindre* (ou moulin à cylindre), qui comprend :

α. La *pîle effilocheuse* et

β. La *pîle raffineuse*.

Autrefois on avait coutume de ramollir les chiffons à l'aide d'une sorte de *fermentation putride* (pourriture), de *rouissage* ou de *macération*, et de les préparer ainsi aux opérations suivantes. Les chiffons destinés à subir la macération sont abandonnés à eux-mêmes dans des auges de pierre après avoir été tassés et couverts. Au bout de 2 ou 3 jours la masse commence à s'échauffer et il se dégage une odeur ammoniacale désagréable. L'échauffement devient assez grand pour qu'on ne puisse pas tenir sa main au milieu de la masse, l'odeur va aussi en augmentant. Lorsque 2 ou 3 autres jours se sont encore écoulés et qu'il s'est séparé à la surface un corps visqueux, qui commence déjà à se recouvrir de moisissures, dans certains endroits, les chiffons sont suffisamment macérés et ils peuvent maintenant être facilement effilochés et transformés en pâte. Si on laisse passer ce moment, les chiffons se transforment en partie en une masse brune semblable à de l'humus, et ce qui n'est pas décomposé ne peut plus être employé que pour fabriquer des papiers ordinaires. A cause de la grande perte de matière qu'entraîne la macération (que l'on peut comparer au rouissage à l'eau usité dans la préparation du lin), ce procédé est depuis longtemps déjà remplacé par la coction des chiffons avec une lessive, et en outre le papier préparé avec des chiffons non pourris a l'avantage de posséder une solidité plus grande.

Moulin à pilons. — Le *moulin à pilons* ou à *maillets*, qui maintenant n'est plus que rarement employé et seulement dans de petites fabriques, se compose essentiellement des pilons ou maillets et de l'arbre des bachats. Ce dernier est une grosse poutre de chêne dans laquelle sont ordinairement pratiquées 6 ou 8 cavités, dont le diamètre va en diminuant de haut en bas et dont le fond est fermé par une plaque de fonte. Au fond et sur le côté se trouve une ouverture occupée par un châssis garni de toile de crin (nommé *cas*) et à travers laquelle s'échappe l'eau, qui est amenée dans chaque cavité par une rigole. Les maillets sont des morceaux de chêne hauts de

1^m,30 environ, et ils sont fixés par leur manche aux *griffes de derrière*. Leur extrémité inférieure est soulevée à une hauteur de 15 ou 18 centimètres 72 ou 80 fois par minute au moyen d'un arbre à cames. Deux bandes de bois, les *griffes de devant*, font que les maillets se soulèvent et tombent toujours perpendiculairement, elles servent en outre à maintenir les maillets soulevés, lorsque les cavités doivent être vidées. Trois ou cinq (le plus souvent quatre) marteaux travaillent dans chaque cavité. Les chiffons sont soumis à l'action des maillets après avoir été mélangés avec une quantité d'eau suffisante pour former une bouillie épaisse. Le mouvement continu et lent de la masse dans les cavités fait que toutes ses parties subissent peu à peu l'action des pilons. Suivant leur qualité, les chiffons restent dans le moulin 12, 20 heures et plus.

Pile à cylindre. — La *pile à cylindre* ou le *moulin à cylindre*, qui maintenant est presque partout employée à la place du moulin à pilons; lequel, il

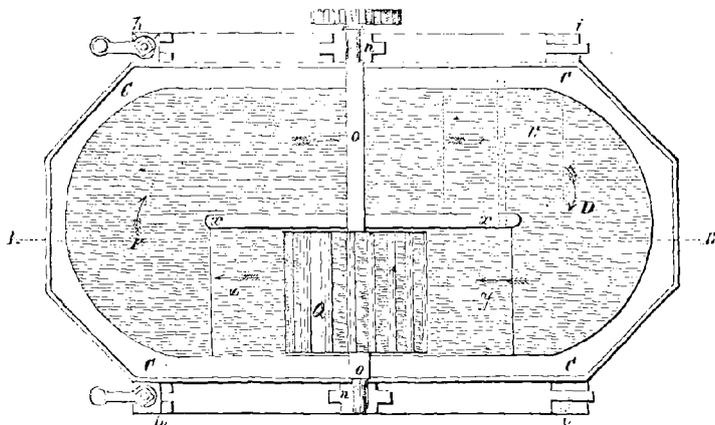


Fig. 264. — Pile effilocheuse; plan.

est vrai, fournit une pâte plus solide, mais ne peut pas lutter avec la pile à cylindre pour la rapidité du travail — est représenté par les figures 264 et 265. La figure 264 montre le plan d'une *pile effilocheuse*, dont la figure 265 donne une coupe verticale suivant la ligne AB. Les pièces principales d'une pile à cylindre sont : 1° un *cylindre* muni de lames et tournant rapidement autour de son axe ; 2° la *platine* formée par des lames semblables aux précédentes et placée sous le cylindre ; 3° la *caisse* (auge), dans laquelle se trouve la platine et où tourne le cylindre ; 4° le *chapiteau*, qui se trouve au-dessus de l'auge et qui est destiné à empêcher la masse d'être projetée à l'extérieur. La boîte CC est une auge de bois, de pierre ou de fonte, rectangulaire, à laquelle on a donné intérieurement une forme ovale en garnissant les quatre angles. L'intérieur ovale de la caisse de la pile est séparé au moyen d'une cloison xx en deux compartiments ; la cloison a la même hau-

teur que les parois extérieures de la caisse, mais elle n'en occupe que la partie moyenne de la longueur, de telle sorte que les deux compartiments sont en communication l'un avec l'autre aux deux extrémités de la caisse. Le compartiment où se trouvent le cylindre et la platine est un peu plus large que l'autre, c'est pourquoi la pâte de papier se tient toujours dans ce dernier compartiment à un niveau plus élevé que dans le compartiment du cylindre, et c'est aussi pour cela qu'elle afflue avec une certaine rapidité déterminée par la différence de niveau. Au-dessous du cylindre se trouve, sur le fond de la caisse de la pile, un bloc de bois de chêne massif *t*, la *gorge*, qui embrasse concentriquement par sa partie supérieure concave presque le quart de la circonférence du cylindre *Q* et qui des deux côtés se termine par un plan incliné; la pente du plan, qui dans les figures est désignée par *y*, est

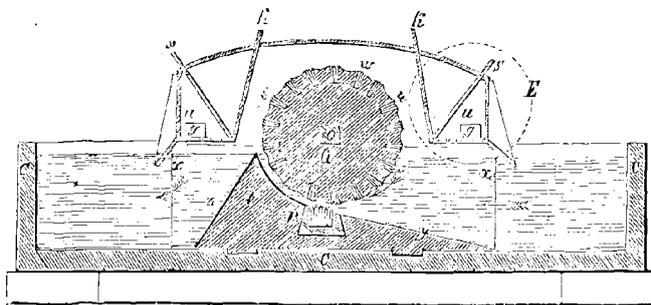


Fig. 263. — Pile effilocheuse; coupe verticale.

douce, tandis que celle de *z* est très-escarpée. Extérieurement, entre les montants *hi hi*, se trouvent deux forts madriers dans lesquels sont fixés les coussinets métalliques *n n*, destinés à supporter l'arbre de fer *o o*. Sur ce dernier se trouve le cylindre *Q* en bois de chêne massif. Le cylindre est muni à sa périphérie d'un certain nombre de *lames w w*, qui sont placées parallèlement à son axe et qui à sa surface font une saillie de 0^m,05 à 0^m,05. Les lames sont en acier mou (acier Bessemer) ou en fer aciéré, rarement et seulement pour les piles raffineuses elles sont en bronze. Perpendiculairement au-dessous du cylindre, la *platine P* se trouve fixée dans une rainure pratiquée dans la gorge. La platine se compose de la réunion d'un certain nombre de lames placées de champ et de la même matière que celles du cylindre.

Afin que, pendant le mouvement du cylindre, la pâte ne soit pas projetée à l'extérieur par la force centrifuge, une partie de la caisse est recouverte avec un toit, le *chapiteau*. A chacune des deux extrémités du chapiteau est ménagé un espace triangulaire *u* fermé par un fond et qui du côté tourné vers le cylindre a pour paroi un cadre *s* garni de fils de laiton (le *châssis*). Quand la pile est en activité, le cylindre tournant avec rapidité lance un certain volume d'eau et de chiffons contre ces châssis tant que le lavage de ceux-là l'exige. L'eau sale traverse les mailles des châssis pour tomber dans

les espaces $u u$ et s'écouler ensuite par les ouvertures $g g$. Pour remplacer cette eau, on en fait arriver de la propre dans la caisse de la pile. Lorsque le lavage est terminé, on ferme le robinet du tube qui amène l'eau et l'on pousse devant chaque châssis une planche k (le *châssis aveugle*), afin que maintenant il ne soit plus enlevé d'eau à la pâte. Le travail de la pile a lieu de la manière suivante : lorsque la caisse a été remplie avec la quantité d'eau nécessaire, les chiffons découpés y sont versés. Le cylindre est ensuite mis en mouvement avec une vitesse de 100 ou 150 tours à la minute. Les lames du cylindre battent par conséquent l'eau avec une vitesse extrême et elles entraînent les chiffons avec force dans l'espace qui se trouve entre la périphérie du cylindre et la platine et enfin les lancent sur l'angle le plus élevé de la gorge. De là la masse descend le long de la pente escarpée z de la gorge, elle se heurte contre la portion de paroi de la caisse qui correspond au compartiment du cylindre, et elle produit ainsi un courant lent, qui ramène toujours la pâte du côté y du cylindre en suivant la direction $F E D$ indiquée par les flèches. De cette manière on obtient un double effet : les chiffons, contenus dans la masse soumise à un mouvement non interrompu, ne peuvent pas se déposer, en outre toutes les parties de la masse passent un grand nombre de fois sous le cylindre. Au commencement du travail, le cylindre est disposé de telle sorte qu'il reste entre sa périphérie et la platine un espace convenable. Dans cette phase les chiffons sont peu divisés, mais ils subissent un lavage, dans lequel les châssis agissent comme il a été expliqué précédemment. Plus tard on descend un peu plus le cylindre, pour produire en même temps que le lavage un véritable effilochage; enfin le cylindre est rapproché le plus possible de la platine, le châssis aveugle est abaissé, l'arrivée de l'eau est arrêtée et la trituration est continuée jusqu'à ce que les chiffons aient atteint le degré de finesse convenable. Le travail dans la pile effilocheuse dure environ 12 heures, il faut moins de temps pour les chiffons mous et propres, il en faut plus pour ceux qui sont grossiers et sales. La demi-pâte est amenée immédiatement dans la pile raffineuse pour être de nouveau travaillée, ou bien elle est soumise au blanchiment et traitée d'après une méthode qui sera décrite plus loin.

La pile effilocheuse de *Debié, Granger et Pasquier*, employée depuis quelque temps, a pour but de produire une économie de force dans la trituration de la pâte de papier au moyen d'une distribution du travail différente de celle qui est effectuée par les pièces essentielles des piles effilocheuses ordinaires. Dans celles-ci, la division des fibres a lieu lors du passage du produit réduit en bouillie à travers l'espace étroit qui se trouve entre les lames de la gorge et le cylindre rotatif. Ce dernier, muni de lames saillantes, met en mouvement le contenu liquide de l'auge et amène la matière au contact des lames, ce qui entraîne une perte de force considérable. En effet, une grande partie de la masse fibreuse, ne passe pas pendant la rotation du cylindre, dans l'espace étroit situé entre les lames, mais reste dans cet espace et est lavée sans être déversée derrière le cylindre. En outre, pour

maintenir la masse tout entière en mouvement circulaire dans l'auge, il faut une force considérable, qui n'est pas complètement utilisée. Les expériences de *Lespermont* et *Sagebien* ont prouvé combien est grande cette dépense de force. Lorsque l'auge d'une pile nécessitant une force de 8 chevaux pour la marche ordinaire fut remplie jusqu'au bord avec de l'eau pure, le cylindre plongeant par suite plus profondément qu'à l'ordinaire, il fallut une force de 10 chevaux pour mettre l'appareil en mouvement. Par conséquent le cylindre, absolument comme les roues à palettes d'un bateau à vapeur, use beaucoup de force pour produire le mouvement à peu près inutile de grandes quantités d'eau.

Ce qui caractérise la pile de *Debié*, *Granger* et *Pasquier*, c'est que dans cet appareil le mouvement n'est plus communiqué à la masse tout entière des chiffons contenus dans l'auge, mais seulement à la portion qui est nécessaire pour l'alimentation des lames. Dans ce but, il existe un dispositif particulier pour pousser la matière entre les lames; le cylindre, dont le diamètre peut être beaucoup plus petit que dans les moulins ordinaires, est placé à une hauteur plus grande que dans ces derniers, près du bord supérieur de l'auge. La partie supérieure de la platine se trouve même au-dessus du niveau des chiffons. La surface qui conduit à la platine est fortement recourbée; la bouillie est amenée régulièrement sur cette surface au moyen d'un élévateur qui la pousse vers les lames. L'élévateur consiste en une roue à aubes d'environ 1 mètre de diamètre, dont les palettes sont fortement recourbées et offrent la longueur du cylindre; il ne fait qu'environ 1 tour $\frac{1}{4}$ par minute. Comme le mouvement des chiffons n'est pas produit par le cylindre mais par cet élévateur, les lames du cylindre, qui dans les piles ordinaires agissent en même temps comme palettes motrices des chiffons, n'ont besoin de faire que très-peu de saillie, environ 5 à 6 millimètres, à la surface du cylindre, elles peuvent par conséquent être plus minces, et n'ont pas besoin d'être aiguës fréquemment comme celles des moulins ordinaires. L'économie de force qui résulte de cette disposition est évaluée à 20 ou 25 0/0. Un autre inconvénient des piles ordinaires consiste en ce que les couches en circulation dans l'auge n'ont pas la même vitesse à la surface et dans le voisinage du fond; il en résulte que certaines parties de la masse des chiffons passent plus souvent que d'autres entre les lames, ce qui ne peut être évité qu'incomplètement par un brassage toujours ennuyeux. Dans ce moulin, l'inégalité du mouvement des chiffons est amoindrie parce que l'élévateur plonge presque jusqu'au fond de l'auge. Un canal de communication convenablement établi sert pour égaliser les vitesses des particules en circulation dans le voisinage de la paroi moyenne et de la paroi extérieure.

Blanchiment de la demi-pâte. — Si les chiffons n'ont pas été déjà blanchis, il est tout à fait indispensable de *blanchir* la demi-pâte pour obtenir un beau papier. Le blanchiment s'effectue soit avec le chlore gazeux, soit avec de l'eau de chlore, ou bien encore avec le chlorure de chaux ou d'autres sels décolorants, et lorsqu'on emploie ces dernières substances le blanchiment a lieu dans la pile effilocheuse ou en dehors de celle-ci. C'est

pourquoi il y plusieurs méthodes de blanchiment. Relativement à la solidité et à l'inaltérabilité du papier, le blanchiment au chlore n'est nuisible que lorsque ce gaz a agi trop longtemps sur la pâte, car dans ce cas la fibre devient friable et cassante, ou bien lorsqu'on a négligé d'éliminer le chlore en excès et l'acide chlorhydrique au moyen d'un lavage et du traitement par l'antichlore.

Pour blanchir à l'aide du *chlore gazeux*, on purifie d'abord le gaz, préparé d'après la méthode que l'on connaît, en le faisant passer dans des vases laveurs *a a* (fig. 266) et ensuite on le dirige dans une chambre de bois *A*, où le défilé humide est étendu sur cinq ou six étagères disposées les unes au-dessus des autres. Ces étagères sont munies d'ouvertures, afin que le chlore gazeux puisse descendre comme il est indiqué par les flèches du dessin. Le chlore en excès se dégage par l'orifice *c* dans un réservoir, où l'on a placé de la demi-pâte pour la préparer au blanchiment. La masse traitée par le chlore est retirée de la chambre par une ouverture

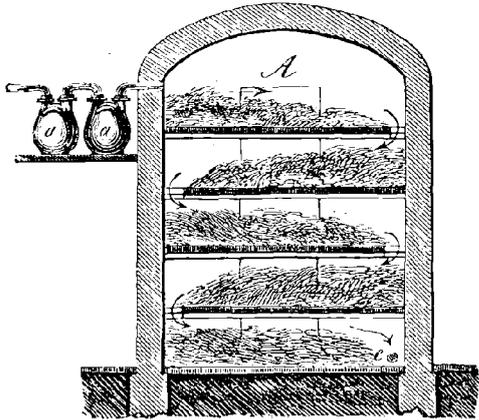


Fig. 266. — Blanchiment de la demi-pâte par le chlore.

latérale, puis lavée avec de l'eau, neutralisée avec de la soude, de la potasse ou de l'urine putréfiée et suivant les circonstances traitée par l'antichlore. Il faut pour dégager le chlore nécessaire pour 100 kilogrammes de demi-pâte 2 kilogrammes 1/2 à 5 kilogrammes de sel marin. Si le blanchiment doit être effectué avec du *chlorure de chaux*, dont il faut 1 ou 2 kilogrammes par 100 kilogrammes de demi-pâte, on épuise le sel avec de l'eau et l'on fait digérer la demi-pâte avec la solution aqueuse. Le chlorure de chaux agit plus énergiquement, si l'on ajoute au liquide une petite quantité d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique. Mais comme l'emploi d'une quantité trop grande d'acide sulfurique pourrait très-facilement diminuer la force des fibres, on a proposé dernièrement l'acide carbonique pour la décomposition du chlorure de chaux. Orioli recommande l'*hypochlorite d'aluminium* (dont la dissolution est connue depuis longtemps déjà sous le nom de liqueur décolorante de Wilson) pour le blanchiment de la pâte du papier; son action décolorante doit être due uniquement à ce qu'il abandonne de l'oxygène ozonisé, parce que d'un autre côté il se produit du chlorure d'aluminium ($Al^2 Cl^6 O^5 = 3O + Al^2 Cl^6$). L'*hypochlorite de zinc* (connu sous le nom de sel décolorant de Varrentrapp), que Varrentrapp a proposé d'employer comme décolorant énergique dans la fabrication du papier, mérite une attention plus grande. On mélange du chlorure de chaux avec du sul-

fate de zinc ou mieux avec du chlorure de zinc ; dans le premier cas, il se précipite du sulfate de calcium et de l'oxyde de zinc et il reste de l'acide hypochloreux en dissolution, qui dans le second cas est mélangé avec du chlorure de calcium. Pour le blanchiment de la pâte du papier, le chlorure de zinc doit toujours être préféré aux acides minéraux pour la décomposition du chlorure de chaux, parce qu'on ne court pas le danger de détruire les fibres végétales. Si on emploie le sulfate de zinc, on peut laisser le précipité de sulfate de calcium et d'oxyde de zinc mélangé avec la fibre.

Antichlore. — Afin de neutraliser le chlore resté dans la pâte blanchie et l'acide chlorhydrique produit par l'action du chlore, on ajoute dans l'eau employée pour le lavage qui suit le blanchiment un peu de soude ou de potasse ou mieux un *antichlore*, parce que les dernières portions du chlore adhèrent très-fortement à la substance organique et ne peuvent être que difficilement enlevées par un simple lavage. Les principaux antichlores proposés jusqu'à présent sont le *sulfite de sodium*, le *protochlorure d'étain*, l'*hyposulfite de sodium* et le *gaz d'éclairage*. Une molécule de sulfite de sodium ($\text{Na}^2 \text{SO}^5 + 7 \text{H}^2 \text{O}$) élimine 1 molécule de chlore (Cl^2), et il se forme de l'acide chlorhydrique et du sulfate de sodium ; on emploie le sulfite mélangé avec du carbonate de sodium, afin que l'acide chlorhydrique formé, soit en même temps neutralisé. Par un lavage (au moyen du tambour laveur) on enlève ensuite le sulfate et le chlorure de sodium. Le sulfite de calcium, qui est beaucoup moins cher, peut être tout aussi bien employé comme antichlore que l'hyposulfite de sodium. Une molécule de sel d'étain ($\text{Sn Cl}^2 + 2 \text{H}^2 \text{O}$) absorbe également une molécule de chlore (Cl^2), et il se forme du bichlorure d'étain (Sn Cl^4). On emploie le sel d'étain en solution chlorhydrique. Lorsque la réaction est terminée, on ajoute autant de carbonate de sodium qu'il en faut pour saturer l'acide chlorhydrique. L'acide stannique qui se sépare reste dans la pâte du papier. Il y a quelque temps (1868), *J. Kolb* a remplacé avec succès l'hyposulfite de sodium par l'*ammoniaque*. Enfin, l'emploi du *gaz d'éclairage* pour l'élimination du chlore de la pâte du papier blanchi date de l'année 1818, époque à laquelle *Uffenheimer* s'en servit dans sa fabrique de Guntramsdorf en Autriche. Il y aurait avantage à employer de nouveau le gaz d'éclairage comme antichlore. La benzine, le photogène, l'éther de pétrole et les carbures d'hydrogène analogues seraient peut-être aussi convenables pour l'élimination du chlore de la pâte du papier.

Préparation de la pâte ou raffiné. — Lorsque toutes les substances nuisibles au papier, que le blanchiment a laissées dans la demi-pâte, ont été éliminées par des lavages et par l'emploi de l'antichlore, le défilé est apporté dans la *pile raffineuse* pour y être transformé en pâte ou raffiné. La pile raffineuse se distingue de la pile effilocheuse parce que son cylindre et sa platine contiennent un plus grand nombre de lames, parce que le cylindre est plus rapproché de la platine et qu'en outre il tourne beaucoup plus rapidement. Dans une pâte bien préparée toutes les fibres doivent être triturées convenablement et uniformément, ce que l'on reconnaît lorsqu'en faisant couler d'un vase la masse pâteuse, on n'aperçoit pas

de grumeaux et lorsque étendue avec de l'eau elle donne un liquide laiteux. [La préparation du raffiné s'effectue également dans quelques fabriques, notamment en Amérique, en Angleterre, en Allemagne et en Italie, à l'aide d'une raffineuse centrifuge continue désignée sous le nom de *pulp-engine*.]

Azurage. — Malgré le blanchiment chimique le plus soigné, la pâte n'est jamais parfaitement blanche, elle possède toujours un aspect légèrement jaunâtre, que l'on s'efforce de détruire aussi complètement que possible au moyen de l'*azurage*. Dans ce but, on ajoute à la pâte contenue dans la pile, peu de temps avant qu'elle soit finement triturée, une petite quantité d'une couleur bleue : outremer, bleu de Paris, indigo, bleu d'aniline (autrefois du smalt ou d'autres couleurs bleues de cobalt) ; la proportion ajoutée est quelquefois assez grande pour que la pâte prenne une nuance faiblement bleuâtre. Pour 100 kilogrammes de pâte sèche on ajoute, suivant l'intensité de l'azurage que l'on veut obtenir, de 500 grammes à 1 kilogramme 1/2 d'outremer (la sorte résistant à l'alun).

Collage de la pâte. — Dans beaucoup de cas, principalement dans la préparation du papier à la mécanique, la pâte déjà azurée est aussi collée dans la pile. Ce procédé est appelé *collage à la cuve* ou *collage en pâte*. La méthode qui consiste à coller la pâte du papier au lieu de la *feuille* offre plusieurs avantages : de cette façon le collage n'est plus une opération particulière exigeant une dépense de temps et de main-d'œuvre, en outre on obtient un collage beaucoup plus uniforme, qui comprend la masse tout entière de la feuille de papier, tandis que le papier collé en feuilles se compose de trois couches, deux extérieures, formées de papier collé, et une intérieure, formée de papier non collé, et c'est pour cette raison qu'un papier ainsi collé absorbe l'encre (boit) dans les parties que l'on a grattées, où par conséquent on a enlevé la couche du papier collé. La colle animale (*gélatine, colle-forte*) ne convient pas pour le collage en pâte, parce qu'elle se putréfie facilement pendant le temps qui s'écoule jusqu'à ce que la feuille de papier soit achevée. Le *collage végétal*, qui revient toujours à produire un *résinate d'aluminium* (pâte d'aluminium) constitue au contraire un excellent procédé. Dans toutes les méthodes proposées, on prépare d'abord un *savon de résine*, qui est ensuite décomposé dans la pile par l'alun ou le sulfate d'aluminium. La fécule, que l'on ajoute ordinairement, n'a pour la préparation de la colle végétale qu'une importance secondaire et l'on peut même s'en passer sans inconvénient ; mais elle donne généralement au liquide une consistance plus grande, par suite de laquelle le précipité de résinate d'aluminium, produit par la solution d'alun, se dépose plus lentement et se combine plus uniformément avec la fibre ; c'est aussi pour cette raison que, lorsqu'on ajoute de la fécule, on peut employer une quantité de colle moindre que dans les cas contraires.

On obtient un papier d'une solidité moins grande en employant du *savon blanc* ordinaire (le meilleur est le savon d'huile, dont on prend pour 100 kilogrammes de pâte sèche, 3 kilogrammes qui sont décomposés par une égale quantité d'alun) ; dans ce cas c'est du palmitate et de l'oléate d'alu-

minium, qui entourent les fibres du papier, qui en remplissent les pores et qui empêchent la pénétration des liquides. On obtient un degré moyen de solidité et de roideur par l'emploi simultané d'un savon de résine et d'un savon d'huile. Le *savon de cire* (préparé en faisant bouillir de la cire blanche avec une lessive de soude caustique) n'est plus maintenant employé qu'accidentellement, à cause de sa couleur blanche pure, pour la confection des beaux papiers à écrire. A la place du résinate d'aluminium, on peut aussi se servir comme colle végétale de quelques autres combinaisons insolubles d'acide résinique, comme par exemple le *résinate de zinc*, que l'on obtient par décomposition du savon de résine ordinaire ajouté dans la pile au moyen de sulfate ou de chlorure de zinc, au lieu d'alun. Une partie de l'alun peut être remplacée avec avantage, notamment pour le papier à dessin, par du sulfate de magnésium (sous forme de kieselrite.)

A. PAPIER A LA MAIN.

Confection des feuilles de papier par puisage. — La transformation en feuilles de papier du raffiné délayé en une bouillie claire avec de l'eau s'effectue : 1° en étendant la pâte en une couche mince uniforme, 2° en déshydratant cette couche, ce qui entraîne la condensation de la masse solide qui reste. L'élimination de l'eau s'effectue de trois manières différentes, par filtration, puis par pression et enfin par évaporation.

Ce mode de déshydratation est tout naturel. La pâte liquide cède volontiers une partie de son eau, si l'on donne à celle-ci la facilité de s'écouler, par exemple en la plaçant sur un tamis ou un appareil analogue, sur lequel les fibres sont retenues. Il est évident que de cette façon on ne peut éliminer qu'une partie de l'eau, parce que les fibres, qui sont feutrées, retiennent fortement par capillarité une quantité d'eau assez grande. Si l'on voulait soumettre immédiatement à la dessiccation par évaporation la pâte molle restée sur le tamis, non-seulement la dessiccation serait très-lente, mais encore le papier desséché resterait poreux, peu solide et avec une surface rugueuse et ridée. On évite ces inconvénients en soumettant la pâte molle, qui n'abandonne plus d'eau sur le tamis, à une compression graduellement croissante, et en même temps les fibres se rapprochent les unes des autres et la surface s'aplanit. L'eau qui reste, et qui ne peut pas être enlevée par compression, est éliminée par évaporation (dessiccation).

La première des opérations, à l'aide desquelles on prépare le papier avec le raffiné, est le *puisage*, qui consiste à étendre la pâte liquide en une couche mince sur une surface analogue à un tamis, appelée *forme*, et dans laquelle a lieu par filtration la séparation d'une grande partie de l'eau. Le raffiné en sortant de la pile s'écoule immédiatement dans la *cuve à ouvrir* (ou à *puiser*), dans laquelle sont puisées les feuilles de papier, ou bien on le transporte dans une caisse particulière, la *caisse de dépôt*, où on le conserve jusqu'à ce qu'on le soumette aux opérations ultérieures. La *cuve à ouvrir* est un vase de bois circulaire ou rectangulaire, qui est garni de plaques de

plomb et placé sur des supports. L'ouvrier chargé du puisage, le *puiseur* ou l'*ouvreur*, se tient à côté de la cuve. Transversalement au-dessus de la cuve se trouve une planche étroite, le *trapan*, et, tout près de cette planche et un peu incliné vers elle, le *petit trapan*, qui sert pour pousser rapidement la forme vers le grand trapan. Celui-ci est muni d'un support vertical, l'*égouttoir*, pour appuyer les formes. Le contenu de la cuve est chauffé pendant le puisage.

Un perfectionnement important a été apporté dans la cuve à ouvrir; ce perfectionnement consiste dans l'adjonction à la cuve d'un *épurateur*, qui est destiné, d'une part, à éliminer du raffiné tous les grumeaux qui peuvent s'y trouver, et d'autre part à effectuer régulièrement le remplissage de la cuve à ouvrir avec du raffiné frais. L'épurateur, tel qu'il est employé pour la fabrication du papier à la main, se compose essentiellement d'un tamis cylindrique placé verticalement dans la cuve à ouvrir et dans lequel tourne un arbre à ailettes. A mesure que le raffiné est consommé par le puiseur, une nouvelle quantité est amenée au moyen d'une pompe dans le tamis; le contenu de celui-ci est poussé dans la cuve à travers les trous du tamis par les ailettes de l'arbre et les grumeaux restent dans l'intérieur du cylindre.

Les formes employées pour le puisage du raffiné consistent en un tissu ou treillis de fil de laiton, qui doit être fait de manière à ce qu'il laisse écouler l'eau aussi rapidement que possible, sans laisser passer le raffiné.

On a deux espèces de formes :

1^o Les formes *vergées* ou *vergeures*, dont le treillis est formé de fils placés parallèlement les uns à côté des autres et qui à certaines distances déterminées par des traverses sont unis les uns aux autres par d'autres fils disposés transversalement; comme ces derniers fils se trouvent plus élevés que ceux du fond, ils laissent sur le papier de légères traces, que l'on aperçoit sous forme de lignes claires, lorsqu'on regarde le papier par transparence. Le papier préparé sur ces formes porte le nom de *papier vergé*, qui doit toujours être mis au nombre des espèces de qualité moyenne ou inférieure et pour lequel on exige une surface moins lisse, ce qui rend moins considérables les frais de sa fabrication.

2^o Les formes à *vêlin* ne consistent pas en un treillis comme les formes vergées, mais en un tissu fin de fil de laiton fait sur le métier. Le papier fait avec ces formes, le *papier vêlin*, possède une surface finement granuleuse et plane, qui par le pressage et le satinage peut être rendue parfaitement lisse et à laquelle on peut même communiquer par ces procédés un certain éclat. Vu par transparence, ce papier paraît homogène et il ne présente pas de lignes claires et foncées.

On a coutume de disposer en relief au-dessus du fond dans les formes vergées, de même que dans les formes à vêlin, des fils de cuivre représentant la marque du format ou du fabricant et qui figurent cette marque dans le papier sous forme de lignes fortement transparentes (*filigrane*). Le *couvercle* (*couverte*, *frisquette*) de la forme constitue le bord de celle-ci, et par sa grandeur et sa forme il détermine la grandeur et la forme de la feuille de

papier, et par sa hauteur la quantité de raffiné qui peut tenir sur la forme. Ce que dans la fabrication du papier on désigne sous le nom de *feutre* (ou *flôtre*) n'est pas, comme le feutre des chapeaux, un feutre véritable, mais un tissu de laine grossier, lâche et croisé, qui n'est que faiblement foulé et qui n'est ni lainé ni tordu.

Le service de la cuve à ouvrir est fait par deux ouvriers, le *puiseur* ou *ouvreur*, qui prend avec les formes le papier dans la cuve, et le *coucheur*, qui enlève la feuille de papier ainsi produite et la place entre les feutres ou flôtres, opération que l'on désigne sous le nom de *couchage*. Lorsque la cuve a été remplie de raffiné, on en brasse de temps en temps le contenu avec un râble. Le puiseur saisit avec ses deux mains une forme vers le milieu de l'un de ses côtés étroits, il la plonge obliquement dans le contenu de la cuve, il l'y place horizontalement, il l'en retire, lui imprime plusieurs secousses, afin de favoriser l'écoulement de l'eau et de faire tomber le raffiné en excès, et enfin il la pousse sur le petit trapan. Le puiseur prend ensuite une deuxième forme, qui se trouve toute prête sur le grand trapan, et il puise une deuxième feuille. Pendant ce temps le coucheur place sur le feutre la feuille de la première forme qui a été poussée vers lui. Dans ce but, il appuie obliquement pendant quelques secondes la forme contre l'égouttoir, afin que l'eau s'écoule aussi complètement que possible, il la pose ensuite en la renversant sur le feutre, appuie un peu dessus et l'enlève, et la feuille de papier reste sur le feutre. La forme vide est rendue au puiseur. Le coucheur couvre la première feuille de papier avec un feutre, sur lequel on apporte une deuxième feuille et ainsi de suite. Le puiseur peut faire en un jour environ 5,000 feuilles.

Pressage des feuilles de papier. — Dès que les opérations du puisage et du couchage ont donné une pile d'une certaine hauteur, une *porse*, on pose encore un feutre sur la dernière feuille de papier et par-dessus celle-ci une planche et l'on porte la pile sous la presse. Le nombre des feuilles contenues dans une porse s'élève ordinairement à 181 (on admet que trois porses $181 \times 3 = 543$ feuilles fournissent 20 mains = 480 feuilles de papier collé et 500 feuilles de papier non collé), le pressage a pour effet principal d'augmenter la solidité du papier et de rendre sa surface plus lisse. Si après le puisage on se contentait de sécher le papier, celui-ci serait lâche et spongieux et absorberait l'eau à un haut degré. C'est pourquoi on cherche par le pressage à condenser la masse du papier en même temps qu'on en élimine l'eau.

Séchage du papier. — Il est aisé de comprendre que le papier ne peut pas être dépouillé de toute son eau par le pressage; aussi doit-il être *séché* après avoir été pressé; le séchage s'effectue en suspendant les feuilles sur des cordes dans un milieu convenablement aéré (l'étendoir ou le séchoir). Pour gagner de l'espace on superpose ordinairement deux ou cinq feuilles. Une ouvrière exercée peut en une heure suspendre 800 à 900 couches de 2 à 5 feuilles chacune, par conséquent 1,600 à 4,500 feuilles et retirer des cordes le même nombre de feuilles sèches.

Collage des feuilles de papier. — Les feuilles de papier desséchées, si elles n'ont pas été déjà collées dans la cuve, absorbent l'eau, sont molles et peu solides. Dans cet état le papier s'appelle *papier sans colle* et il ne peut servir que comme papier buvard, papier à filtrer, papier à emballage ou papier à impression. Pour que le papier puisse être employé comme papier à écrire et papier à dessin, il est nécessaire qu'il soit collé. Dans le collage les pores du papier doivent être remplis avec une substance, qui résiste à l'humidité et détruit la capillarité du papier, il faut par conséquent coller ensemble les fibres dont se compose le papier, les unir solidement les unes aux autres et donner ainsi à la feuille de papier une roideur, une solidité et une dureté plus grandes. La colle animale ordinaire ne peut pas remplir ces conditions, parce que lorsqu'elle est sèche elle se ramollit de nouveau si l'on vient à la mettre au contact de l'eau. Mais on détruit cet inconvénient, en ajoutant à la colle un sel soluble d'aluminium, comme l'alun, le sulfate et le chlorure d'aluminium. La colle est ainsi préservée contre une décomposition rapide et modifiée de telle sorte (à peu près comme la peau par les sels d'aluminium employés dans la mégisserie), qu'une fois le papier desséché il n'est ni ramolli ni rendu visqueux par l'eau. Le fabricant de papier prépare lui-même sa colle avec des pieds de mouton et les déchets des tanneries, en faisant bouillir ces matières avec de l'eau, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien; il filtre la dissolution de gélatine ainsi obtenue et ensuite il la mélange avec de l'alun. L'encollage s'effectue de la manière suivante : le colleur prend une poignée de 80 ou 100 feuilles, il les plonge dans la cuve à coller et les écarte avec soin pour les imprégner de colle également. Un bon ouvrier colle en 12 heures de 40 à 50 mille feuilles. Le séchage du papier après l'encollage ne doit être ni trop rapide ni trop lent et il doit avoir lieu dans un milieu aéré.

Apprêt du papier. — Lorsque le papier collé a été pressé et séché, il a encore besoin d'un apprêt avant de pouvoir être livré au commerce. Il n'est pas encore suffisamment plan et lisse et contient à sa surface diverses impuretés, dont quelques-unes sont fortement adhérentes. Aussi est-il nécessaire qu'il soit visité et classé. La première des opérations qui constituent l'apprêt est l'*épluchage*, qui a pour but d'enlever tous les corps étrangers. A ce travail se rattache le triage des feuilles défectueuses. Par suite de l'introduction des épurateurs dans la fabrication du papier, l'épluchage est maintenant beaucoup facilité, il est même devenu inutile dans quelques cas. Les feuilles épluchées sont *comptées et assemblées* : ce travail est si rapide qu'un ouvrier convenablement exercé peut compter en une heure de 8 à 15 mille feuilles. On assemble les feuilles par mains ou demi-mains, 14 feuilles de papier collé ou 25 feuilles de papier non collé font une *main*, 20 mains une *rame* et 10 mains une *balle*. Les mains supérieure et inférieure de chaque rame se composent généralement de feuilles de rebut. On rend aussi plane et aussi lisse que possible la surface du papier par un *pressage* répété et lent, et à chaque fois les feuilles sont placées les unes sur les autres dans une autre direction, opération qui porte le nom

d'échangeage. La plupart des espèces de papier sont terminées après le pressage, il n'y a que les papiers les plus fins (par exemple le papier à lettres) dont la surface soit rendue encore plus lisse par le *satine*. On satine soit à la presse, soit à l'aide d'une sorte de laminoir (*machine à satiner, lisse, sabineuse*).

Principales sortes de papier. — Les différents papiers du commerce se partagent en trois genres principaux :

I. *Papiers à écrire* et *papiers à dessin*; les *papiers à écrire* se divisent à leur tour en trois sortes : le *papier bulle*, qui est la sorte la moins fine, le *grand papier* ou *papier de chancellerie* demi-fin et les sortes les plus fines, le *papier à lettres* et le *papier vélin à écrire* ou *papier vélin à lettres*.

II. Le *papier d'impression*, qui comprend le *papier d'impression* proprement dit, employé par les imprimeurs sous ses différentes formes (papier bulle, papier de chancellerie, papier à lettres et vélin), le *papier à musique*, le *papier pour l'impression en taille-douce* et le *papier de soie*; ce dernier sert pour envelopper des objets d'or et d'argent, pour garantir les gravures en taille-douce, etc.

III. Le *papier buvard* et le *papier d'emballage*. Le *papier buvard* ou *papier brouillard* est toujours sans colle; la sorte la plus fine de ce papier constitue le *papier à filtrer*. Le *papier à emballage* est ordinairement demi-collé, c'est tantôt du papier de paille jaune, tantôt du papier à pains de sucre et du papier à aiguilles, etc.

B. PAPIER A LA MÉCANIQUE.

Fabrication du papier à la mécanique. — La préparation du papier par puisage à l'aide de formes du raffiné mélangé avec de l'eau paraît être une opération si simple et exige en même temps un temps si considérable qu'il vient tout de suite à la pensée d'employer pour ce travail des moyens mécaniques à la place des mains de l'homme. Dans les tentatives que l'on a faites en vue de l'introduction des *machines dans la confection des feuilles de papier*, on a suivi deux voies différentes : dans l'une on a cherché à préparer des feuilles de la grandeur ordinaire d'après un procédé, qui au fond reposait toujours sur l'ancienne méthode de fabrication; dans l'autre voie, et c'est seulement celle-ci qui a conduit au but, on a formé de très-longues feuilles de papier (*papier sans fin*) dont la largeur variait dans certaines limites et qui n'étaient coupées que plus tard en feuilles isolées. Parmi les machines proposées, les *machines à forme droite* ou machines à secousses sont celles qui sont le plus généralement employées, elles sont même les seules convenables pour la fabrication des papiers fins.

Pour produire un ruban de papier continu d'une longueur indéterminée et d'une largeur déterminée, la machine doit effectuer successivement sur la pâte fournie par la pile raffineuse les opérations suivantes :

1° Amener le raffiné à une consistance convenable par délayage avec de l'eau;

2° Le débarrasser des grumeaux à l'aide de l'épurateur ;

3° Au moyen du régulateur, alimenter régulièrement avec le raffiné épuré et réduit en bouillie le réservoir à pâte, de manière à ce que celui-ci verse régulièrement le raffiné sur la forme et qu'il se produise une feuille de papier d'une épaisseur aussi uniforme que possible; le raffiné est versé en un courant uniforme de la largeur du papier à préparer;

4° La pâte ainsi versée est moulée en une feuille à bords parfaitement déterminés;

5° Enlever à la feuille de papier ainsi produite la majeure partie de l'eau, par égouttage, par raréfaction de l'air et par compression;

6° Éliminer le reste de l'eau par la chaleur en faisant passer le papier autour d'un gros cylindre chauffé à la vapeur;

7° Couper à l'aide d'une machine le papier achevé en feuilles de la grandeur du format demandé.

Lorsque le raffiné a atteint le degré de finesse nécessaire on le *délaye* avec de l'eau au moyen d'un *agitateur* de manière à lui donner la consistance convenable. La pâte s'écoule ensuite dans l'*épurateur*. Cet appareil consistait primitivement en un cylindre de laiton fermé par en bas, dont la périphérie était percée de trous très-fins et dans lequel un agitateur tournait avec une grande rapidité. Avec le temps il a subi des modifications essentielles. Une des meilleures machines à épurer, est celle de *Mannhardt et Steiner*, de Munich, à l'aide de laquelle les grumeaux et le sable sont beaucoup mieux retenus que par un grand nombre d'autres dispositions. [L'épurateur *Holson* dit à double effet donne également d'excellents résultats.] Lorsque le raffiné a été débarrassé de toutes les impuretés, il arrive dans la machine à papier. Afin que le réservoir à raffiné soit continuellement alimenté par de nouvelles portions de pâte, comme cela est nécessaire pour que celle-ci soit versée régulièrement sur la forme et pour la production d'une feuille de papier d'une épaisseur aussi uniforme que possible, on se sert du *régulateur*, qui est une partie très-importante dans toutes les espèces de machines à papier.

La *machine à papier* est représentée en coupe verticale dans les deux dessins ci-joints (fig. 267 et 268). A cause de sa longueur, le dessin a été séparé en deux parties. La figure 268 doit par conséquent être considérée comme la continuation de la figure 267. Le mécanisme du mouvement a été omis.

Après que le raffiné a traversé l'épurateur *a*, il coule dans l'auge étroite *a'*, et il est amené par le régulateur à la *forme* de la machine à papier. La forme *a'' a''* est une toile métallique sans fin semblable à la forme à vélin ordinaire, dont la partie supérieure est soutenue dans toute sa largeur par un certain nombre de rouleaux de cuivre creux et ainsi maintenue complètement horizontale. La surface droite de la forme a une longueur de 3 ou 4 mètres et une largeur de 1^m,60. La partie inférieure de la forme *a''* est maintenue par quelques rouleaux de manière à former une ligne brisée à angles obtus. Les rouleaux qui avoisinent le régulateur sont très-près les

uns des autres, dans les autres parties ils sont plus éloignés. La forme a

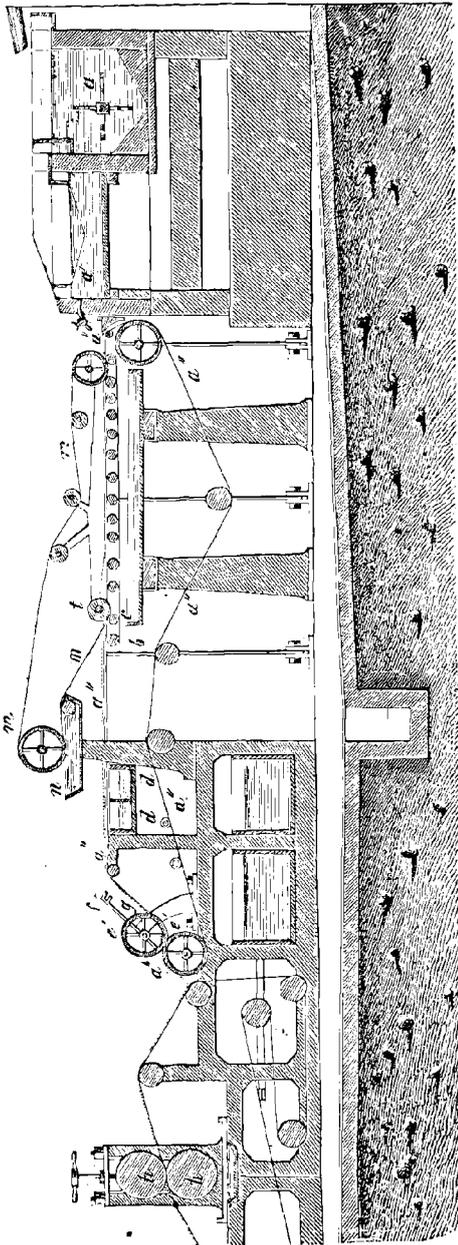


Fig. 267. — Machine à papier.

un double mouvement : d'une part le mouvement de progression suivant la longueur, qui a pour effet de porter plus loin la feuille de papier formée et d'offrir continuellement de nouvelles parties vides de la toile métallique au raffiné qui coule dessus ; d'autre part elle reçoit un mouvement latéral de va-et-vient pour faciliter l'écoulement de l'eau de la pâte étendue sur la forme, ainsi que la répartition uniforme de la masse elle-même (c'est à cause de cela que l'on donne aussi à cette machine le nom de *machine à secousses*). Afin de pouvoir préparer, si on le désire, du papier moins large que la largeur qui correspond à la forme, celle-ci est munie supérieure-ment de deux règles parallèles, à l'aide desquelles on peut limiter un espace, qui ait la largeur du papier à fabriquer. Pour régler l'épaisseur de la couche de papier, il y a à l'endroit (ou près de celui-ci) où arrive le raffiné sur la forme deux règles de laiton placées transversalement au-dessus de celle-ci et dont

les angles inférieurs se trouvent à une faible distance de la surface de la

forme. Des deux côtés de la forme se trouvent des courroies de cuir *m*, *m* destinées à rendre lisses et droits les bords de la feuille de papier. Ces cour-

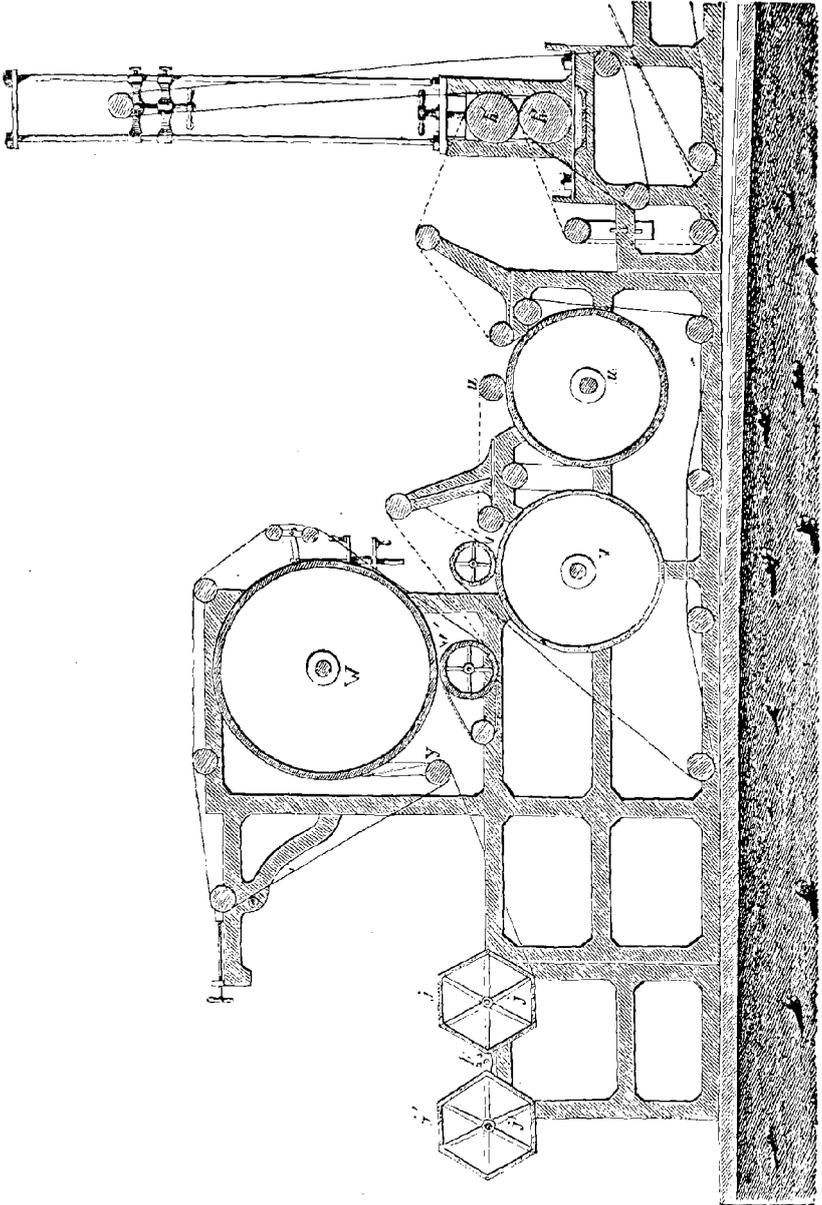


Fig. 208. — Machine à papier.

roies enlèvent toutes les irrégularités du bord. Elles sont lavées dans le vase *n* contenant de l'eau et ainsi débarrassées de toute la pâte qui y adhère.

Le raffiné, qui du réservoir *a'* s'écoule sur la forme donne immédiatement naissance, en se déposant sur la toile métallique, à une couche peu cohérente, et l'eau en excès traverse le tissu et tombe dans la cuvette *c* qui se trouve au-dessous. En *t*, la courroie se relève pour retourner en arrière et en même temps détache un peu la feuille de papier de la forme. Bien que la feuille qui avance toujours ait abandonné une grande partie de son eau, il s'en faut de beaucoup qu'elle soit assez solide pour pouvoir se diriger vers le cylindre compresseur après avoir abandonné la forme. C'est pourquoi on a recours à la déshydratation à l'aide de la pression atmosphérique, et dans ce but on produit un vide au-dessous de la forme quelques instants avant que la feuille de papier l'abandonne. Primitivement, on chercha à produire ce vide au moyen de ventilateurs; plus tard, on atteignit le but plus complètement à l'aide d'une pompe pneumatique ou d'un *aspirateur* (appareil à cloche), qui est préférable à la pompe pneumatique ordinaire. L'aspirateur se compose de trois vases en forme de cloches, plongeant par leur ouverture inférieure dans un réservoir plein d'eau, et qui en s'élevant l'un après l'autre aspirent de l'air, qui lors de leur abaissement fait ouvrir une soupape à travers laquelle il s'échappe dans l'atmosphère. L'appareil *a*, par conséquent, de l'analogie avec un soufflet à caisse ou à cloche de *Baader*, mais avec cette différence qu'il agit en sens inverse. La caisse *dd*, au-dessus de laquelle passe, dans toute sa largeur, la feuille de papier encore spongieuse et dont l'intérieur est en communication avec l'aspirateur, est ouverte par en haut et dans ses autres parties parfaitement hermétique; elle a 0^m,50 à 0^m,60 de largeur et une longueur égale à celle de la largeur de la forme; ses bords sont recouverts de cuir afin que la toile métallique la ferme hermétiquement. Lorsque la feuille de papier a dépassé la boîte et à l'endroit où elle abandonne la forme pour pénétrer entre les rouleaux compresseurs, elle est encore condensée et exprimée au moyen d'un cylindre *e'* en toile métallique, auquel correspond un autre cylindre sous-jacent. Ces cylindres, nommés *égoutteurs*, n'ont cependant pas pour objet principal de déshydrater le papier, ils sont plutôt destinés à lui donner l'aspect du papier ouvré et vergé et à y imprimer le filigrane. Une râclette fixée à l'égoutteur sert à le tenir propre. La feuille de papier est maintenant assez déshydratée et condensée pour qu'elle puisse continuer sa route sans la forme, qui retourne à vide. En quittant la forme, elle passe d'abord sur un feutre qui la conduit à la *presse humide hh*, composée de deux cylindres en fonte qui, à l'aide d'une vis de pression ou de leviers portant des poids, peuvent être rapprochés l'un de l'autre. L'un des cylindres de fonte agit immédiatement sur le papier, et donne déjà au côté tourné vers lui un certain degré de lissure. Afin que le côté tourné vers le feutre subisse aussi la même action, la feuille de papier portée sur un feutre passe encore entre deux autres cylindres *h' h'*. Les deux paires de cylindres sont munies de râclettes et d'auges pour recevoir l'eau exprimée. C'est ici que se termine la déshydratation par expression. L'élimination des dernières portions de l'eau s'effectue par dessiccation à la *presse sèche*. Celle-ci se compose de gros cylindres

en fonte, u , v , w , dans l'intérieur desquels on introduit de la vapeur d'eau à environ 130° , afin de les chauffer à la température de l'ébullition de l'eau. A ces cylindres correspondent les rouleaux compresseurs u' v' w' ; chaque paire de cylindres est munie d'un feutre qui a pour fonction de mettre le papier en contact très-intime avec le cylindre sécheur. Le papier est desséché dans la presse sèche par la chaleur de la vapeur d'eau et il est aussi lissé, d'abord d'un côté et ensuite de l'autre. Pendant son passage de la deuxième presse sèche à la troisième, le papier est très-légèrement humecté par la vapeur d'eau qui s'élève lors du séchage par les cylindres supérieurs, ce qui lui communique ce degré de mollesse qui assure un lissage convenable. Toutefois l'action de la presse w w' n'est pas aussi marquée que celle de vv' , qui reçoit la feuille de papier dans un état plus humide et par conséquent plus malléable. C'est dans cette circonstance que l'on doit chercher la raison de ce fait, que généralement le côté du papier qui a été lissé le premier est notablement plus lisse que l'autre. Le papier achevé abandonne le feutre sous le rouleau y et il passe sur le dévidoir à six pans j , par la rotation duquel il est enroulé. Lorsque ce dévidoir est chargé, ce qui exige environ soixante rotations, on coupe la feuille de papier, on fait basculer le levier k ; on fait ainsi passer à la place du premier le second dévidoir j' sur lequel on fait enrouler le papier. Lors de son passage de la presse sèche sur le dévidoir, la feuille de papier est divisée par des sections longitudinales, de manière à ce que sa largeur soit décomposée en plusieurs parties, et que par suite elle sorte séparée en feuilles plus étroites que sa largeur totale et qui s'enroulent les unes à côté des autres.

Machines à couper le papier. — Le papier fabriqué sur la machine est livré au commerce en longues feuilles roulées, notamment s'il doit être employé pour la fabrication des tapisseries, pour dessiner, etc., ou bien on le coupe en feuilles suivant les besoins du format. Pour le coupage, on emploie quelquefois un grand couteau à main. Dans ce cas, il est nécessaire que l'étendue de la périphérie du dévidoir soit, par raccourcissement ou allongement de ses bras, réglée de telle sorte que chaque tour fournisse un certain nombre de feuilles de papier avec le moins de déchet possible. Lorsqu'un dévidoir de cette sorte est chargé de papier, on coupe transversalement la masse de papier qui s'y trouve suivant une ligne droite parallèle à l'axe du dévidoir et on l'étend sur une table. On place ensuite par-dessus une forte planche de la grandeur d'une feuille, on appuie sur cette planche avec une certaine force et on coupe le papier en suivant les bords de la planche. Mais maintenant, on se sert généralement pour le coupage du papier de machines spéciales (*machines à couper le papier*), qui font partie de la machine à papier ou qui fonctionnent à part. Le papier assemblé par mains ou par rames est encore rogné sur les bords; pour ce dernier usage on emploie, surtout en Angleterre, différentes machines, les *machines à rogner* ou *rogneuses*.

C. CARTONS ET AUTRES PAPIERS.

Fabrication du carton. — Les feuilles de pâte de papier, connues sous le nom de *carton*, peuvent être obtenues de quatre manières différentes : 1° par puisage de feuilles de l'épaisseur du carton à préparer, — *carton de puisage* ou *de moulage*; 2° en réunissant par pressage des feuilles de papier achevé, — *carton de couchage*; 3° en collant les unes sur les autres des feuilles de papier achevé, — *carton de collage*; 4° à l'aide de machines à carton analogues aux machines à papier, — *carton à la mécanique*.

1° Le *carton de puisage* ou *de moulage* est la moindre qualité, qui n'est employée que pour la confection d'objets ordinaires et pour l'emballage. Comme matière première, on emploie les chiffons qui ne conviennent pas pour la fabrication du papier, les rognures des relieurs, les déchets des fabriques de papier, le vieux papier et d'autres matières analogues, et depuis quelque temps surtout la pâte de bois. Les chiffons sont coupés et ensuite transformés en une pâte grossière dans le moulin à papier; les déchets de papier sont ramollis dans l'eau, puis finement triturés. Ordinairement on ajoute à la pâte achevée, avant de procéder au puisage, de l'argile ou de la craie, dont la quantité s'élève quelquefois jusqu'à 25 0/0 du poids du carton. Le puisage s'effectue à l'aide de formes vergées, qui contiennent d'autant plus de pâte que leur couvercle est plus haut. Le couchage et le pressage entre les feutres, et sans ceux-ci, se font de la même manière que pour la préparation des feuilles de papier. Comme les feuilles de carton ne doivent pas, comme la feuille de papier, être pliées lors du séchage, on les suspend à des cordes à l'aide de petits crochets, que l'on enfonce dans l'un des angles du carton, ou bien on les pose à plat sur ces cordes. Lorsque le temps est favorable, on peut aussi les étendre sur le gazon. Lorsque le carton est sec, on le presse, puis on le passe au laminoir. Le carton ainsi obtenu est peu solide et extrêmement mou, parce que la déshydratation des feuilles épaisses par égouttage sur la forme n'a lieu que très-incomplètement. A cause de la difficulté d'étendre uniformément sur la forme une masse de pâte aussi grande, il n'est pas possible de donner au carton partout la même épaisseur et une surface lisse. Depuis quelque temps on prépare aussi, à l'aide de machines, le carton sous forme de rouleaux (*carton en rouleaux* ou *carton sans fin*) de 0^m,6 à 1 mètre de largeur et de 20 mètres et plus de longueur.

2° Le *carton de couchage* est préparé avec de meilleures matières que le carton de moulage. Les formes employées pour le puisage sont tout à fait semblables à celles dont on se sert dans la fabrication du papier. La confection du carton elle-même ne diffère de celle du papier que parce que, lors du couchage du carton, on commence toujours par placer les unes sur les autres, sans aucun intermédiaire, quelques feuilles de l'épaisseur d'un papier fort, avant de placer un feutre par-dessus. Relativement au couchage du carton, il y a deux manières de procéder : d'après la première, on pose d'abord une feuille sur le feutre, puis on couche les autres

isolément les unes sur les autres, jusqu'à ce qu'on ait atteint l'épaisseur nécessaire. D'après la seconde, le coucheur prend la forme couverte d'une feuille, et il la tient jusqu'à ce que le faiseur ait fait avec une autre forme une deuxième feuille; il retourne ensuite la première forme, la pose sur la seconde et presse les deux formes l'une contre l'autre. Lorsqu'on enlève la forme supérieure, les deux feuilles restent sur l'inférieure; avec la forme vide, on fait une nouvelle feuille et l'on répète l'opération. Lorsqu'on a de cette façon superposé un certain nombre de feuilles, on les couche sur un feutre et l'on place par-dessus un autre feutre. Le dernier procédé offre cet avantage que, sous l'influence de la pression des deux formes, une grande quantité d'eau est déjà éliminée avant que les feuilles soient placées entre les feutres. Les feuilles appliquées (couchées) les unes sur les autres, au nombre de 6 à 12, sont réunies complètement par le pressage ultérieur. Le *carton à glacer* (carton de presse) que l'on emploie pour l'apprêt du drap, dans l'imprimerie pour le pressage et le glaçage des feuilles imprimées, et pour d'autres usages, est une espèce de carton de couchage très-dur et très-dense. La pâte de ce carton est collée dans la cuve. On y ajoute fréquemment de la pâte de bois et de la chaux. Dans l'intérieur du carton à glacer, on met des feuilles de papier d'une pâte plus grossière.

5° Le *carton de collage* (papier de trace) se prépare en collant les unes sur les autres 2 ou 15 feuilles de papier collé; on emploie ordinairement dans ce but de l'empois d'amidon. Les feuilles collées ensemble sont pressées et quelquefois aussi satinées. Plusieurs sortes de carton à glacer, ainsi que le *papier Bristol* ou *Isabelle*, qui est employé pour peindre en miniature à l'aquarelle, appartiennent à cette espèce de carton. On prépare les espèces inférieures de carton de collage avec du papier d'impression ordinaire non collé, sur la surface duquel on ne met qu'une couche de papier collé. Le *carton-pierre*, employé fréquemment depuis quelque temps pour confectionner des ornements en relief, est fait avec du raffiné, une solution de gélatine, du ciment pulvérisé, de l'argile et de la craie ou du blanc de baryte.

4° Le *carton à la mécanique*, préparé avec de la pâte de carton sur des machines à cylindres analogues aux machines à papier, tend de plus en plus à supplanter le carton fabriqué par puisage et couchage.

Le *papier mâché*, comme celui qui est employé pour faire des boîtes, des têtes de poupées, les figures de *Fleischmann* (de Nuremberg), les formes à sucre, les cellules pour batteries galvaniques, etc., est obtenu de différentes manières. Ordinairement on prépare avec du vieux papier, que l'on fait bouillir dans l'eau, une pâte qui, après avoir été débarrassée de l'eau en excès par expression, est mélangée avec une solution de gélatine, de la gomme ou de l'empois d'amidon, et ensuite comprimée dans des moules huilés. Après la dessiccation, les objets moulés sont imbibés d'huile de lin et ensuite cuits à une haute température. Le plus ordinairement on mélange la pâte de papier avec du sable, de l'argile, de la craie ou du spath pesant. — Une autre espèce de papier mâché se compose de feuilles de papier qui ont

été collées les unes sur les autres avec un mélange de gélatine et d'empois. On emploie alors fréquemment des modèles ou des moules de bois, sur lesquels on colle les unes après les autres des feuilles de papier. Lorsque la dessiccation est complète, les objets sont tournés, rabotés, etc., sur les moules, et ensuite vernis. *W. Lockheed* (1874) a proposé récemment de convertir l'asbeste en bouillie, afin de la faire entrer dans la pâte du papier mâché.

Le carton pour toiture ou carton bitumé est du carton (généralement du carton en rouleaux) qui a été imbibé avec du goudron de houblon bouillant ou avec un mélange de goudron et de poix, puis poudré avec du sable après l'imbibition et séché à l'air; on l'emploie principalement pour couvrir provisoirement des bâtiments, ainsi que comme couverture d'établissements industriels et agricoles.

On fabrique maintenant en Suède beaucoup de carton sans fin (carton en longues feuilles) pour le revêtement intérieur des appartements.

Papiers de pâte colorée. — Les papiers colorés dans toute leur masse sont préparés de deux manières : ou bien on emploie des chiffons de couleur (*papiers colorés naturellement*, comme le papier brun d'emballage), ou bien on colore dans la cuve le raffiné préparé avec des chiffons demi-blancs (*papiers colorés dans la pâte*, comme le papier à sucre et le papier à épingles). Pour la fabrication des derniers, on prend des substances suivantes pour 50 kilogr. de pâte sèche :

Jaune.	{	2,5 kilogr. d'acétate de plomb,
	{	0,45 — de bichromate de potassium;
Bleu	{	2,5 — de sulfate de fer,
	{	1,5 — de ferrocyanure de potassium;
Vert	{	3,0 — de bleu,
	{	1,05 — de jaune;
Violet.	{	1,05 — d'extrait de bois de Campêche;
Rose	{	6,0 — d'extrait de bois de Lima;
Chamois.	{	3,0 — de vitriol double,
	{	3,0 — de chlorure de chaux.

On emploie maintenant fréquemment les couleurs de goudron pour colorer la pâte du papier; pour produire le bleu, on se sert presque exclusivement de l'outremer et du bleu d'aniline soluble dans l'eau. Dans la fabrication du papier de couleur (coloré seulement à la surface) on prépare des dissolutions de matières colorantes minérales, chimiques ou végétales, d'après les règles de la teinture (*couleurs de sève, couleurs liquides*), ou bien on broie des couleurs terreuses fines (*couleurs opaques*) avec un liquide collant (empois d'amidon, solution de gomme arabique, de dextrine ou de gélatine mélangée avec de l'alun), et à l'aide d'une éponge ou d'une brosse on étend ces liquides sur le papier, si un seul côté doit être coloré, ou bien on trempe la feuille de papier dans la couleur. Pour le papier de couleur façonné on procède comme dans l'impression des tissus et l'on

emploie aussi des presses analogues. La fabrication du *papier de couleur* et des *tapisseries* forme maintenant une branche d'industrie importante, dont la description ne peut pas rentrer dans le cadre de cet ouvrage.

Papiers divers. — Le papier gris à aiguilles ou contre la rouille, connu sous le nom de *papier de graphite* et qui sert comme papier d'emballage pour envelopper les aiguilles à coudre et à tricoter et d'autres petits objets en acier et en fer, qu'il doit préserver de la rouille, est du papier à la main, dans la pâte duquel on introduit de la poudre de graphite un peu avant de procéder au puisage. — [Le *papier brouillard* (ou demoiselle), fabriqué spécialement à Pont-Audemer et à Essonnes, est fait avec des filets de pêche; il est rougeâtre ou noir. — Le *papier serpent* est un papier mince sans colle, blanc ou coloré, avec lequel on couvre les gravures et on fabrique les fleurs. — Le *papier pelure d'oignon*, ainsi appelé à cause de sa grande minceur, est préparé avec du chiffon pur. — Le *papier à filtrer* est fabriqué avec des chiffons de lin ou de chanvre blanchis, épurés à l'acide chlorhydrique et réduits en pâte à l'eau distillée; le *papier Berzelius*, qui est la meilleure sorte, vient de Suède. — Le *papier à calquer* ou *papier végétal* est fait avec de la filasse de lin ou de chanvre prise en vert et non blanchie; les fabriques d'Annonay (Ardèche) et de Saint-Marcel (Drôme) fournissent les meilleures sortes. — Le *papier de Chine* se prépare avec l'écorce du bambou ordinaire (*Bambusa arundinaria*); il est très-doux, très-soyeux, peu épais et très-tenace. — Au Japon, on fabrique avec l'écorce du *Kadzi* ou *Broussonetia papyrifera* un papier souple, élastique, résistant et se drapant comme une étoffe; il se fait en blanc ou bien en couleur ou avec dessins imprimés et est alors employé pour confectionner des robes, des cravates, des rideaux et une foule d'autres objets. — Enfin, en Chine on obtient le *papier de riz* en découpant en spirales la moelle du *toung-tsaou* ou *Aralia papyrifera*.]

Papier parchemin. — Le *papier parchemin* possède dans la plupart de ses propriétés une telle analogie avec une membrane animale, qu'il a été nommé avec raison *parchemin végétal*. Il est produit par l'action de l'acide sulfurique ou d'une solution de chlorure de zinc sur le papier non collé. Si l'on emploie l'acide sulfurique, la dilution la plus convenable est la suivante : 1 kilogr. d'acide sulfurique anglais concentré et 125 gr. d'eau. Dans cet acide on trempe le papier de manière qu'il soit uniformément humecté des deux côtés. Le temps pendant lequel on doit faire agir l'acide sur le papier dépend de la qualité de celui-ci. Plus le papier est épais ou plus il est dense, plus doit être longue l'action de l'acide. Le temps pendant lequel les espèces de papiers non collés du commerce doivent être soumises à l'action de l'acide pour que leur transformation soit complète est au minimum de 5 secondes et au maximum de 20. Lorsque l'acide a agi suffisamment longtemps, on met le papier dans l'eau froide, puis dans l'ammoniaque étendue et encore dans l'eau, afin d'éliminer tout l'acide, et enfin on le dessèche. Lorsque le papier parchemin se dessèche spontanément, il se crispe et prend une mauvaise apparence. Pour éviter cet inconvénient on emploie le procédé suivant : Une machine à vapeur fait passer le papier sans

fin d'abord à travers une cuve contenant de l'acide sulfurique, puis à travers de l'eau, de l'ammoniaque, et encore de l'eau, ensuite sur un rouleau de drap, afin de le dépouiller d'une partie de l'eau, et enfin sur des cylindres polis et chauffés par lesquels il est pressé et lissé.

Le papier parchemin bien préparé possède la même couleur et la même translucidité que le parchemin animal, il s'est aussi modifié dans sa structure, qui de fibreuse est devenue cornée, et au point de vue de la cohésion, de la souplesse, de l'hygroscopicité, etc., il a beaucoup d'analogie avec le parchemin ordinaire. Plongé dans l'eau, il devient mou et flasque, mais sans perdre de sa solidité. Il ne se laisse traverser par les liquides que par dialyse. Lorsqu'on le fait bouillir dans l'eau, il n'est pas altéré; il ne se putréfie pas. Ces propriétés rendent le papier parchemin propre à différents usages : ainsi on l'emploie pour les diplômes, les documents, les papiers de valeur et en général pour toutes les pièces qu'il importe de conserver. Comparé au parchemin ordinaire, le papier parchemin possède cet autre avantage qu'il est beaucoup moins exposé que le premier à être attaqué par les insectes. En outre, les caractères que l'on y trace ne peuvent être que difficilement effacés et ne peuvent pas être remplacés par d'autres, ce qui garantit contre toute espèce de falsification. La solidité et l'inaltérabilité du papier parchemin le rendent particulièrement propre pour la confection des plans et des dessins, notamment des dessins architecturaux, qui souvent sont exposés à l'humidité. Le papier parchemin peut en outre être employé pour la reliure des livres, la confection des cartonnages, comme succédané du cuir (par exemple, pour garnir l'intérieur des chapeaux et des bonnets, afin de les préserver contre l'action de la sueur). Les livres, les cartes, etc., destinés à l'usage des écoles, peuvent être imprimés sur papier parchemin, afin qu'ils soient plus durables. A la place des vessies, il convient pour fermer les vases contenant des fruits confits, des extraits, des sirops, etc., pour unir les pièces des appareils distillatoires et autres, pour faire des boyaux à saucisses artificiels. Pour coller le papier parchemin on se sert d'une solution de cellulose dans l'ammoniaque de cuivre. En chirurgie on l'emploie à la place du linge, de la toile cirée et de la gutta-percha, pour le pansement des plaies à suppuration fétide.

Production du papier. — La production du papier, préparé en Europe dans environ 3,000 fabriques, s'élève maintenant (1875) par an à 900,000,000 de kilogrammes. Dans les États les plus importants l'industrie du papier se répartit de la manière suivante :

	FABRIQUES.	MACHINES A PAPIER.	CUVES.	PRODUCTION.
Allemagne.	600	540	291	180,000,000 kilog.
Angleterre.	569	420	253	180,000,000 —
France.	654	510	560	150,000,000
Autriche	214	186	123	80,000,000
Russie.	112	98	98	50,000,000
(États-Unis	570	750	170	165,000,000)

[En France on fabrique du papier dans 71 départements ; cette indus-

trie a donné lieu, en 1875, à un chiffre brut d'affaires de près de 100 millions de francs. Les départements qui occupent le premier rang sont ceux de l'Isère (Rives), de la Charente (Angoulême), de Seine-et-Marne, de Seine-et-Oise (Essonne), du Pas-de-Calais (Saint-Omer), des Vosges (Souche, près St-Dié), de l'Ardèche (Annonay) et du Calvados (vallée de la Vire). La valeur du papier importé en 1875 a été de 2,258,846 francs, celle des papiers et cartons exportés pour l'étranger et l'Algérie s'est élevée à 24,871,416 francs.]

AMIDON ET FÉCULE.

Généralités. — Le grain d'amidon, une des substances les plus répandues du règne végétal, se présente toujours sous une forme organisée et se compose de substance amylacée (amidon, fécule), d'eau et d'une petite quantité de matières minérales. De toutes les combinaisons organiques l'amidon est celle qui, au point de vue chimique et morphologique, se rapproche le plus de la cellulose; sa composition est la même $C^6H^{10}O^5$. Par suite de son peu de cohésion, l'amidon peut être transformé avec facilité par les agents chimiques et physiques en *amidin* (amidon soluble, dextrine) et en sucre, et il devient pour cette raison une des substances les plus importantes au point de vue industriel. L'amidon se rencontre presque constamment à l'état de grains ou de globules de forme et de grandeur déterminées. Le grain d'amidon n'est pas complètement homogène, mais se compose de couches nombreuses superposées, qui en général renferment d'autant plus d'eau qu'elles sont situées plus intérieurement (*Nägeli*). La partie la plus intérieure du grain constitue ordinairement une cavité remplie d'air, autour de laquelle les couches semblent être déposées. En général, les parties les plus épaisses des différentes couches sont toutes placées dans une même direction; si les couches sont partout également épaisses, les grains restent sphériques; si elles sont plus épaisses dans la zone équatoriale, le grain d'amidon prend la forme lenticulaire, etc. Au microscope, les limites des couches paraissent sous forme de lignes plus ou moins nettement dessinées et entourant la cavité centrale. Le poids spécifique de l'amidon = 1,55.

Payen et *J. Wiesner* ont déterminé les plus grandes dimensions des grains d'amidon; le premier les a indiquées en millièmes de millimètre, le second en millimètres. Nous extrayons de leurs recherches les exemples suivants :

	PAYEN.	WIESNER.
Tubercules de pommes de terre.	140 — 185	0,06 — 0,10
Maranta indica.	140	0,01 — 0,07
Fèves.	74	0,035 — 0,059
Sagou.	70	0,065
Lentilles.	67	0,033
Pois.	50	0,057
Froment.	70	0,283
Orge.	»	0,0205
Seigle.	»	0,0369
Riz.	»	0,022
Avoine.	»	0,051
Sarrazin.	»	0,009
Maïs.	30	0,020

La figure 269 montre (d'après *Schleiden*) des grains de fécule de pommes de terre, la figure 270 des grains d'amidon de froment. A cause de la grosseur de ses grains, la fécule de terre forme une poudre un peu moins fine que l'amidon de froment.

Propriétés de l'amidon. — L'amidon ordinaire séché à l'air contient encore environ 18 p. 0/0 d'eau. Dans cet état, bien qu'il soit pulvérulent, il possède encore une grande tendance à se réunir en balles. Conservé à l'air humide, l'amidon contient environ 55,5 p. 0/0 d'eau. Il est complètement insoluble dans l'eau froide, dans l'alcool, dans l'éther et dans les huiles grasses et essentielles. A la température de 160°, l'amidon ordi-



Fig. 269. — Grains de fécule de pommes de terre.

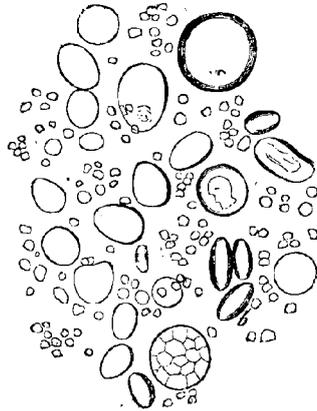


Fig. 270. — Grains d'amidon de froment.

naire se transforme en dextrine. Si on le chauffe jusqu'à 55° avec 12 ou 15 fois son poids d'eau, il ne subit aucun changement appréciable; à 55 ou 58° les jeunes grains d'amidon commencent à se gonfler, et plus la température s'élève, plus est grand le nombre des grains qui éprouvent cette altération; à une température plus élevée le liquide s'épaissit (pour la fécule de pommes de terre à 62°,5, pour l'amidon de froment à 67°,5, d'après *Lippmann*) et produit alors l'*empois*, dont la consistance augmente jusqu'à 100°. L'*empois* se produit par suite de la rupture des couches qui forment le grain d'amidon et de l'absorption de l'eau par la masse spongieuse. L'*empois* ne contient pas d'amidon dissous; on peut lui enlever l'eau avec du papier à filtrer ou par congélation. La transformation des grains d'amidon en *empois* est favorisée par l'emploi de la vapeur d'eau à haute tension (sur ce fait repose l'*appareil à empâter dans le vide* introduit par *Hollefreund* dans la fabrication de l'alcool). Lorsqu'on fait bouillir l'amidon pendant longtemps avec de l'eau, il se dissout; une partie d'amidon se dissout dans 50 parties d'eau, par le refroidissement de la dissolution il s'en sépare environ la moitié sous forme d'*empois*. L'amidon est coloré en bleu ou en violet par l'iode. L'amidon sec a un poids spécifique de 1,55, aussi se dépose-t-il fa-

cilement dans l'eau. Les alcalis et les acides étendus produisent même à froid le gonflement et la destruction partielle des couches des grains d'amidon. L'amidon peut être complètement dissous par l'action de l'eau bouillante, qui contient 2 pour 1,000 d'acide oxalique en dissolution. De la dextrine est contenue dans la solution. L'amidon se dissout également avec formation de dextrine, si on le met en contact avec de l'extrait de malt (appelé diastase) ou des acides étendus. Sous l'influence de la salive, des acides organiques et de différents autres dissolvants, l'élément principal des grains d'amidon (appelé *granulose* par *Nägeli*) est enlevé, et il reste des cellules minces correspondant aux couches et composées de cellulose. Par l'action longtemps continuée de l'extrait de malt et des acides, l'amidon se transforme en sucre de fécule (dextrose, glucose)⁴. L'amidon se dissout à froid dans l'acide azotique concentré; l'eau précipite de cette dissolution une combinaison explosible, la *xyloïdine* (que récemment *Uchatius* a essayé d'introduire dans l'industrie comme *poudre blanche*). Lorsqu'on chauffe de l'amidon avec de l'acide azotique concentré, il se forme de l'acide oxalique et en même temps il se produit un vif dégagement de vapeurs rouges. L'empois d'amidon abandonné à l'air devient peu à peu acide en donnant naissance à de l'acide lactique.

Matières premières de la fabrication de l'amidon. — Il n'y a qu'un petit nombre de plantes qui contiennent l'amidon en assez grande quantité pour qu'il puisse en être extrait avec avantage; ces plantes sont: les pommes de terre (20 0/0 d'amidon), le froment (55 à 65 0/0), le riz (70 à 75 0/0), la racine de *Jatropha manihot*, la racine du *Maranta arundinacea*, la moelle de certains palmiers, le *Canna coccinea* (nommé *tous les mois*, à cause de sa floraison mensuelle). En France et en Allemagne, on ne prépare l'amidon qu'avec les pommes de terre, le riz et le froment; lorsqu'on se sert du froment, on a à séparer l'amidon d'une grande quantité de gluten, tandis que pour les pommes de terre la fécule est renfermée dans des cellules qui ne contiennent qu'une très-petite quantité d'autres substances.

Extraction de la fécule de pommes de terre. — Les *pommes de terre* constituent la matière première la plus importante de la fabrication de l'amidon. Leur composition moyenne est la suivante:

	Tubercules frais.	Tubercules desséchés à 100.
Eau.	75,1	—
Albumine	2,5	9,6
Matière grasse.	0,2	0,8
Cellulose.	0,4	1,7
Sels.	1,0	4,1
Fécule.	21,0	85,8
	100,0	100,0

⁴ D'après les recherches effectuées par *Musculus* pendant plusieurs années (1860-1870) sur la formation du sucre aux dépens de l'amidon, celui-ci se dédoublerait directement, en absorbant de l'eau, en dextrose et en dextrine, tandis qu'autrefois on admettait que l'amidon se transformait tout d'abord en son isomère, la dextrine, et que celle-ci passait à l'état de dextrose en absorbant de l'eau. L'exactitude des indications de *Musculus* a été récemment (1872) confirmée par les travaux de *E. Schulze* et *Märker*.

Elles contiennent 25 0/0 de substance sèche, ou 23 0/0 de substance insoluble et 77 0/0 de suc.

Dans les pommes de terre, les grains de fécule sont renfermés dans des cellules qui doivent être déchirées lorsqu'il s'agit de fabriquer la fécule. La figure 271 montre (d'après *Schleiden*) une coupe mince d'une pomme de terre fraîche et saine, vue au microscope. Du côté externe se trouvent quelques couches de cellules brunâtres aplaties, qui se détachent quelquefois sous forme de lambeaux *a*; elles constituent l'épiderme. A l'épiderme se rattachent les *cellules de la première écorce b*, qui quelquefois offrent un contenu finement granuleux, mais qui, le plus souvent, ne renferment qu'un liquide clair. En pénétrant plus avant dans l'intérieur, on rencontre les *cellules corticales externes c*, puis les *cellules corticales internes d*, avec lesquelles se confondent les *cellules médullaires e*. Dans les

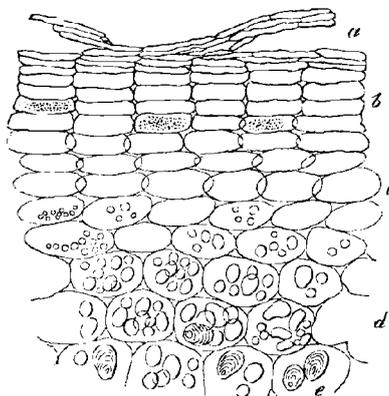


Fig. 271. — Coupe d'une pomme de terre vue au microscope.

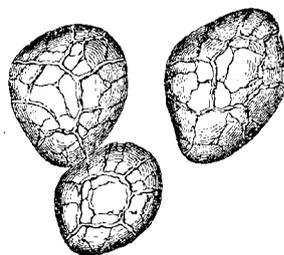


Fig. 272. — Cellules de la pomme de terre séparées par cuisson.

cellules médullaires on rencontre les grains de fécule au nombre de 15 à 20. Dans les cellules les plus externes il n'y a presque rien que des petits grains, et il en est de même dans les tubercules tout à fait jeunes; les grains semblent croître avec la pomme de terre. Lorsqu'on fait cuire une pomme de terre, les cellules se séparent les unes des autres (les pommes de terre deviennent farineuses) (fig. 272). Les grains de fécule se gonflent dans chaque cellule et remplissent l'espace jusqu'aux bandelettes réticulées, formées par l'albumine coagulée du suc des cellules.

La fabrication de la fécule comprend les opérations suivantes :

- 1° Râpage des pommes de terre nettoyées;
- 2° Tamisage de la pulpe sous l'influence d'un courant d'eau;
- 3° Épuration et dessiccation de la fécule.

Les pommes de terre sont nettoyées et ensuite portées dans une trémie, d'où elles tombent peu à peu sur la râpe. La râpe se compose, dans les

anciennes fabriques, de cylindres de bois garnis de lames de fer, dont la moitié inférieure plonge dans l'eau, afin d'enlever la pulpe adhérente aux lames. Depuis quelque temps on se sert généralement, pour le râpage des pommes de terre, de la râpe de *Thierry*, munie de dents de scie, comme celle qui est usitée dans les fabriques de sucre de betteraves pour le râpage de celles-ci. Les scies fixées sur le cylindre doivent avoir des dents plus courtes que les scies employées pour le râpage des betteraves, afin que toutes les cellules soient déchirées et que la fécule, mise à nu, puisse être immédiatement entraînée par un simple lavage et un léger frottement. Le travail de la machine à râper est d'autant plus parfait, que toutes les cellules sont plus complètement ouvertes, et que, par contre, elles sont moins transformées en fragments. On communique aux cylindres une vitesse de 600 à 900 tours par minute. Un cylindre du diamètre de 0^m,50, et dont la longueur des scies est égale à 0^m,40, peut avec 800 rotations par minute convertir en pulpe de 14 à 15 hectolitres de pommes de terre en une heure. La pulpe tombe immédiatement dans l'appareil de tamisage.

Parmi les appareils employés pour enlever par lavage l'amidon de la pulpe de pommes de terre, le tamis cylindrique était autrefois le plus en usage. Cet appareil se composait essentiellement d'un tamis métallique rond, dans lequel tournait lentement une paire de brosses qui broyaient, au milieu d'un courant d'eau continu, la pulpe de pommes de terre contenue dans le tamis, jusqu'à ce que l'eau s'écoulât parfaitement claire; le résidu était ensuite enlevé et de nouvelle pulpe introduite dans le tamis. L'eau de lavage, qui tient en suspension les grains d'amidon, est conduite dans une cuve de dépôt. Bien que ce procédé soit assez simple, il offre cependant plusieurs inconvénients graves qui s'opposent à son emploi. Ainsi le lavage n'est pas du tout complet, et il reste dans la pulpe une quantité assez considérable de fécule; en outre, le tamisage n'a pas lieu d'une manière continue, l'enlèvement de la pulpe épuisée et le changement du tamis exigent beaucoup de temps. Dans l'appareil à tamisage continu de *Lainé*, la perte en fécule est autant que possible évitée, parce qu'on effectue le lavage de la pulpe pendant longtemps sans interruption, sans cependant nuire au rendement de l'appareil. L'appareil de *Lainé* consiste essentiellement en un tamis incliné, qui se compose de plusieurs séries de toiles métalliques de différents numéros, et qui se trouvent au-dessus d'une auge divisée en plusieurs compartiments. De la râpe la pulpe arrive dans un espace où se trouve la partie la plus inférieure du tamis incliné. De là, deux chaînes de Vaucanson la conduisent sur les deux toiles jusqu'à la partie inférieure du tamis, où la pulpe lavée et épuisée est éliminée. Dans toute la longueur du tamis, un courant d'eau coule sur la pulpe. L'eau passe avec la fécule à travers les mailles du tamis et tombe dans les compartiments correspondants. Cette eau sert pour le lavage de la pulpe non épuisée qui s'élève sur le tamis. De cette façon, l'eau renferme toujours de la fécule, jusqu'à ce qu'enfin elle arrive dans le dernier compartiment de l'auge et qu'elle s'écoule dans la cuve de dépôt. L'appareil est construit d'une manière tout à fait ration-

nelle, le tamis inférieur, qui a les mailles les plus larges, reçoit sans interruption de la pulpe fraîche, tandis que les résidus sont emmenés aussi sans interruption par le tamis supérieur, dont les mailles sont les plus étroites. En même temps, le courant d'eau, qui doit effectuer le lavage de la pulpe, arrive de haut en bas sur le tamis, de telle sorte que, plus la pulpe est épuisée, plus est pure l'eau qui s'écoule. Dans un appareil établi à Hohenheim, la pulpe de pommes de terre tombe immédiatement de la râpe à travers un tuyau sur un tamis horizontal, auquel un engrenage communique des secousses et qui reçoit un courant d'eau. De cette façon, la plus grande partie de la fécule est déjà enlevée par le lavage, et elle arrive avec l'eau dans la cuve collectrice. Du tamis, la pulpe passe entre des rouleaux de pierre, qui par leur rotation en sens inverse la triturent encore plus fin, avant qu'elle arrive dans un tamis cylindrique, qui tourne lentement autour de son axe et qui en même temps reçoit un courant d'eau. Là, la fécule est complètement séparée des fibres. Avec cette disposition on peut triturer et tamiser par jour de 4,000 à 5,000 kilogrammes de pommes de terre.

Procédé de Völker. Un procédé de séparation de la fécule des pommes de terre tout à fait différent en principe des méthodes précédentes a été employé par Völker. Dans ce procédé la structure des pommes de terre est détruite soit mécaniquement, soit chimiquement par *pourriture*, et l'on obtient un plus grand rendement en fécule. Les tubercules coupés en rondelles sont débarrassés par macération dans l'eau de la plus grande partie de leur eau de végétation et ensuite transformés par un procédé chimique en une masse finement divisée; dans ce but, ils sont coupés, puis disposés en tas de plusieurs pieds de hauteur, afin qu'ils s'échauffent spontanément; pour que les couches inférieures ne soient pas trop fortement pressées par les supérieures, ce qui empêcherait l'accès de l'air, les tas sont faits avec des couches alternatives de rondelles de pommes de terre et de bois fendu ou de claies. On abandonne les tas à eux-mêmes à une température de 50 à 42°. Au bout d'environ huit jours, la pourriture est suffisamment avancée et la substance fibreuse est assez désagrégée pour que les pommes de terre soient transformées en une masse molle et pâteuse. Dans cette masse pâteuse et peu cohérente se trouvent mélangées ensemble la fécule, la substance fibreuse et l'écorce, de telle sorte que maintenant on peut avec facilité effectuer mécaniquement la séparation complète de la fécule. Dans ce but, on ramollit la masse dans l'eau et on la fait passer à travers un tamis à grandes mailles, qui retient les parties les plus grosses. La séparation des particules les plus fines s'effectue à l'aide d'un tamis de crin ou de toile métallique, dont les mailles sont assez petites pour ne laisser passer que la fécule et les fibres les plus fines. La séparation des grains de fécule de celles-ci se fait par lévigation: les fibres sont entraînées par l'eau, tandis que les grains de fécule plus lourds restent.

Dessiccation de la fécule. — Quel que soit celui des appareils décrits précédemment que l'on emploie pour le lavage, on obtient dans tous les cas pour résultat un liquide laiteux qui, rassemblé dans les cuves collectrices,

laisse déposer au bout de quelques heures toute la fécule qu'il tenait en suspension. Après avoir fait écouler le liquide surnageant, on brasse l'amidon avec de nouvelle eau et on laisse reposer un instant, afin que les corps lourds, comme les pierres, la terre, etc., puissent se déposer, et l'on fait passer la fécule léviguée à travers un tamis fin. Suivant l'espèce de fécule que l'on veut préparer, on répète une ou même deux fois la lévigation, et l'on se sert alors de tamis à mailles plus étroites que précédemment. Après le dernier lavage la fécule se dépose au fond de la cuve collectrice et forme une masse suffisamment dure pour pouvoir être facilement coupée en morceaux. On dépose ces morceaux sur une claie recouverte d'une toile et en secouant la claie on étend la fécule. Au bout de 24 heures environ on transporte la fécule égouttée sur une plaque de plâtre de 0^m,20 d'épaisseur, où on l'abandonne 1 ou 2 jours suivant le temps et la saison. Le plâtre enlève à la fécule assez d'eau pour qu'on puisse maintenant la transporter dans l'étuve. Depuis quelque temps on cherche à éliminer l'eau des grains de fécule en soumettant le liquide laiteux à la *force centrifuge*. Si la fécule doit être employée pour fabriquer de la dextrine ou du sucre de fécule, on n'a pas besoin de la dessécher. La fécule humide, qui contient environ 33 pour 100 d'eau et qui porte le nom de *fécule verte*, peut être conservée pendant longtemps sans s'altérer. Au commencement de l'opération la température de l'étuve ne doit pas dépasser 60°, parce que, par suite de sa grande richesse en eau, la fécule se transformerait immédiatement en empois. Lorsque la fécule est sèche, on écrase les morceaux légèrement agglomérés au moyen d'un rouleau de fonte ou bien en les faisant passer entre des rouleaux de bronze, et on les livre au commerce en fragments (sous le nom de *fécule en aiguilles*) ou bien en poudre après les avoir blutés. Pour obtenir la fécule en aiguilles, on pétrit en une pâte épaisse la fécule humide avec de l'empois et l'on fait passer cette pâte à travers des entonnoirs munis d'un grand nombre d'ouvertures étroites et qui, à l'aide de machines, sont promenés à une distance constante au-dessus d'une claie. La fécule est desséchée sur cette claie et expédiée dans de petits tonneaux tapissés intérieurement avec du papier de paille. Pour extraire des pommes de terre la quantité maxima de fécule, il ne faut pas qu'elles soient germées, parce que la teneur en matière amylicée diminue beaucoup sous l'influence de la germination. Dans les pommes de terre conservées avec soin en silos, la teneur en fécule devient plus grande, de telle sorte que des pommes de terre qui, en septembre et octobre, contenaient 16 pour 100 de fécule, offrent de novembre à mars une richesse de 18 pour 100.

Extraction de l'amidon du froment. — Parmi les céréales, il n'y a que le *froment* qui soit employé pour la fabrication de l'amidon. Le grain de froment offre (d'après *W. Pillitz*, 1872) la composition suivante :

	<i>a</i>	<i>b</i>
Eau.	12,44	12,55
Amidon.	64,56	63,10
Cendre insoluble.	0,60	0,20
Matière grasse.	1,75	1,78
Cellulose.	2,65	3,86
Albuminates insolubles.	9,55	9,56
Dextrine.	1,99	1,62
Albumine soluble.	0,35	1,38
Cendre soluble.	0,91	1,44
Matières extractives.	3,94	5,27
	99,40	99,07

a. Froment Prince-Albert, *b.* Froment du Rhin, de Clèves.
 Il est à remarquer que parmi les éléments du froment,

l'amidon.	}	sont insolubles dans l'eau,
le gluten.		
l'enveloppe.		
les sels	}	sont solubles dans l'eau,
l'albumine.		
et la dextrine.		

et que des trois éléments nommés en premier lieu le gluten est dissous par l'acide lactique et l'acide acétique étendu, tandis que l'amidon et l'enveloppe ne s'y dissolvent pas. On choisit pour la fabrication de l'amidon un froment qui a poussé dans un sol modérément cultivé, et qui est pauvre en gluten et riche en amidon. C'est pourquoi on préfère un froment à farine blanche à un froment corné brun.

On distingue différents modes d'extraction de l'amidon de froment :

A. Par fermentation (ancien procédé) ;

α. Avec le froment non égrugé ;

β. Avec le froment égrugé ;

B. Sans fermentation (nouveau procédé).

L'extraction de l'amidon du froment par fermentation, bien qu'elle ne soit pas du tout rationnelle, est cependant la méthode qui en Allemagne est encore la plus employée ; cette méthode comprend quatre opérations :

- 1° Mouillage et fermentation du froment ;
- 2° Séparation de l'amidon contenu dans la masse fermentée (foulage) ;
- 3° Lavage et épuration de l'amidon extrait ;
- 4° Dessiccation de l'amidon.

Si l'on emploie le froment non égrugé, on arrose celui-ci avec de l'eau dans une cuve mouilloire, et on le laisse ramollir jusqu'à ce qu'il puisse être facilement écrasé entre les doigts. Pour séparer les enveloppes, on triture les grains en marchant dessus, après les avoir introduits dans des sacs, que l'on arrose avec de l'eau dans une cuve plate, ou bien on les écrase entre des rouleaux, et l'on étend la bouillie obtenue avec de l'eau dans laquelle flotte la plus grande partie de l'amidon et du gluten, on sépare le liquide laiteux des enveloppes et on lave celles-ci jusqu'à ce que l'eau s'écoule claire.

On abandonne le liquide laiteux à lui-même dans une cuve collectrice. Il se forme un dépôt d'amidon assez pur et par-dessus une couche d'amidon contenant du gluten. Au bout de quelques jours l'eau qui surnage est devenue acide et une partie du gluten a été dissoute par l'acide lactique et l'acide acétique formés ; on la remplace par de l'eau fraîche, qu'on laisse devenir acide, et l'on répète l'opération plusieurs fois. L'amidon est ensuite brassé avec de l'eau fraîche, on le laisse déposer et on le dessèche.

Si l'on se sert du *froment égrugé* pour la préparation de l'amidon, on en fait une bouillie claire avec de l'eau *sure*, c'est-à-dire avec de l'eau devenue acide et provenant d'une opération précédente, et on laisse fermenter la masse dans des cuves. Sous l'influence d'une partie du gluten, qui s'est transformée en ferment, la petite quantité de sucre produite dans le froment par le mouillage dans l'eau éprouve la fermentation alcoolique ; il se produit un abondant dégagement d'acide carbonique et il se forme à la surface du liquide une pellicule qui est d'abord conservée et plus tard déchirée. A la fermentation alcoolique succède maintenant la fermentation acétique, et plus tard une petite quantité d'amidon subit la fermentation lactique ; le gluten est dissous par les acides ainsi formés, tandis que l'amidon et les enveloppes demeurent intacts. Aussitôt que le liquide contenu dans les vases à fermentation paraît assez clair et qu'il abandonne facilement l'amidon, lorsqu'on le malaxe dans la main, la masse est convenablement préparée pour subir le traitement ayant pour but d'en séparer l'amidon. Suivant la température, il faut de 12 à 30 jours pour dissoudre tout le gluten. L'eau *sure* contient, outre le gluten, de l'acide acétique, de l'acide lactique, de l'acide butyrique (un peu d'acide succinique), des sels ammoniacaux, un peu d'hydrogène sulfuré, et les éléments minéraux du froment, des phosphates terreux notamment. Lorsque, par suite de la fermentation, la masse a atteint le degré de maturité nécessaire, on procède au lavage ou séparation de l'amidon. Dans ce but, on introduit la masse bien brassée dans des sacs de chanvre et on la foule avec les pieds dans le tonneau à fouler. Le liquide laiteux ainsi obtenu est versé dans les bassines à édulcorer. Le contenu des sacs est foulé une deuxième fois, puis une troisième avec de l'eau ; le résidu ainsi débarrassé de l'amidon est un mélange d'enveloppes et de gluten, et il se sert comme engrais. Le liquide laiteux contient de l'amidon, un peu de gluten finement divisé et de substance cellulaire, qui sont suspendus dans une solution acide de gluten, et d'autres matières albumineuses et de sels minéraux ; on le fait passer à travers un tamis de crin fin et l'on procède ensuite à l'édulcoration et au lavage de l'amidon. Le foulage de la masse fermentée est maintenant remplacé dans les grandes fabriques d'amidon par un autre procédé, qui consiste à introduire la masse dans un tambour percé de trous à la manière d'un tamis et qui se meut autour de son axe, et à l'y soumettre à l'action d'un courant d'eau. Le liquide laiteux obtenu par l'une ou par l'autre méthode est abandonné à lui-même dans les cuves collectrices, où les substances en suspension se déposent suivant leur poids spécifique ; au fond il se forme une couche solide d'amidon assez pur, vient

ensuite un mélange d'amidon avec des enveloppes et du gluten, et par-dessus une couche composée presque exclusivement de gluten, d'enveloppes et d'une très-petite quantité d'amidon. Le liquide qui surnage le dépôt est l'eau sure, dont on ajoute une partie au mélange frais de froment égrugé et d'eau, pour hâter la fermentation; ce qui reste est employé pour engraisser le bétail avec les résidus foulés. L'amidon resté dans les cuves collectrices est brassé avec de l'eau et de nouveau abandonné au repos; le dépôt d'amidon, séparé par décantation de l'eau qui le surnage, est débarrassé par raclage de la couche de gluten et d'enveloppes qui le couvre, puis brassé encore une fois avec de l'eau, etc., jusqu'à ce que le liquide surnageant n'ait pas de réaction acide. Afin de pouvoir retirer l'amidon des cuves de dépôt, on lui enlève une partie de son eau en l'absorbant avec des draps; on retire ensuite l'amidon des cuves à l'aide d'un instrument semblable à une spatule et on le dessèche suivant le procédé indiqué précédemment. Lorsqu'il s'agit de préparer l'amidon pour le linge, on ajoute à la masse avant l'épuration une petite quantité d'outremer, qui se mélange avec l'amidon et se dépose avec lui. Dans ces derniers temps on a proposé de hâter la dessiccation de l'amidon en se servant d'une machine centrifuge.

L'extraction de l'amidon du froment sans fermentation est un procédé imaginé par E. Martin, et qui a déjà remplacé en partie l'ancienne méthode. D'après ce procédé, on transforme en une pâte la farine de froment en pétrissant 100 parties de celle-ci avec environ 40 parties d'eau. On abandonne la pâte à elle-même pendant 1/2 heure ou 2 heures avant de la soumettre au lavage, afin que le gluten soit bien pénétré par l'eau. Pour procéder au lavage, on dépose la pâte sur un tamis en toile métallique fine, qui se trouve au-dessus d'une cuve pleine d'eau. Au-dessus du tamis est placée une pomme d'arrosoir, qui verse sur la pâte de minces filets d'eau; la pâte est malaxée par quantités d'environ 5 kilogr., jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule ne soit plus laiteuse. On laisse l'amidon se déposer dans l'eau, on décante le liquide qui surnage, on brasse avec un peu d'eau l'amidon qui se trouve au fond de la cuve et l'on place le liquide dans un lieu chaud où on le laisse fermenter légèrement, afin de dissoudre facilement le gluten entraîné. L'épuration et la dessiccation se font à la manière ordinaire. Afin de donner à l'amidon la forme d'aiguilles que l'on préfère dans le commerce, on enveloppe dans du papier les pains d'amidon humides, on lie fortement le paquet avec une corde avant de le dessécher; pendant la dessiccation la masse se rétracte et se divise en prismes ou aiguilles assez semblables. La formation de ces aiguilles est une conséquence de la forme lenticulaire de l'amidon de froment qui fait que les granules adhèrent facilement les uns aux autres, et lors de la dessiccation la masse ainsi produite ne se fend que dans certaines directions. D'après la méthode de Martin, on obtient avec 100 parties de farine de froment environ 20 pour 100 de gluten (*gluten granule*) avec 38 pour 100 d'eau. Ce gluten fut d'abord employé pour la fabrication du macaroni, du vermicelle, etc., et dans ce but il était transformé en une pâte avec de la farine ordinaire et de l'eau. Plus tard on proposa de l'em-

ployer à la place de l'albumine et de la caséine dans l'impression des tissus ou à l'état putréfié de s'en servir comme colle végétale. Comme le gluten frais se putréfie facilement et ne peut pas être expédié dans cet état, les frères *Véron* et *R. Günsberg* ont proposé de le granuler et ensuite de le dessécher. Dans ce but, le gluten frais est pétri avec le double de son poids de farine, la pâte est transformée en longues bandes et celles-ci converties en granules, que l'on dessèche à 30 ou 40°. En saupoudrant les granules avec de la farine, on les empêche d'adhérer ensemble. Après la dessiccation les grains sont triés par tamisage. Le gluten granulé est un aliment qui contient beaucoup plus de principes nutritifs qu'une égale quantité de farine ou de biscuit d'embarquement.

[L'amidon du froment peut aussi être extrait sans fermentation et avec le grain lui-même à l'aide de la méthode suivante, qui est employée dans un grand nombre d'établissements : On fait d'abord macérer le grain de blé dans l'eau à une température moyenne pendant deux ou trois jours, afin de le ramollir de façon qu'il puisse s'écraser entre les doigts ; le grain, préalablement lavé pour le débarrasser des matières étrangères, est ensuite écrasé en pulpe entre des cylindres cannelés, et l'amidon est séparé par trituration sur un tamis sur lequel coule continuellement de l'eau. Celle-ci entraîne la matière amylacée et tombe avec elle sur un autre tamis plus fin où s'opère une élimination plus complète des particules de son. Le produit est enfin recueilli dans des cuves de dépôt ou sur de longues tables inclinées, où s'effectue la séparation des différentes sortes d'amidon.]

Composition de l'amidon du commerce et ses usages. — D'après *J. Wolff*, la composition de l'amidon du commerce est la suivante :

	1	2	3	4	5	6
Eau.	17,83	15,38	14,52	17,44	14,20	17,49
Gluten.	—	—	0,10	traces	1,84	4,96
Tissu fibreux	0,48	0,50	1,44	1,20	3,77	2,47
Cendre	0,21	0,55	0,05	0,40	0,55	1,29
Amidon.	81,48	85,59	83,91	81,52	79,63	73,79
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. Amidon en aiguilles, blanc, très-fin, il avait un aspect très-blanc, brillant, presque cristallin, et ressemblait à de la fécule de pommes de terre pure ; 2. Amidon breveté très-fin, bleu ; fécule de pommes de terre mélangée avec de l'outremer ; 3. Poudre d'amidon de froment pur ; 4. Amidon de froment fin en morceaux ; 5. Amidon de froment en morceaux blanc-jaunâtre ; 6. Amidon de froment ordinaire en gros morceaux jaune-grisâtre, dans lesquels on reconnaît au microscope un mélange de fécule de pommes de terre et d'amidon de froment. La teneur en eau de l'amidon peut (d'après le procédé de *C. Scheibler*) être déterminée avec facilité par le changement de densité qu'éprouve l'alcool, lorsqu'on le fait digérer avec une certaine quantité d'amidon hydraté ¹.

¹ Voy. *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française, traduitue par *L. Gautier*, p. 912. Paris, 1877.

L'amidon est employé en substance pour empeser le linge, pour coller le papier, dans les industries linière et cotonnière pour l'encollage et l'apprêt, pour préparer la dextrine, le sucre et le sirop de fécule, pour fabriquer le vermicelle, le sagou artificiel, etc. Il est en outre l'aliment le plus usité; nous le prenons sous forme de pain et il fait partie des aliments dits farineux. Il constitue ce corps aux dépens duquel se produit, sous l'influence de certains agents, le sucre, qui à son tour donne naissance à l'alcool, il est par conséquent la matière première de la fabrication de l'alcool, de la bière, etc. Pour les usages domestiques, s'il doit servir comme aliment, on ne l'emploie que sous forme de fécule de pommes de terre (farine de pommes de terre); pour l'empesage du linge et pour la préparation de la colle des relieurs, on donne avec raison la préférence à l'amidon de froment; dans l'empois les grains d'amidon sont contenus sous forme de grumeaux gélatineux, qui dans la fécule de pommes de terre sont beaucoup plus gros que dans l'amidon de froment: d'où résulte cet inconvénient que dans le repassage des tissus empesés avec de la fécule de pommes de terre les grumeaux se ramassent quelquefois en pelotons et sont enlevés par le fer, ce qui n'a jamais lieu avec l'amidon de froment. L'empois d'amidon de froment exposé à l'air reste pendant longtemps sans s'altérer, tandis que l'empois de fécule de pommes de terre laisse séparer au bout de quelques jours une masse gélatineuse, sur laquelle flotte un liquide aqueux et acide; mais le mélange produit en brassant la masse avec le liquide ne possède plus du tout la propriété collante de l'empois frais. L'amidon de froment doit pour cette raison être préféré à la fécule de pommes de terre, et celle-ci aurait depuis longtemps déjà disparu du commerce, si elle n'était pas égale au premier au point de vue de la blancheur, de la pureté et du bon marché. Les deux espèces d'amidons qui viennent d'être mentionnées offrent une différence essentielle relativement à leur transformation en sucre par le malt. D'après les expériences de *Lüdersdorff*,

100 kilogr. de fécule de pommes de terre exigent, . . .	25,6 kilogr. de malt sec,
100 — d'amidon de froment	90,5 —

pour être entièrement convertis en sucre de fécule. La force avec laquelle empèse l'empois préparé avec les différentes sortes d'amidon n'est pas la même: ainsi, d'après *G. Wiesner* (1868), le mode de préparation et la quantité employée étant semblables, l'empois d'amidon de maïs empèse plus fortement que l'empois d'amidon de froment et ce dernier plus que celui de fécule de pommes de terre. Relativement à l'uniformité de l'empesage, on a trouvé que l'amidon de froment dépasse de beaucoup la fécule de pommes de terre et l'amidon de maïs.

Amidon de riz, de maïs, de marrons d'Inde et de manioc, arrow-root. — Depuis quelques années on fabrique beaucoup d'*amidon de riz* en Angleterre, en France, en Belgique et en Allemagne. Le riz séché à l'air contient, d'après *W. Pillitz* (1872), 70 à 74,88 pour 100 d'amidon. Pour séparer le gluten (qui forme 3 à 4 pour 100 de poids du riz), on emploie une les-

sive faible de soude (contenant par hectolitre 287 gram. de soude caustique). Le riz non décortiqué est mis en macération pendant 24 heures, puis lavé, écrasé entre des rouleaux ou moulu entre des meules et ensuite soumis à l'action de brosses dans un tamis, sur lequel reste le son. L'amidon de riz extrait de l'eau de lavage est de nouveau tamisé, lavé, desséché et livré au commerce sous la forme que l'on désire. De la lessive, dans laquelle on a fait macérer le riz, on précipite le gluten par neutralisation avec l'acide sulfurique; le gluten ainsi obtenu, après avoir été lavé, desséché et moulu, est employé pour la nourriture du bétail¹. [*Maiche*, dans sa fabrique de Foucange, près du Mans, extrait l'amidon du riz au moyen de la force centrifuge. Le riz, préalablement broyé et mélangé avec de l'eau, est introduit dans des turbines faisant mille tours par minute; l'amidon, dont le poids spécifique est plus élevé que celui de la cellulose et de l'eau, est lancé contre les parois de l'appareil, où il forme une couche solide d'une blancheur éclatante et de plusieurs centimètres d'épaisseur, tandis que la cellulose et les matières azotées restent en suspension dans l'eau au milieu de la turbine. Avec un appareil de 70 centimètres de diamètre on peut extraire du riz, en moins de dix minutes, 20 kilogrammes d'amidon. Celui-ci est ensuite séché dans des étuves chauffées à la vapeur.]

Dans quelques États de l'Union américaine du Nord et dans d'autres pays, où le maïs est cultivé sur une grande échelle, on prépare de l'amidon de maïs en faisant gonfler jusqu'à ramollissement les grains de maïs (qui, séchés à l'air, contiennent, d'après *W. Pillitz*, 62 à 69 pour 100 d'amidon), les écrasant et séparant l'amidon au moyen de lavages dans des appareils tamis-seurs. L'amidon de maïs pur se rencontre dans le commerce sous le nom de *maizena*.

Dans ces derniers temps la fabrication de l'amidon avec les marrons d'Inde a pris en France une certaine extension. Non-seulement les frais de fabrication sont moins élevés, mais le rendement est plus abondant qu'avec les pommes de terre; l'amidon des marrons d'Inde est en outre aussi beau que celui des céréales. 100 parties de marrons frais donnent 19 à 20 parties d'amidon sec, qui cependant se distingue par un goût amer, que l'on peut faire disparaître par de simples lavages à l'eau pure. D'après *Schöffner*, l'amidon des marrons d'Inde est tout à fait convenable pour l'apprêt des tissus et l'épaississage des couleurs.

L'*arrow-root* est l'amidon du *Maranta arundinacea* et du *Marantu indica*, cannacées croissant aux Indes occidentales, des racines desquelles on extrait, de la même manière que des pommes de terre, 7 à 20 pour 100 d'amidon; on le trouve dans le commerce enfermé dans des tonneaux ou des boîtes de fer-

¹ La fabrique d'amidon de riz de *J. Colman*, à Londres, occupe environ 1,000 personnes et livre, indépendamment de l'amidon ordinaire pour le linge, de l'amidon de riz fortement coloré dans les différentes nuances produites par les couleurs de goudron et qui sert pour colorer des habits de bal, des stores, etc. La fabrique de *Colman* livre en outre de l'amidon de riz pour les fabriques de papier, dans lesquelles il n'est transformé en empois qu'entre les fibres du papier, ce qui donne un grand degré de solidité au papier ainsi collé.

blanc; les vases portent pour marque le nom de l'île d'où l'arrow-root a été retiré. La *fécule de cassave* ou de *manioc* provient des tubercules radicaux du *Jatropha manihot*, ou *Manihot utilissima* ou cassave amère, et du *Manihot aipin* ou cassave douce, plantes de la famille des Ricinées, qui sont cultivées aux Indes occidentales et dans l'Amérique du Sud, au Brésil notamment. Les tubercules eux-mêmes portent le nom de *manioc* ou de *cassave*, et à l'état brut ils contiennent de l'acide cyanhydrique, dont la proportion s'élève en moyenne à 0,0165 p. 0/0 dans la cassave douce et à 0,0275 p. 0/0 dans la cassave amère (d'après E. Francis, 1877). Mais la pâte que l'on prépare avec ces tubercules peut être mangée par l'homme et les animaux, lorsqu'elle a été cuite ou grillée. Dans cet état elle constitue un des aliments les plus importants des pays tropicaux. La transformation du manioc en substance alimentaire s'effectue de la manière suivante : Les tubercules sont râpés grossièrement; pendant cette opération une partie du suc s'écoule; la pâte dépouillée par égouttage d'une grande partie du liquide est chauffée dans des vases de terre, jusqu'à ce que les parties en contact avec les parois du vase soient légèrement grillées; le produit ainsi obtenu constitue la *cassave*, qui chez les indigènes du pays remplace le pain. La petite quantité d'amidon, qui se dépose dans le suc, est ordinairement granulée (*cassava-sago* ou *mandioka*), et dans ce but on chauffe la masse humide sur des plaques, probablement afin de volatiliser l'acide cyanhydrique. Le *tapioka* importé en Europe comme aliment de luxe n'est autre chose que le *cassava-sago*.

Sagou. — Aux Moluques et aux Philippines on prépare avec la moelle du *sagoutier* (*Sagus Rumphii*) la substance amylacée désignée sous le nom de *sagou*. Le sagou de la Guadeloupe provient (d'après J. Wiesner) du *Raphia farinifera*, certaines espèces des Indes occidentales du *Caryota urens*. Pour préparer le sagou, les tiges sont fendues, la moelle qui s'y trouve en est retirée, puis pétrie avec de l'eau, et l'amidon est entraîné par lavage sur un tamis de fibres de cocotier. Lorsque la fécule s'est déposée dans l'eau, on la lave, on la met égoutter sur des draps et, lorsqu'elle est encore humide, on la granule en la faisant passer à travers un tamis de toile métallique. On fait tomber les grains sur une plaque de cuivre chaude, ce qui transforme la majeure partie de la fécule en empois, et, après la dessiccation, on obtient les grains réguliers et durs que l'on connaît et qui, lorsqu'on les fait cuire dans l'eau, deviennent gélatineux, mais conservent en partie leur forme. Une grande partie du sagou que l'on rencontre maintenant dans le commerce est préparée avec la fécule de pommes de terre et colorée avec de l'oxyde de fer ou du sucre brûlé.

DEXTRINE.

Propriétés de la dextrine. — La *dextrine* (gommeline, amidin, gomme d'Alsace ou leïocomme) est une substance qui se rapproche de la gomme arabique, aussi bien au point de vue de sa composition (elles ont toutes deux pour formule $C^5H^{10}O^5$) que de ses propriétés, et qui se forme lorsqu'on fait agir

pendant peu de temps des acides étendus ou une infusion de malt (diastase) sur l'amidon, ainsi que lorsqu'on grille ce dernier. A l'état pur elle est tout à fait incolore et semblable à la gomme arabique, mais elle est ordinairement colorée en jaunâtre; elle se dissout facilement et complètement dans l'eau en donnant une dissolution limpide, épaisse et collante; elle est insoluble dans l'alcool absolu et un peu soluble dans l'alcool faible. Son nom vient de la propriété qu'elle possède de dévier à droite (*dexter*) le plan de polarisation des rayons lumineux plus fortement qu'aucune autre substance organique connue. L'iode ne la colore pas en bleu comme l'amidon, mais en rouge-amarante faible. Sous l'influence des acides étendus, la dextrine se transforme en sucre de raisin (*dextrose*). Une solution de dextrine mêlée avec la levûre de bière n'entre pas en fermentation; mais, lorsqu'on ajoute du sucre à ce mélange, une grande partie de la dextrine se transforme tout comme le sucre en alcool et en acide carbonique. Cette particularité de la dextrine est due à ce que, comme le moût d'eau-de-vie non cuit, la diastase continue à agir pendant la fermentation, ou aussi à ce que, comme le pense A. Schwarzer, la levûre en voie de bourgeonnement peut faire sentir son action et transformer ainsi une partie de la dextrine en sucre et en alcool. Cependant C. Barfoed, se basant sur ses propres expériences, est d'avis que la dextrine, sans se transformer préalablement en sucre, peut fournir de l'alcool et de l'acide carbonique. Comme dans beaucoup de cas elle fournit un succédané utile et peu coûteux de la gomme arabique, sa fabrication est devenue une branche d'industrie importante. La composition de la dextrine du commerce est extrêmement variable, ainsi qu'il résulte des analyses de R. Forster (1868):

	DEXTRINE prima de Langensalza.	AMIDON de grillé foncé.	DEXTRINE brune.	COMME- LINE.	DEXTRINE vieille.	AMIDON grillé clair.
Dextrine . . .	72,45	70,45	65,60	59,71	49,78	5,54
Sucre	8,77	1,92	7,67	5,76	1,42	0,24
Substances in- solubles . . .	13,14	19,97	14,51	20,64	50,80	86,47
Eau	5,64	1,68	14,23	15,89	18,00	7,95
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Préparation de la dextrine. — Pour préparer la dextrine, on se sert presque partout de la fécule de pommes de terre; on emploie plus rarement l'amidon du froment, parce que la première, pour un prix moins élevé, est beaucoup plus pure que le dernier. On prépare la dextrine:

- a. En grillant lentement la fécule;
- b. En faisant agir avec précaution l'acide azotique sur la fécule;
- c. En chauffant la fécule avec de l'acide sulfurique étendu;
- d. En traitant la fécule par une infusion de malt (diastase).

La préparation de la dextrine par *grillage lent* (*amidon grillé et fécule torréfiée* ou *leïocomme*) est une opération très-simple; la fécule (ou l'amidon) est chauffée dans un appareil approprié jusqu'à ce qu'elle prenne une cou-

leur brun-jaune. Si l'on emploie de l'*amidon de céréales*, on effectue le grillage dans de grands cylindres de cuivre ou de tôle, traversés, comme un tambour à torrifier le café, par un axe en fer muni d'une manivelle et dont les tourillons se trouvent dans la maçonnerie du fourneau. L'amidon est chauffé dans ce tambour tenu en rotation continue, jusqu'à ce qu'il se gonfle et dégage des vapeurs odorantes comme un pain bien cuit. La *fécule de pommes de terre* ne peut pas être traitée de la même manière, parce qu'elle présente l'inconvénient de se résoudre en poussière au contact de la chaleur, poussière qui se déposerait sur les parois du tambour et serait en partie carbonisée. Pour parer à cet inconvénient, on remplaça le cylindre par une chaudière à fond plat, dans laquelle se trouvait un agitateur muni de brosses. Cependant il arriva que les brosses furent aussi carbonisées. On construisit alors de grands fours, semblables aux fours pour cuire le pain, dans lesquels on grillait la fécule en la brassant continuellement. Fréquemment on disposait les unes au-dessus des autres des plaques métalliques sur lesquelles la fécule était étendue en couches minces. Comme la fécule peut être très-facilement surchauffée aussi bien dans les cylindres que dans les fours, il est préférable d'employer un bain d'huile. Une chaudière plate est munie de deux fonds entre lesquels se trouve de l'huile, dont la température peut être exactement déterminée au moyen d'un thermomètre. En chauffant avec précaution, on peut obtenir une température constante. Un agitateur continuellement en activité met peu à peu toute la fécule en contact avec les parois de la chaudière et l'expose ainsi à la température nécessaire pour la formation de la dextrine. La température la plus convenable est comprise entre 225 et 260°. La couleur jaune ou brunâtre de la dextrine obtenue par grillage exclut complètement la fécule grillée de certains usages, comme, par exemple, dans l'impression des tissus avec des couleurs claires. C'est pourquoi on a dû penser à un meilleur mode de préparation. Le procédé généralement usité maintenant est celui de *Heuzé*. D'après ce dernier, on étend 2 kilogrammes d'acide azotique du poids spécifique de 1,4 avec 300 litres d'eau et l'on mélange avec cet acide étendu 1,000 kilogrammes de fécule, puis on met la masse sous forme de gâteaux, qu'on laisse sécher à l'air libre. Après la dessiccation, on chauffe les gâteaux dans l'appareil exsiccateur mentionné précédemment à une température graduellement élevée à environ 80°. La masse est ensuite finement pulvérisée, tamisée et de nouveau introduite dans l'exsiccateur, où maintenant on élève la température jusqu'à 100 ou 110°. Au bout de 1 heure 1/2 tout au plus, toute la fécule est transformée en dextrine. La *dextrine ainsi préparée à l'aide de l'acide azotique étendu* ne peut pas être distinguée extérieurement de la fécule, elle est tout à fait blanche et soluble dans l'eau. [On la désigne dans le commerce sous le nom de *dextrine blanche*, de *fécule soluble* ou *gommeuse*, de *dextrine Heuzé*.] Autrefois on préparait aussi la dextrine avec l'*acide sulfurique étendu*. L'amidon peut aussi être transformé en dextrine, au moyen de l'*acide chlorhydrique (gommeline)*, de l'*acide lactique* (lait aigri) ou de l'*acide oxalique*. Comme lorsqu'on emploie la dextrine elle doit toujours être

dissoute dans l'eau, on préfère quelquefois préparer cette substance à l'état de dissolution (*sirop de dextrine*), et dans ce but on emploie l'amidon et l'extrait de malt (diastase). Bien que cette méthode soit beaucoup plus simple que celles décrites précédemment, son application générale offre cependant quelques difficultés, pour les raisons suivantes : 1° la grande teneur en eau de la dissolution rend son transport difficile; 2° lorsqu'on emploie le malt, on ne peut empêcher qu'une partie de l'amidon soit transformée en sucre; par suite de la présence de ce dernier, le sirop de dextrine se conserve beaucoup moins bien et sous l'influence des particules de gluten du malt il entre très-promptement en fermentation.

Usages de la dextrine. — Les usages de la dextrine sont très-variés : à la place de la gomme du Sénégal et de la gomme arabique, elle sert dans l'impression des tissus et des tapisseries, pour apprêter et pour empêser les tissus, pour l'encollage des chaînes dans le tissage, pour vernir les cartes et le papier, pour coller à froid ; on l'emploie pour obtenir des bandages inamovibles dans le traitement des fractures, dans la fabrication des pains de luxe, de la bière et du vin de fruits, dans la préparation d'une espèce d'emplâtre anglais, etc. La dextrine constitue en outre un élément essentiel de la bière ; elle prend naissance pendant la cuisson à la surface du pain, dont la croûte est en partie formée par cette substance. Lorsqu'on l'emploie comme corps épaississant dans l'impression des tissus, il ne faut pas oublier qu'elle est liquéfiée par les acides et qu'elle se transforme en glucose.

FABRICATION DU SUCRE

Historique et généralités. — Le sucre est connu dans les Indes orientales et en Chine depuis une époque très-reculée. Dans les temps anciens on employait le miel à la place du sucre, et, bien que Rome et la Grèce eussent connaissance du sucre, ce produit, par suite du commerce peu étendu avec les Indes, n'y fut cependant pas importé ou n'y apparut que comme une rareté pour la première fois, à ce qu'il semble, au temps d'Alexandre le Grand. Avec les conquêtes des Arabes le sucre se répandit dans l'Asie occidentale, en Afrique et dans l'Europe méridionale ; au temps des croisades les croisés apprirent à le connaître et les Vénitiens ne tardèrent pas à l'apporter en Europe et dans le nord de l'Afrique. La canne à sucre fut cultivée dans les îles de Malte, de Chypre et de Candie, et en Égypte, et de là elle passa en Sicile. De la Sicile les Espagnols et les Portugais l'apportèrent aux Açores, aux Canaries et aux îles du Cap-Vert (1420). D'après une opinion très-réputée, mais réfutable, la canne à sucre aurait été transplantée des îles Canaries aux Indes occidentales et au Brésil, et apportée à Haïti (Hispaniola) en l'année 1506. Dans les siècles suivants elle a été trouvée par des voyageurs dans un grand nombre d'îles de l'océan Pacifique.

Tout en admettant que la canne à sucre puisse être une plante indigène

de l'Amérique méridionale et des Antilles, il faut cependant considérer comme positif que ce fait était ignoré des hommes qui les premiers ont découvert sa présence et qu'ils la cultivaient en grand comme une plante importée. Ritter, dans son ouvrage sur la distribution géographique de la canne à sucre, avance que cette dernière, de sa propre patrie, l'Asie orientale et l'Asie centrale, s'est répandue sur la terre dans trois directions : à l'est en partant du Bengale elle s'est répandue vers la Cochinchine et la Chine d'une part et d'autre part dans les îles de la mer du Sud entre les tropiques, jusqu'aux îles de l'Archipel oriental ; à l'ouest elle a suivi le cours de l'Indus pour passer dans l'Asie occidentale, l'Afrique septentrionale, l'Europe méridionale, et jusqu'en Amérique. Après l'introduction du commerce des esclaves la culture de la canne à sucre prit aux Antilles une extension telle que la fabrication du sucre en Europe et aux Indes orientales fut anéantie. La canne à sucre ne fut cultivée dans l'Amérique du Nord qu'au dix-huitième siècle. La culture de cette plante alla toujours en augmentant, et le sucre, qui primitivement était conservé dans les pharmacies comme une curiosité et comme médicament, prit sa place parmi les objets nécessaires à la vie, lorsque au quinzième siècle on apprit à extraire le jus de la canne d'une manière rationnelle et à préparer avec ce jus du sucre solide, lorsque enfin on arriva un siècle plus tard à épurer par raffinage le produit brut¹.

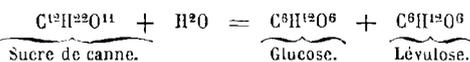
État naturel et propriétés du sucre. — Dans la nature le sucre se rencontre sous forme de *sucre de canne* (saccharose), de *sucre de raisin* (dextrose, glucose) et de *sucre de fruits* ou *sucre incristallisable* (lévulose, chylarose). Le sucre de canne se rencontre en assez grande quantité pour que sa préparation en grand soit avantageuse, dans la canne à sucre, le maïs, le sorgho sucré (*Andropogon glycechylum*), dans le suc de plusieurs espèces d'érable, dans l'érable à sucre notamment, dans le bouleau, la betterave à sucre, la carotte, la racine de garance (qui d'après *W. Stein* en contiendrait jusqu'à 8 0/0), les citrouilles, les melons, les bananes, dans un grand nombre de palmiers, etc. Le sucre de canne n'a pas encore été préparé artificiellement. À l'état cristallisé il a pour formule $C^{12}H^{22}O^{11}$. Les cristaux de sucre (sucre candi) appartiennent au système monoclinodrique, ils sont durs et ont un poids spécifique de 1,6. Ils sont inaltérables dans l'air sec. Chauffés à 180°, ils fondent en un liquide visqueux et incolore, qui par un refroidissement rapide se prend en une masse transparente amorphe (sucre d'orge), qui au bout d'un long temps devient opaque et offre une structure cristalline. À 210 ou 220°, le sucre se transforme en sucre brûlé ou caramel. Il se dissout dans le tiers de son poids d'eau froide et en toutes proportions dans l'eau bouillante. Si l'on maintient la dissolution du sucre à une température

¹ [La consommation du sucre a pris, à partir du commencement de ce siècle, un accroissement énorme : ainsi, en France, de 1812 à 1816, elle ne dépassait pas 14,859,500 kilogr. pour une population de 29,719,000 habitants, soit 1/2 kilogr. par tête ; en 1869, elle s'est élevée à 287,978,000 kilogr., ce qui, pour une population de 58,500,000 âmes, correspond à 7 kilogr. 1/2 par habitant, et, en 1875, la consommation par tête se trouvait portée à 8 kilogr., 870.]

voisine de son point d'ébullition, elle perd peu à peu la propriété de cristalliser et d'autant plus facilement qu'elle est plus concentrée. Le sucre est insoluble dans l'alcool absolu et dans l'éther, mais il se dissout dans l'alcool hydraté, surtout à chaud. La solution aqueuse a une saveur franchement sucrée. A l'état concentré elle peut se conserver pendant longtemps sans altération dans des vases fermés et elle conserve même d'autres objets, comme, par exemple, des fruits, propriété sur laquelle repose l'emploi du sucre pour confire les fruits. La table suivante, dressée par Gerlach (1864), donne le poids spécifique et la richesse en sucre d'une solution de sucre à 17°, 5 cent.

RICHESSE CENTÉSIMALE.	POIDS SPÉCIFIQUE.	RICHESSE CENTÉSIMALE.	POIDS SPÉCIFIQUE.	RICHESSE CENTÉSIMALE.	POIDS SPÉCIFIQUE.
75	1,585542	49	1,227241	24	1,104577
74	1,576822	48	1,221771	25	1,096792
73	1,570545	47	1,216559	22	1,092240
72	1,565910	46	1,210945	21	1,087721
71	1,557918	45	1,205589	20	1,085254
70	1,551168	44	1,200269	19	1,078779
69	1,544860	45	1,194286	18	1,074356
68	1,538594	42	1,189740	17	1,069363
67	1,532570	41	1,184551	16	1,065606
66	1,523188	40	1,179558	15	1,061278
65	1,520046	39	1,174221	14	1,056982
64	1,515946	38	1,169121	15	1,052716
63	1,507887	37	1,164056	12	1,048482
62	1,501868	36	1,159026	11	1,044278
61	1,295890	35	1,154052	10	1,040104
60	1,289932	34	1,149075	9	1,035961
59	1,284034	33	1,144150	8	1,031848
58	1,278197	32	1,139261	7	1,027764
57	1,272579	31	1,134406	6	1,023710
56	1,266600	30	1,129586	4	1,019686
55	1,260831	29	1,124800	5	1,015691
54	1,255161	28	1,120048	3	1,011725
53	1,249500	27	1,115550	2	1,007788
52	1,245877	26	1,110646	1	1,005880
51	1,258263	25	1,105995	0	1,006000
50	1,252748				

La solution aqueuse du sucre de canne dévie à droite le rayon de lumière polarisée. Les acides sulfurique et chlorhydrique étendus et la plupart des autres acides organiques et minéraux transforment le sucre de canne en *sucre interverti*, qui, d'après *Dubrunfaut*, est un mélange de glucose (dextrose) et de lévulose (chylariose) :



La solution de sucre interverti est dextrogyre, parce que le pouvoir rotatoire spécifique de la lévulose est beaucoup plus grand que celui de la glucose. Une conséquence de l'interversion, c'est que dans le règne végétal le sucre de canne ne se trouve que dans les plantes à suc neutre, tandis

que dans les sucres qui, comme le jus de raisin, par exemple, contiennent des acides libres (acides tartrique, malique, citrique), on ne rencontre jamais de sucre de canne, mais de la glucose et de la lévulose. Sous l'influence d'un ferment, le sucre se dédouble et donne les produits ordinaires de la fermentation alcoolique : alcool, acide carbonique, glycérine et acide succinique ; mais avant de se dédoubler il se convertit en lévulose. Sous l'influence de la lumière, le sucre de canne en solution aqueuse se convertit peu à peu (d'après *Raoult*, 1872) en sucre interverti. Le sucre de canne se combine avec les hydroxydes de calcium et de baryum sans se décomposer, et il forme avec ceux-ci des *saccharates*, qui offrent un grand intérêt pour la préparation du sucre en grand.

La manière dont se comporte l'hydroxyde de calcium vis-à-vis des solutions sucrées offre un intérêt particulier, parce que dans la fabrication et le raffinage des sucres de canne et de betteraves la chaux est presque partout employée. L'hydroxyde de calcium mis en contact avec une solution de sucre de canne s'y dissout en grande proportion en donnant un liquide clair, dans lequel se trouve la combinaison $C^{12}H^{22}CaO^{12}$. La solution se trouble lorsqu'on la chauffe et finit par se coaguler complètement, exactement comme l'albumine. Mais le précipité calcaire (consistant en la combinaison $C^{12}H^{22}CaO^{22}$, $2 Ca(OH)^2$) disparaît à mesure que la température s'abaisse, et le liquide est complètement clair avant même qu'il se soit tout à fait refroidi. Si l'on fait passer un courant d'acide carbonique à travers la solution de saccharate de calcium, la chaux est précipitée et le sucre reste inaltéré et incolore dans la dissolution. Une solution de sucre de canne, que l'on fait bouillir pendant 24 heures avec $1/2$ atome de chaux, ne subit pas la moindre altération, tandis qu'une solution analogue sans chaux, traitée de la même manière, a perdu presque tout son sucre. La chaux est par conséquent un excellent moyen pour communiquer au sucre de la stabilité dans les opérations de la fabrication. La combinaison du sucre de canne avec l'hydroxyde de baryum, le *saccharate de baryum* $C^{12}H^{22}BaO^{12}$, mérite d'être mentionnée, parce qu'elle est presque insoluble dans l'eau et que, à cause de cette insolubilité, on a proposé, pour séparer le sucre de canne contenu dans le jus de betteraves et la mélasse, une méthode qui repose sur l'emploi de la baryte caustique et qui est digne d'attention. Le saccharate de baryum est aussi facilement décomposé par l'acide carbonique. L'acide azotique transforme le sucre en acide saccharique ou en acide oxalique, suivant son degré de concentration et la durée de son action. Un mélange d'acide azotique et d'acide sulfurique concentré convertit le sucre en une combinaison explosible (sucre nitré). Le sucre de canne ne réduit pas la solution de sulfate de cuivre mélangée avec un alcali caustique ; la glucose et la chylariose, traitées de la même manière, donnent même à froid un précipité de protoxyde de cuivre.

A. SUCRE DE CANNE.

Canne à sucre. — La *canne à sucre* (*Saccharum officinarum*) est une plante vivace de la famille des Graminées. De la racine fibreuse et feutrée

en certains endroits s'élèvent plusieurs tiges cylindriques munies de nœuds, qui suivant la qualité du sol atteignent une hauteur de 2^m,6 à 6^m,6 et un diamètre de 0^m,04 à 0^m,06. L'extérieur de la tige est vert-jaunâtre ou bleu, ou bien rayé de jaune et de violet. L'intérieur est une moelle celluleuse blanchâtre remplie de jus. Les feuilles, semblables à celles du roseau, acquièrent une longueur de 1^m,60 à 2 mètres et partent des nœuds en deux séries. La fleur apparaît à la pointe de la canne sous forme d'un panicule conique étalé, analogue à l'inflorescence de notre roseau ordinaire. On propage la canne à sucre aussi bien par graines que par boutures ; ce dernier procédé est le plus ordinaire.

Un hectare de terre donne en sucre (sucre brut) :

	AU BOUT DE	
	15 mois de végétation.	1 an.
A La Martinique.	2,500 kilogr.	2,000 kilogr.
— Guadeloupe	5,000 —	2,400 —
— Réunion et à Maurice.	5,000 —	4,000 —
Au Brésil.	7,500 —	6,000 —

Composition de la canne à sucre. — Aucune plante ne contient une aussi grande quantité de sucre que la canne et aucune ne fournit un produit aussi pur. Cultivée dans les conditions ordinaires, la canne à sucre contient 90 pour 100 de jus qui, d'après les recherches de *Péligot*, renferment de 18 à 20 pour 100 de sucre cristallisable.

Les cannes à sucre tahitiennes de La Martinique (a), de La Guadeloupe (b) et de Maurice (c), offrent, suivant *Péligot*, *Dupuy* et *Icery* (1866), la composition suivante :

	(a) PÉLIGOT.	(b) DUPUY.	(c) ICERY.
Sucre.	18,0	17,8	20,0
Eau.	72,1	72,0	69,0
Cellulose.	9,9	9,8	10,0
Sels.	—	0,4	0,7 à 1,2

D'après les récentes analyses de *O. Popp* (1870), des cannes à sucre américaines et africaines présentaient la composition suivante :

	CANNE A SUCRE DE L'AMÉRIQUE. Martinique et Guadeloupe.	CANNE A SUCRE D'AFRIQUE. Égypte moyenne (le Caire)	Égypte supérieure.
Eau.	72,22	72,15	72,15
Sucre de canne	17,80	16,00	18,10
Sucre incristallisable.	0,28	2,30	0,25
Cellulose	9,30	9,20	9,10
Sels.	0,40	0,35	0,42
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Cette composition de la canne à sucre fraîche peut être considérée comme la moyenne de plusieurs tiges différentes ; cependant la teneur en sucre peut varier un peu avec les différentes tiges d'une seule et même planta-

tion : ainsi avec des tiges développées anormalement elle peut descendre au-dessous des chiffres indiqués ; avec d'autres qui se sont développées dans des conditions particulièrement favorables elle peut s'élever à 18 ou 20 pour 100. Des 17 à 18 pour 100 de sucre, qui se trouvent dans la canne, il n'y en a pas généralement plus de 8 pour 100 qui soient livrés au commerce sous forme de sucre cristallisé. Cette grande perte est occasionnée par les circonstances suivantes : 1° des 90 pour 100 de suc que renferme la canne on n'extrait ordinairement que 50 à 60 pour 100, un tiers du sucre reste par conséquent dans la canne écrasée, la *bagasse*, qui sert comme combustible pour la cuisson du jus sucré ; 2° l'imperfection du procédé de défécation et l'enlèvement des écumes pendant la cuisson font perdre au moins un cinquième du sucre contenu dans le jus ; 3° il n'y a que la moitié ou tout au plus les deux tiers du sucre renfermé dans le jus cuit qui cristallisent, tandis que le surplus reste dans la *mélasse*. Les 18 pour 100 de sucre se partagent par conséquent de la manière suivante :

Dans la bagasse il reste environ	6	0/0
Il se perd par la défécation et l'écumage	2,5	
Il reste dans la mélasse	3	
On obtient sous forme de sucre brut	6,5	
		18,0 0/0

Fabrication du sucre de canne brut. — L'*extraction du sucre brut de la canne* comprend : 1° l'expression du jus ; 2° la clarification ou défécation, et 3° l'évaporation ou cuisson du jus.

1. *Expression du jus.* La canne à sucre récoltée doit être apportée aussi rapidement que possible au moulin à sucre ; le plus petit retard sous ce rapport entraînerait, à cause de la haute température, une diminution de sucre dans la canne. Les *cylindres de fonte* ou les *roles*, qui servent pour écraser les cannes, sont représentés par la figure 275. Ces cylindres sont creux et au nombre de trois, *a, b, c*, et ils sont établis dans une bâtis en fonte. Au moyen des vis *i, i*, ils peuvent être rapprochés ou éloignés les uns des autres. L'un des cylindres est mis en mouvement au moyen d'une grande roue munie d'un engrenage, et à l'aide de trois roues dentées fixées à l'axe des cylindres la grande roue fait aussi tourner les autres cylindres. La canne à sucre est amenée sur le plan incliné *dd*, d'où elle passe entre les cylindres à l'aide d'un tablier sans fin. Elle arrive d'abord entre les deux cylindres *a* et *c* (le *role à cannes* et le *role supérieur*), où elle n'éprouve qu'une faible compression, et en passant sur la surface concave *n* (appelée la *bagassière*), elle pénètre ensuite entre les cylindres *c* et *b* (le *role à bagasse*), plus rapprochés l'un de l'autre que les précédents. Afin que le jus ait le temps nécessaire pour s'écouler, les cylindres ne doivent tourner que lentement. Avec des cylindres de 0^m,60 de diamètre, la vitesse de rotation la plus convenable est d'environ 1 mètre par seconde. La canne écrasée tombe dans la rigole *f*. Le jus exprimé (*vesou*) se rassemble en *gg* et s'écoule

par *h*. Le cylindre *a* est cannelé à la surface; quelquefois les cylindres sont tous les trois cannelés.

[En chauffant au moyen de la vapeur les cylindres du moulin, on peut extraire de la canne une plus grande quantité de vesou, parce que la canne chauffée laisse écouler plus facilement son jus; on arrive à un résultat semblable avec des moulins à cinq cylindres, où la canne est soumise successivement à quatre pressions. Des expériences, effectuées tout récemment (1878) à Paris et à La Guadeloupe, ont montré que l'on obtenait un rendement en jus beaucoup plus grand lorsque la canne était soumise à l'action

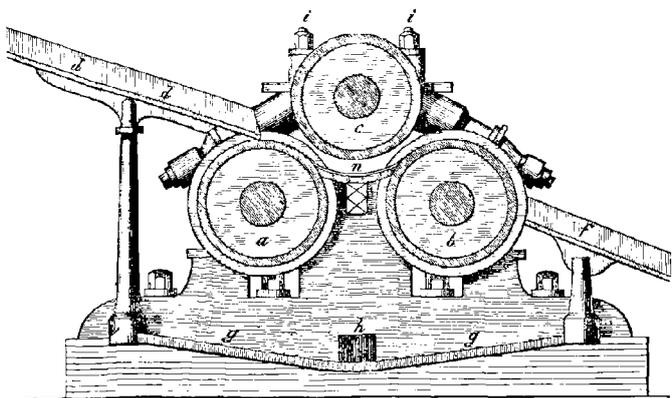


Fig. 275. — Moulin à cylindres pour l'extraction du jus de la canne à sucre.

de la presse après avoir été réduite en pulpe au moyen de machines analogues à celles employées pour hacher la paille: ainsi dans un essai effectué à Paris, dans l'usine *Cail*, avec des cannes qui, en Espagne, donnaient 65 pour 100 de vesou, on a vu le rendement s'élever jusqu'à 82 pour 100; la pulpe pressée pourrait être employée avec avantage à la fabrication du papier.]

2° et 3° *Clarification* ou *défécation* et *cuite* ou *évaporation* du jus. Le jus exprimé ou vesou arrive dans le laboratoire, où on le travaille dans un système de cinq chaudières en fonte ou en cuivre disposées en terrasse, qui forment ce que l'on appelle un *équipage* et qui ont un foyer commun. Le jus en sortant de la presse est amené dans la première chaudière (dite la *grande*), qui sert pour la défécation; cette chaudière est la plus éloignée du feu. La défécation s'effectue avec un lait de chaux: pour 15,000 litres de jus on ajoute 5 à 9 litres de lait de chaux. On reconnaît que l'on a ajouté assez de lait de chaux, lorsqu'il se forme une écume épaisse et solide, dans laquelle se produisent sous l'influence de l'ébullition des crevasses à travers lesquelles s'échappe un liquide incolore. La chaux neutralise l'acide malique et les autres acides végétaux et forme avec l'albumine et d'autres éléments du jus une couche d'écume dense et

d'un vert sale. Dès que le jus a été chauffé jusqu'à l'ébullition, on enlève l'écume à l'aide d'une écumoire et l'on fait passer le jus déféqué dans la deuxième chaudière (appelée la *propre*), où il est soumis à l'évaporation. Dans cette chaudière il se forme encore de nouvelle écume, que l'on rejette dans la première chaudière. Dans les troisième (le *flambeau*) et quatrième (le *sirop*) chaudières, qui sont de plus en plus petites, le jus est porté par évaporation jusqu'à 50° Baumé; enfin dans la cinquième et dernière chaudière (la *batterie*) il est évaporé jusqu'au point de cristallisation. [Dans certaines fabriques on a remplacé les équipages par des chaudières à bascule disposées en gradins et chauffées par un seul foyer; dans quelques autres on a substitué à la *batterie*, où la cuite du sirop a lieu à feu nu, des chaudières qui consistent généralement en un demi-cylindre avec double fond pour la circulation de la vapeur; un axe creux, muni de tubes ou de disques également creux, tourne dans ce vase de manière à agiter constamment la masse, en même temps qu'il la chauffe au moyen de la vapeur qui circule dans son intérieur.] Il se dépose dans les chaudières une croûte de 8 à 10 millimètres d'épaisseur (appelée *cal*), dont la formation nuit beaucoup à la cuisson du jus, parce que c'est un corps très-mauvais conducteur de la chaleur. Pour enlever cette croûte on chauffe la chaudière vide; celle-là éprouve alors un commencement de carbonisation et peut être facilement détachée.

On reconnaît que le sirop a atteint la consistance nécessaire pour la cristallisation à l'aide de la preuve du filet; dans ce but, on prend entre le pouce et l'index une goutte de sirop et l'on écarte les doigts, plus la solution sucrée est épaisse, plus le filet de sirop est long; une longueur de 0^m,03 passe pour un signe de concentration suffisante. Autrefois le sirop cuit était amené de la chaudière évaporatoire d'abord dans les *rafraîchissoirs*, grands vases de bois d'une capacité de 7 à 8 hectolitres, dans lesquels le sucre se séparait en grains, et ensuite dans de grands tonneaux, où la mélasse se séparait du sucre aussi complètement que possible. Mais cette méthode entraînait, par suite de la fermentation, une perte si considérable, qu'on l'a presque partout abandonnée et qu'on a remplacé les rafraîchissoirs par des cristallissoirs en bois d'environ 0^m,36 de profondeur sur 1^m,30 à 1^m,60 de largeur et 2 mètres à 2^m,60 de longueur. Au fond de ces bacs se trouvent des trous, qui sont bouchés par des petits morceaux de canne à sucre. Lorsque, au bout de 24 heures, la masse est devenue grenue, on la brasse et l'on fait écouler par les trous la partie non cristallisée, le *sirop* ou la *mélasse*. Au bout de 3 ou 6 semaines la mélasse s'est égouttée et la masse qui reste dans les bacs est livrée au commerce ou expédiée aux raffineries sous les noms de *sucre brut*, de *cassonade*, de *moscouade* ou de *sucre en poudre*. Dans d'autres districts on introduit le sucre séparé dans les cristallissoirs dans de grands tonneaux placés sur des citernes. La mélasse s'écoule entre les joints des douves et du fond et tombe dans les citernes, qui contiennent 15 ou 20 mille litres et plus. Environ 14 jours après le remplissage des tonneaux, le sucre est assez

purifié. Dans les colonies françaises et anglaises le sucre est retiré des cristalliseurs au bout de 24 heures environ et mis dans des formes, où on laisse la cristallisation s'achever ; on opère ensuite l'égouttage du sirop au moyen de turbines, dans lesquelles le sucre est encore épuré par clairçage avec des sirops dilués ou à la vapeur (voy. *Fabrication du sucre de betteraves*).

[Aux appareils décrits précédemment, qui sont d'ailleurs encore en usage dans un grand nombre de contrées, on a substitué dans quelques sucreries des colonies françaises et d'autres pays (Égypte, Espagne, etc.) des appareils analogues à ceux employés en Europe pour la défécation, l'évaporation et la cuite du jus des betteraves dans le vide (voy. *Sucre de betteraves*). Ces appareils, introduits dans les colonies par *Cail* et *Derosne*, donnent des rendements plus forts (d'environ un tiers) que la méthode primitive des chaudières à air libre ; en outre les produits sont beaucoup plus beaux et ont par suite une plus grande valeur.]

Différentes sortes de sucre. — Les principales sortes de sucre brut qui se rencontrent dans le commerce européen sont les suivantes :

1° *Sortes des Indes occidentales* : Cuba, Saint-Domingue ou Haïti, Jamaïque, Porto-Rico, Martinique, Guadeloupe, Sainte-Croix, Saint-Thomas, La Havane.

2° *Sortes américaines* : Rio-Janeiro, Bahia, Surinam, Fernambouc ;

3° *Sortes des Indes orientales et de l'Indo-Chine* : Java, Manille, Bengale, Maurice, Réunion ou Bourbon, Cochinchine, Siam, Canton.

Depuis quelque temps, on distingue quelquefois en Angleterre le *slaves-sugar* (sucre des esclaves) et le *free-sugar* (sucre libre). Le *free-sugar* vient de La Jamaïque, des Barbades, de Demerara, d'Antigua, de La Trinité, de la Dominique ; le *slaves-sugar* de Cuba, de La Havane, du Brésil, de Sainte-Croix, de Porto-Rico.

La *valeur commerciale du sucre brut* dépend de la quantité et de la nature des substances étrangères qui accompagnent le sucre dans le produit brut. Ces substances sont de l'eau, des matières colorantes, des corps albumineux et gommeux, du sable et de la terre, des sels minéraux solubles, de l'acide acétique et d'autres acides qui proviennent d'une fermentation partielle du sucre. Toutes ces substances doivent disparaître pendant le raffinage. Quelques-unes d'entre elles sont sans influence fâcheuse sur l'épuration du sucre ; l'eau, les débris organiques et le sable diminuent seulement par leur présence la quantité du sucre contenu dans le produit brut, tandis que les substances étrangères solubles, les sels minéraux notamment, abaissent le rendement en sucre raffiné, parce qu'ils transforment une partie du sucre cristallisable en sucre incristallisable. *J. Renner* a trouvé dans 100 parties :

	DE SUCRE BRUT				
	Java.	Havane.	Surinam.	De candi.	Demélis.
Sucre de canne.	98,6 à 83,1	97,0 à 87,5	92,5 à 85,4	99,6	99,7
Sucre incristallisable	5,5 à 0,5	3,7 à 0,9	4,4 à 1,6	0,1	0,2
Eau	6,1 à 0,3	3,5 à 0,9	6,3 à 3,6	0,2	0,1
Cendre.	2,1 à 0,2	1,4 à 0,0	2,0 à 1,2	0,1	—
Caramel, gommes, acides végétaux	3,5 à 0,5	4,5 à 0,4	2,1 à 1,1	—	—

Mélasses. — La mélasse, produit secondaire de la fabrication du sucre de canne, se forme en proportions très-variables suivant les conditions climatologiques dans lesquelles la canne à sucre s'est développée. Dans les régions très-chaudes, où la canne à sucre peut arriver à maturité complète, il se produit moins de mélasse que dans d'autres contrées moins propres à la culture de la canne. La quantité de la mélasse varie en outre suivant la variété de la canne, le temps, la qualité du sol et la nature de l'engrais employé. Au point de vue chimique, la mélasse doit être considérée comme une solution aqueuse concentrée de sucre cristallisable, de sucre incristallisable, de petites quantités de caramel et d'acides minéraux, et dans laquelle se trouvent quelquefois suspendus de petits cristaux de sucre de canne. Elle se présente sous forme d'un liquide brun-rouge foncé, visqueux, filant et d'une saveur fortement sucrée. Une grande partie de la mélasse est employée dans les colonies pour la préparation du *rhum* (voy. *Fabrication de l'alcool*); le reste sert pour l'alimentation comme sucre liquide. La mélasse entre très-facilement en fermentation alcoolique, puis en fermentation acétique. *J. Renner* a trouvé dans des mélasses très-consistantes :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>
Sucre de canne.	52,97	40,36
Sucre incristallisable.	4,50	7,58
Eau.	15,71	16,25
Cendre.	3,55	3,78
Caramel, gomme, etc.	45,65	32,22

Production du sucre de canne. — La *production totale du sucre de canne* s'élève maintenant (1875) à environ 3,150 millions de kilogrammes ainsi répartis :

Cuba	800,000,000 kilogr.
Porto-Rico.	225,000,000
Bésil.	50,000,000
États-Unis.	62,500,000
Maurice.	350,000,000
Réunion	187,500,000
Indes anglaises	525,000,000
Antilles françaises	325,000,000
— danoises.	16,000,000
— hollandaises.	32,000,000
— anglaises.	500,000,000
Java.	275,000,000
Manille.	175,000,000

La production générale annuelle du sucre est représentée par les chiffres suivants :

Sucre de canne.	3,150,000,000 kilogr.
— de betteraves.	1,012,000,000
— de palmiers.	112,000,000
— d'érable.	112,500,000
— de sorgho.	32,000,000
	<hr/>
	4,418,500,000 kilogr.

B. SUCRE DE BETTERAVES¹.

Historique. — [Ce fut vers l'année 1705 que le célèbre agronome français *Olivier de Serres* signala le premier la présence du sucre dans la betterave; en 1747, le pharmacien *Marggraf*, de Berlin, reprit et continua les expériences d'*Olivier de Serres* et parvint à extraire 6,2 0/0 de sucre de la betterave blanche et 4,5 0/0 de la variété rouge. Cette découverte ne passa pas immédiatement dans la pratique. Après la conclusion de la paix d'Aix-la-Chapelle (1748), les Anglais inondèrent de leur sucre colonial, peu cher, les marchés européens, et empêchèrent le sucre de betterave, produit à grands frais, de faire concurrence au sucre colonial. La fabrication du sucre avec les betteraves, délaissée pendant longtemps, ne fut reprise qu'à la fin du XVIII^{me} siècle. Dans un mémoire publié en 1795, un chimiste de Berlin, *Achard*, appela de nouveau l'attention sur les avantages que l'on peut retirer de la culture de la betterave, tant au point de vue agricole que sous le rapport industriel, et en 1799, il présenta au roi de Prusse des échantillons de sucre indigène. En l'an VIII de la République parvint en France la nouvelle des résultats obtenus par le chimiste allemand, et la question fut soumise par l'Institut à l'examen d'une commission composée des plus grands chimistes de l'époque. Mais le prix du sucre colonial était encore trop bas pour permettre à l'industrie nouvelle de s'établir dans des conditions avantageuses. *Achard* avait néanmoins fait faire un grand progrès à la fabrication du sucre de betteraves, et à ce titre il mérite un large tribut d'éloges, mais son caractère et son honneur sont encore plus dignes d'admiration : d'après le *Prince Louis-Napoléon*, cité par *L. Walkhoff*², les Anglais offrirent à *Achard*, sous le voile de l'anonyme, une somme de 150,000 francs, pour étouffer à ses débuts et presque à sa naissance l'industrie du sucre indigène; le chimiste allemand repoussa cette proposition. Suivant le même auteur, on offrit de nouveau à *Achard*, en 1802, une somme de 600,000 francs, s'il voulait publier un ouvrage dans lequel il établirait que son enthousiasme pour la fabrication qu'il avait fondée l'avait entraîné trop loin et que les expériences en grand ne répondaient pas à ses espérances; cette proposition eut le même sort que la première. Mais plus tard les Anglais revinrent encore à la charge et décidèrent *Humphrey Davy* à écrire une brochure dans laquelle il affirmait que le sucre de betteraves était trop amer pour la consommation. Cette affirmation n'empêcha pas les habitants de la France, de l'Allemagne et de la Russie, d'apprécier le sucre nouveau. Les essais, encore une fois interrompus jusqu'en 1810, furent repris vers cette époque. Le moment ne pouvait, du reste, être plus favorable, la guerre avec l'Angleterre et le blocus continental empêchant le sucre colonial de pénétrer sur le continent; l'at-

¹ Ce qui, dans ce chapitre, est entre crochets, est extrait en partie du travail que nous avons publié sous ce titre : *De la fabrication du sucre de betteraves*, Paris, 1874. (Traducteur.)

² *Traité de fabrication et raffinage du sucre de betteraves*, 2^e édit. française traduite par *E. Mérijot et J. Gay-Lussac*, t. I, p. 5: Paris, 1874.

tion des gouvernements fut par suite impérieusement poussée vers la production d'un sucre indigène, et la jeune industrie trouva près des souverains une puissante protection. Le 29 mai 1811, sur l'ordre de l'empereur Napoléon, 32,000 hectares furent livrés à la culture de la betterave et un million de francs distribué à titre d'encouragement. A la même époque, le roi de Prusse soutenait pécuniairement le fondateur de la sucrerie indigène. En Russie, le général *Blankennagel* recevait de l'Empereur un don de 50,000 roubles.

L'Allemagne, dit *Walkhoff*, avait été le berceau de l'industrie sucrière ; elle avait vu s'établir sur son sol les premières fabriques. Cependant, dans les années qui suivirent, les Allemands semblèrent négliger cette branche de production. C'est à la France que revient l'honneur d'avoir repris la voie qu'on abandonnait et de l'avoir poursuivie avec le plus brillant succès. Protégée par le gouvernement impérial, la fabrication du sucre commença à prendre un essor puissant. Napoléon 1^{er} pourrait à juste titre être nommé le second père de l'industrie de la betterave, et il mérite à cet égard toute notre reconnaissance. Des encouragements de toute nature soutenaient les recherches des savants français : ainsi, le 2 janvier 1812, *Benjamin Delessert*, dans son usine de Passy, recevait, des mains de l'Empereur, la croix de la Légion d'Honneur comme récompense de ses travaux. Des prix nombreux comme des faveurs de toute sorte entretenaient l'élan de l'industrie.

Depuis *Marggraf*, depuis *Achard* jusqu'à *Delessert*, depuis *Delessert* jusqu'à nous, l'extraction du sucre de betteraves n'a cessé de grandir sous l'influence des travaux de *Chaptal*, de *Dubrunfaut*, de *Payen*, de *Crespel-Delisle*, de *Derosne*, de *Dumont*, de *Mathieu de Dombasle*, de *Pelouze*, de *Kuhlmann*, de *Schatten*, de *Schutzenbach*, et de bien d'autres. La production, qui en France n'était que de 4 millions de kilogrammes en 1829, s'élève maintenant au chiffre énorme de 400 millions.]

Betterave à sucre. — La plante d'où provient la *betterave* (la betterave à sucre, fig. 274) est une plante bisannuelle de peu d'apparence (*Beta maritima*), qui croit spontanément sur les bords de la Méditerranée, principalement sur les côtes espagnoles et portugaises, ainsi qu'en Dalmatie, et qui appartient à la famille des Aroches (Chénopodées, Atriplicées). Pendant longtemps on a cru à tort que la betterave à sucre était un hybride de la betterave blanche, opinion qui n'était possible que dans l'enfance de la science. La betterave ne fut d'abord cultivée que dans les jardins. On la cultivait comme légume à cause de ses feuilles savoureuses et la variété rouge à cause de sa racine, jusqu'à ce que vers le commencement du dix-neuvième siècle elle fut mise au nombre des plantes alimentaires. Mais, comme telle, elle ne fut pas convenablement appréciée, jusqu'à ce que enfin le blocus continental fit souvenir de sa grande richesse en sucre. Depuis lors elle a acquis, comme plante industrielle, l'importance la plus grande. L'agronome doit avoir pour but de produire, sur une surface donnée, le maximum de betteraves très-riches en sucre, le chimiste et le physiologiste agriculteurs doivent s'efforcer d'élever la teneur moyenne en sucre (de 10 à 11,5 0/0) en modifiant la

nutrition de la plante par une fumure convenable et une culture soignée. De nombreuses analyses de betteraves à sucre ont donné une richesse en sucre de 13 et même de 14 0/0. Quel triomphe pour la science agricole, si un jour on arrivait à faire exception à la règle et à donner à toutes les betteraves une

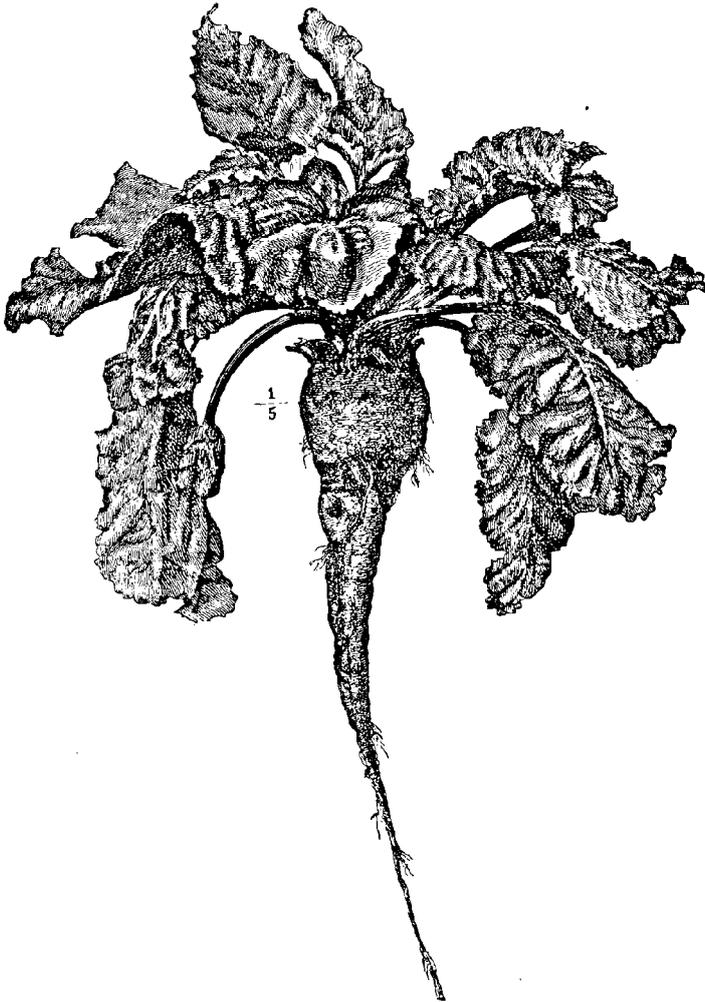


Fig. 274. — Betterave à sucre au commencement de septembre.

richesse saccharine de 14 0/0! Sous ce rapport, il y a encore beaucoup à attendre du développement de la science agronomique.

En Allemagne, on cultive six sortes principales de betteraves à sucre : 1° la *betterave de Quedlinburg* (grêle et fusiforme, rougeâtre ou légèrement

colorée en rose, elle est très-riche en sucre et mûre 14 jours plus tôt que toutes les autres sortes); 2° la *betterave de Silésie* (piriforme, côtes des feuilles vert-clair, d'où le nom de *côte verte* qu'on lui donne aussi, elle est plus pauvre en sucre que l'espèce précédente, mais elle fournit un rendement en poids considérable); 3° la *betterave de Sibérie* (piriforme, côtes des feuilles vert-blanchâtre, d'où le nom de *côte blanche*, qu'on lui donne également, encore plus pauvre en sucre que la betterave de Silésie, mais elle donne un rendement en poids élevé); 4° la *betterave française* (ou belge) (à petites feuilles, grêle et fusiforme, riche en sucre); 5° la *betterave impériale* (grêle et piriforme, betterave la plus riche en sucre); 6° la *betterave électorale* (variété de la précédente, d'après *F. Knauer*, de Gröbers près de Halle sur Saale). [En France on cultive de préférence la *betterave blanche de Silésie*, variété à collet rouge.]

La betterave est une plante bisannuelle: dans la première année elle ne développe que sa racine et ses feuilles, dans la seconde elle produit les graines. Pendant la première année, les feuilles et la racine puisent dans l'atmosphère et dans le sol des aliments atmosphériques et minéraux et de grandes quantités d'eau, substances qui, élaborées par les feuilles, contribuent en partie à l'accroissement du pédoncule floral et des graines. C'est précisément l'accumulation de ces liquides dans le tissu des racines qui rend la betterave si convenable pour l'extraction du sucre.

L'augmentation de la teneur en sucre avec l'accroissement de la betterave est démontrée par les expériences de *Lotman*, qui trouva dans le jus:

Le 19 juillet.	2,7	0/0	de sucre.
— 6 août.	4,2	—	—
— 17 —	4,9	—	—
— 1 ^{er} septembre.	6,9	—	—
— 21 —	7,5	—	—
— 4 octobre.	9,3	—	—
— 12 —	9,6	—	—

Le meilleur moment pour la récolte de la betterave serait par conséquent celui où elle est le plus développée et où elle a accumulé dans ses vaisseaux la plus grande quantité de suc riche en sucre. Comme la végétation de la betterave ne s'arrête pas pendant l'hiver, bien qu'en cette saison elle ne soit que peu marquée, le temps le plus convenable pour la récolte serait le printemps, au moment où le contenu des cellules des racines va être en partie employé au développement du pédoncule floral. Malheureusement la betterave ne supporte pas le vent glacé du nord, et l'on est obligé, au lieu d'attendre la récolte plus productive du printemps, de procéder à cette opération dès l'automne.

D'après *L. Walkhoff*, on ne peut obtenir des betteraves riches en sucre que dans les années où la somme des températures quotidiennes atteint en-

viron 3100 à 3200°. Le total se partage à peu près ainsi qu'il suit dans les différents mois :

Avril	250
Mai	480
Juin	550
Juillet	550
Août	570
Septembre	442
Octobre	270
	5092

Relativement au *rendement en betteraves* dans les différents pays on possède les indications suivantes :

En hectare fournit les quantités indiquées dans le tableau ci-dessous¹ :

PAYS.	OBSERVATEURS.	BETTERAVES		SUCRE.
		EN GÉNÉRAL.	PROPRES À LA FABRICATION.	
		KILOGR.	KILOGR.	
Autriche	Krause.	27800 à 29000	17600 à 24600	1540 à 2168
Autriche	Burger.	55800 à 58600	28600 à 52800	2512 à 3120
Bohême	Neumann.	22400 à 29000	19000 à 24600	1772 à 2520
Province de Saxe	Lüdersdorf.	29200	24800	2176
Province de Saxe	Thaer.	56000	50600	2662
Bade	Stölzel.	24000 à 52000	20400 à 27200	1792 à 2592
France (départ. du Nord)	Dumas.	59600	35700	2952
France (autres départements)		24800	21000	1842
France	Boussingault.	29800	25400	2152

En général, on a coutume de considérer comme très-bon un rendement par hectare de 28,000 à 32,000 kilogr. de betteraves étêtées et lavées.

Composition chimique de la betterave. — La chair de la betterave à sucre se compose d'un agrégat de cellules, dans lesquelles est contenu le jus clair et incolore. Les cellules sont extrêmement petites; 1 centimètre cube de chair de betterave contient plus de 60,000 cellules. La betterave n'est pas, paraît-il, imprégnée d'un jus partout homogène². La

¹ D'après *L. Walkhoff* (1873), un hectare fournit en moyenne :

En Allemagne	2,400 kilogr. de sucre brut.
— France	2,760 — —
— Russie	1,680 — —

² Comme *A. Heintz* le rapporte, il est certain, d'après *J. Sachs*, de Würtzbourg, que la racine de la betterave ne peut pas être imprégnée d'un suc partout homogène. Non-seulement les parois des cellules sont certainement imprégnées d'un suc moins riche en sucre, mais encore les cellules riches en albumine des faisceaux vasculaires contiennent positivement moins de sucre que le parenchyme. En outre, on a toutes sortes de raisons pour admettre que le suc qui imbibé le protoplasma des cellules du parenchyme renferme moins de sucre que le liquide cellulaire proprement dit, qui remplit l'intérieur des cellules. D'après les observations de *Siemens*, la partie inférieure des betteraves contient un jus plus concentré que la partie supérieure.

composition chimique moyenne de la betterave à sucre est la suivante :

Eau	82,7
Sucre	11,3
Cellulose	0,8
Albumine, caséine, et autres substances albuminoïdes	1,5
Matière grasse	0,1
Substances organiques, comme acide citrique, acide malique, acide arabique (gomme de betterave $C^{12}H^{22}O^{14}$), pectine et acide pectique, matière colorante, asparagine, acide aspartique ($C^4H^7AzO^4$), acide homologue de l'acide aspartique ($C^5H^9AzO^4$), bétaine ¹ , etc.	5,7
Sels organiques (oxalate et pectate de calcium, oxalate de potassium, oxalate de sodium et pectate de sodium).	
Sels minéraux (nitrate et sulfate de potassium, chlorure de potassium, phosphate de calcium, phosphate de magnésium, etc.).	

Les betteraves employées dans la province de Saxe ont en général :

pour richesse <i>maxima</i>	15,3 0/0
— <i>minima</i>	9,2
en moyenne	11,2

Les betteraves conservées dans la terre sans être arrachées perdent de leur richesse en sucre, parce qu'elles absorbent de l'eau, que le sucre de canne se transforme en sucre incristallisable et qu'enfin en croissant elles consomment une partie de leur sucre : ainsi on a vu la teneur en eau s'élever de 82 à 84 0/0. Des betteraves qui en automne ne contenaient pas de sucre incristallisable en offraient des traces dès le mois de janvier, des quantités appréciables en février et en mars, quantités qui dans certains cas s'élevaient jusqu'à 2 0/0. Les analyses suivantes donnent une idée nette du changement qu'éprouvent les betteraves que l'on conserve :

	Octobre.	Février.
Fibres végétales et substances pectiques	5,49 0/0	2,52 0/0
Eau	82,06	84,56
Sucre	12,40	12,60
Sucre incristallisable	0	0,65
Sels minéraux	0,75	0,63
Acides organiques, albumine, bétaine et extractif.	1,50	1,24

1250 kilogr. de betteraves donnent 100 kilogr. de sucre brut².

¹ La bétaine a, d'après C. Scheibler, la formule $C^5H^{14}AzO^3 + H^2O$; elle est identique avec la lycine, du *Lycium barbarum* (Solanées), suivant A. Husemann, ainsi qu'avec l'oxynerine obtenue par Liebreich (1870) comme produit de décomposition du protagon. [Elle peut être considérée comme du glycocole triméthyle $C^3H^2(CH^3)^3AzO^2$, car P. Griess est parvenu (1875) à la préparer par synthèse avec le glycocole, l'iodure de méthyle et l'alcool méthylique.]

² En 1856, 900 kilogrammes de betteraves ont donné 50 kilogrammes de sucre brut

— 1842, 800	—	—	50	—	—
— 1846, 700	—	—	50	—	—
— 1857, 600	—	—	50	—	—
— 1871, 55	—	—	50	—	—

Saccharimétrie. — La *saccharimétrie* a pour but la détermination de la richesse en sucre de canne des betteraves, du jus et du sucre brut. La détermination du sucre, appelée avec raison la base scientifique de la fabrication du sucre tout entière, peut être effectuée de trois manières :

- 1° Par voie mécanique ;
- 2° Par voie chimique ;
- 3° Par voie physique.

Détermination de la richesse saccharine des betteraves par voie mécanique.

Le dosage du sucre de betteraves est *direct*, lorsqu'on cherche à extraire tout le sucre d'une quantité pesée de racines et qu'on détermine celui-ci dans l'extrait, ou *indirect*, lorsqu'on détermine la teneur en sucre du jus simplement extrait et la teneur en jus de la pulpe. Dans le dernier cas, on détermine, par exemple, par lavage complet d'une quantité pesée de pulpe, le marc insoluble dans l'eau, et l'on pèse : jus = betterave moins marc. — Ou bien, comme l'ont proposé *Al. Müller, Grouven et Stammër*, on détermine par dessiccation combien d'eau 0/0 est contenue : 1° dans le jus exprimé = S, 2° dans la betterave non pressée = s, et l'on nomme s/S = proportion de jus. Les deux déterminations indirectes sont basées sur cette définition : Le jus est la *quantité totale* de l'eau contenue dans les racines de betteraves, plus toutes les substances qui y sont solubles ou dissoutes. Les indications de *E. Schulze* ont montré que, lorsqu'on opère avec suffisamment de soin, ces deux méthodes conduisent à des résultats concordants.

D'après la méthode *directe*, on isole le sucre contenu dans la betterave en procédant de la manière suivante : On pèse avec soin 25 ou 30 gram. de la betterave coupée en rondelles minces (dans la partie moyenne de la racine) et on les dessèche jusqu'à ce que le résidu ne perde plus de poids. On apprend ainsi la quantité de l'eau et celle de la substance sèche contenue dans la betterave. Le résidu est pulvérisé et traité plusieurs fois par de l'alcool bouillant d'une densité de 0,85, qui dissout le sucre. La partie non dissoute donne après dessiccation le poids de la cellulose, des substances protéiques et d'une partie des éléments minéraux. Si l'on expose la solution alcoolique dans le vide en présence de chaux caustique, la solution se concentre peu à peu et le sucre se sépare en petits cristaux incolores et transparents ; l'alcool presque absolu qui reste ne contient plus rien en dissolution au bout de quelques jours. De bonnes betteraves à sucre laissent environ 20 0/0 de résidu sec ; la teneur en eau s'élève par conséquent à 80 0/0. Sur les 20 0/0 de résidu on peut compter 13 0/0 environ pour le sucre et 7 0/0 pour la pectine, la cellulose, les corps protéiques et les sels minéraux.

Dans la méthode *directe*, d'après laquelle on détermine dans la pulpe la proportion de jus, et dans le jus la proportion de sucre, on prend quelquefois comme point de départ la densité du jus. Plus est élevé le *poids spécifique* du jus des betteraves cultivées dans des conditions favorables, plus est grande sa *richesse en sucre* ; il résulte de là que le poids spécifique peut fournir des indications sur la richesse centésimale en sucre. Le jus des bonnes betteraves marque 8° B., quelquefois même 9°. Pour les betteraves

qui n'ont pas été bien cultivées et qui sont venues dans un sol peu convenable, l'aréomètre ne peut pas être employé pour la détermination de la richesse en sucre, parce que les sels minéraux solubles des betteraves, la quantité de ceux-ci et celle du sucre étant égales, élèvent le poids spécifique beaucoup plus que le sucre.

Détermination de la richesse saccharine des betteraves par voie chimique.
Par *voie chimique* on détermine la richesse saccharine des betteraves :

a. En se basant sur la solubilité de l'hydrate de chaux dans le sucre de canne en proportions déterminées;

b. En transformant par les acides le sucre de canne en sucre interverti (mélange de lévulose et de dextrose ou glucose) et déterminant la quantité de celui-ci par réduction de l'hydrate de bioxyde de cuivre en protoxyde;

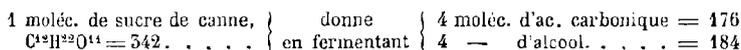
c. En transformant par fermentation en alcool et en acide carbonique le sucre de canne converti en sucre interverti et en déterminant la quantité de l'acide carbonique (4 CO^2 correspondant à 1 molécule de sucre de canne $\text{C}^{12}\text{H}^{22}\text{O}^{11}$).

La *première* de ces méthodes, qui est basée sur la *solubilité de l'hydrate de chaux dans une solution de sucre de canne*, consiste à broyer le liquide sucré avec un excès d'hydrate de chaux, à déterminer avec de l'acide sulfurique titré la quantité de la chaux dissoute dans le liquide et ensuite à calculer la quantité de sucre correspondante. Cependant ce procédé suppose, pour qu'il puisse devenir d'un emploi général, que le saccharate de calcium dissous dans l'eau a une composition constante, ce que l'expérience n'a point confirmé.

La *deuxième* méthode repose (d'après l'observation de *Trommer*) sur les faits suivants : 1° le sucre de canne ne réduit pas le bioxyde de cuivre suspendu dans une solution alcaline, mais il réduit cet oxyde dès qu'il a été transformé en sucre interverti par l'acide sulfurique étendu ou l'acide chlorhydrique; 2° la quantité du bioxyde de cuivre réduit à l'état de protoxyde dans cette réaction est proportionnelle à la quantité du sucre employé. Cette méthode est aussi connue sous le nom de méthode de *Barreswil-Fehling*. La manière la plus convenable de préparer la solution alcaline de cuivre nécessaire pour l'opération consiste à mélanger une dissolution de 40 grammes de sulfate de cuivre dans 160 gram. d'eau avec une solution de 110 gram. de tartrate neutre de potassium dans une petite quantité d'eau et 600 à 700 gram. d'une lessive de soude caustique d'un poids spécifique de 1,12. Le mélange est étendu à 1154,4 cent. cubes à 15°. Un litre de la solution de cuivre ainsi préparée contient 54 gram. 650 de sulfate de cuivre et exige pour être réduit 5 gram. de dextrose ou de lévulose, ou 10 atomes de sulfate de cuivre (1247,5) sont réduits à l'état de protoxyde par 1 molécule de dextrose ou de lévulose (180) ($35,650 : 5 = 1274,5 : 180$ ou $= 6,95 : 1$); 10 cent. cubes de la solution de cuivre correspondent par conséquent à 0 gr. 050 de dextrose ou de lévulose sèche. Si, avec *Mulder*, on préfère à l'emploi des liqueurs titrées la pesée du protoxyde précipité et transformé en bioxyde par grillage, il faut se rappeler que 1 partie de bioxyde

de cuivre correspond à 0,552 partie de dextrose ou de lévulose (de la formule $C^6H^{12}O^6 + H^2O$). Pour employer cette liqueur titrée on étend un poids déterminé du liquide sucré à essayer jusqu'à 10 ou 20 fois son volume en centimètres cubes. D'un autre côté, on étend 10 centim. cubes de la solution de cuivre avec 40 centim. cubes d'eau, on chauffe le liquide à l'ébullition et l'on y ajoute de la solution sucrée, jusqu'à ce que tout le bioxyde de cuivre soit réduit. Plus on approche de ce point, plus est abondant et rouge le précipité, et plus il se dépose rapidement; un échantillon du liquide filtré ne doit donner la réaction du cuivre ni avec l'hydrogène sulfuré, ni avec le ferrocyanure de potassium (dans ce dernier cas le liquide étant préalablement acidulé). Si le liquide filtré renferme du sucre en excès, il montre promptement une coloration jaunâtre. Comme le sel de bioxyde de cuivre est réduit instantanément et en quantité proportionnelle, une longue ébullition de la liqueur n'est pas nécessaire, si on la maintient toujours en ébullition ou près de cette température. Pour doser de cette manière le sucre de canne, il faut d'abord le convertir en sucre interverti en le chauffant pendant plusieurs heures avec de l'acide sulfurique ou de l'acide tartrique. 100 parties de dextrose ou de lévulose correspondent à 95 parties de sucre de canne.

La troisième méthode, l'essai par fermentation, repose sur ce fait, que le sucre de canne en solution aqueuse se transforme au contact d'un ferment en dextrose ou en lévulose, qui éprouve ensuite la fermentation alcoolique et se convertit en alcool et en acide carbonique. L'équation suivante, autrefois considérée comme exacte, mais que maintenant on ne peut plus admettre, sert de base à cette méthode :



La méthode par fermentation la plus ancienne consiste à mesurer à l'aide de l'alcomètre la quantité et la force de l'alcool obtenu et séparé par distillation; ce procédé très compliqué n'est plus employé.

La méthode est d'une exécution plus facile, si l'on détermine la quantité de l'acide carbonique dégagé. On emploie dans ce but l'appareil alcalimétrique de *Frésenius* et *Will* (voyez t. I, pages 244 et 531). Lorsque la fermentation est terminée, on aspire l'air de l'appareil, et l'on détermine la perte produite par l'acide carbonique dégagé, perte qui multipliée par :

$$\begin{array}{l} 171/88 = 1,9452 \text{ donne la quantité du sucre de canne,} \\ 180/88 = 2,04545 \text{ — de la dextrose.} \end{array}$$

On détermine aussi l'acide carbonique par l'augmentation de poids que subit un appareil rempli de potasse, ou bien sous forme de carbonate de baryum, en faisant arriver l'acide carbonique dans une solution ammoniacale de chlorure de baryum.

Détermination de la richesse saccharine des betteraves par voie physique (saccharimétrie optique). Par voie physique on dose le sucre en se basant sur l'observation de ses propriétés optiques. Le sucre de canne, la dextrose et la dextrine dévient à droite le plan de polarisation de la lumière, le sucre incris-

tallisable (lévulose, chylarose) le dévie à gauche, et la déviation est proportionnelle à la richesse en sucre de la solution, etc., et à l'épaisseur de la couche de dissolution par laquelle passe le rayon de lumière polarisée. D'après la grandeur de la rotation que produit une couche liquide de hauteur déterminée dans le plan de la polarisation, on peut déterminer la richesse du liquide en les substances précédentes. Si, par exemple, une solution sucrée, contenant dans 100 centimètres cubes 15 gram. de sucre et renfermée dans un tube de 200 millim. de long, dévie de 20° à droite le plan de polarisation, le pouvoir rotatoire d'une dissolution qui contient dans 100 centimètres cubes 30 gram. de sucre est de 40° dans le même tube. Il suffit donc d'avoir un appareil pour la mesure exacte du pouvoir rotatoire, afin d'être en état de calculer, d'après la grandeur de la rotation, la richesse en sucre d'une dissolution. Ces appareils portent le nom de *polarimètres*. Les appareils construits par *Mitscherlich*, *Ventzke* et *Soleil*, *J. I. Polh* et *Wild*, sont les plus usités. Le *procédé polarimétrique*⁴ peut aussi être employé pour le jus de betteraves et les produits de la fabrication du sucre; avec un peu d'exercice il conduit rapidement au but et il donne de meilleurs résultats que les autres procédés saccharimétriques.

Extraction du sucre des betteraves. — L'extraction du sucre des betteraves comprend les opérations suivantes :

- I. Lavage et mondage des betteraves ;
- II. Extraction du jus des betteraves ;
 - α. Par expression, procédé dans lequel la betterave est réduite en pulpe et le jus extrait de celle-ci au moyen de presses ;
 - β. Au moyen d'appareils centrifuges, qui expulsent le jus de la pulpe par la force centrifuge ;
 - γ. Par macération (d'après *Schützenbach*), méthode dans laquelle le jus est extrait de la pulpe au moyen de l'eau ;
 - δ. Par le procédé de diffusion imaginé par *Robert* (osmose ou dialyse), d'après lequel la betterave est coupée en tranches minces (cossettes), qui sont ensuite lessivées systématiquement avec de l'eau à une température déterminée dans des vases spéciaux (appareils de diffusion) ;
- III. Dégélation du jus :
 - α. Par la chaux, suivie d'un traitement par l'acide carbonique (ancienne méthode de dégélation et saturation) ;
 - β. Par l'action simultanée de la chaux et de l'acide carbonique (carbonatation double de *Périer* et *Possoz*).
- IV. Filtration du jus sur le noir animal ;
- V. Évaporation du jus et filtration du sirop sur le noir animal ;
- VI. Cuite à cristallisation du sirop filtré ;
- VII. Séparation du sucre et du sirop ; travail des bas-produits.

I. Lavage et mondage des betteraves. — Avant d'être employées, les betteraves sont débarrassées au moyen d'un lavage de la terre adhérente et dépouillées des parties inutiles (tête ou collet, portions altérées). Le déchet ainsi produit est rarement au-dessous de 10 pour 100, et souvent il s'élève jusqu'à environ 20 pour 100 du poids des betteraves.

⁴ [Voy. pour la description détaillée de cette méthode et des appareils qu'elle nécessite : *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française traduite par *L. Gautier*, p. 871, et *L. Walkhoff*, Traité de fabrication et raffinage du sucre de betteraves, 2^e édition française traduite par *E. Mérijot* et *J. Gay-Lussac*, t. I, p. 535.]

Une des machines à laver les plus employées est celle de *Champonnois*; cette machine (fig. 275) se compose essentiellement d'un tambour à claire-voie en bois ou en fer *bb* mobile autour de son axe *e* sur les galets *k* et qui est disposé dans une auge *c* de manière que tout au plus la moitié de son diamètre s'y trouve contenue; cette auge renferme assez d'eau pour que le tambour plonge d'environ 0^m,24. Le tambour, qui fait environ huit tours en une minute, reçoit son mouvement par l'intermédiaire des roues dentées *m* et *n* et de la poulie *f*. Latéralement se trouve une trémie *a* par laquelle les betteraves arrivent dans l'appareil. Pendant la rotation, par laquelle les betteraves sont dépouillées de toute la terre adhérente, les racines sont amenées vers l'extrémité du tambour un peu incliné sur une palette en hélice *i*, qui les enlève et les porte sur une surface à claire-voie inclinée, en *d*, où les ouvriers les reçoivent et leur enlèvent avec un couteau la tête¹ et les parties altérées et ligneuses. Les betteraves lavées ne doivent pas être conservées longtemps; le mieux est de les porter immédiatement de la machine à laver à la râpe. Pour 50,000 à 60,000 kilogrammes de betteraves, on compte par jour (24 heures) une dépense de force de deux chevaux, la longueur du tambour laveur étant de 3^m,10 à 4 mètres, son diamètre de 1 mètre et sa vitesse de 30 ou 40 tours à la minute.

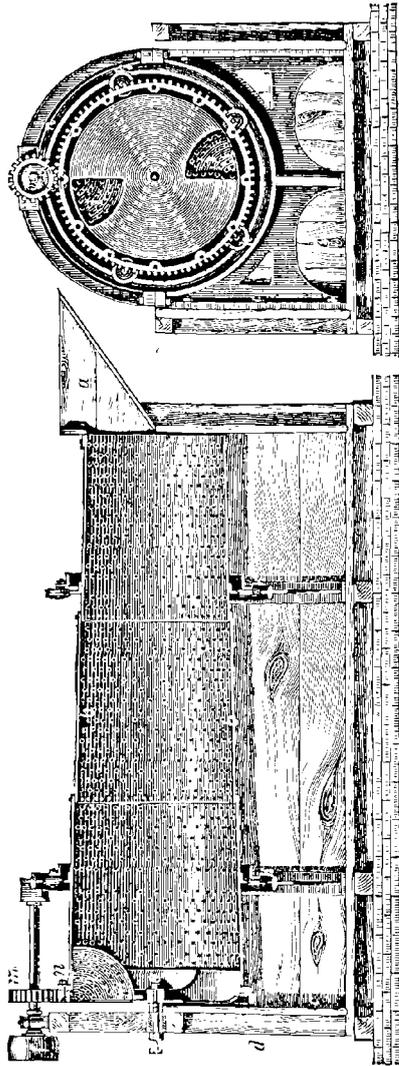


Fig. 275. — Appareil à laver les betteraves

¹ [Le *décolletage* ou *étélagé* des betteraves, c'est-à-dire l'enlèvement de la portion supérieure et verte, qui se compose d'un amas de cellules renfermant un jus peu sucré, mais riches en matières étrangères, se fait généralement en France sur le champ même, immédiatement après l'arrachage; mais il vaut mieux, comme cela se pratique en Allemagne, n'effectuer cette opération qu'après le lavage des betteraves dans la fabrique.]

[Un autre appareil de construction récente est également employé dans quelques sucreries françaises; il consiste en une grande caisse en tôle forte, divisée par une cloison transversale en deux compartiments inégaux, dont l'un, le plus grand, est le *laveur* proprement dit, et l'autre l'*épieur*. Le laveur est muni d'un double fond percé de trous, et il est incliné vers l'autre compartiment. La caisse est traversée dans toute sa longueur par un arbre ou axe en fonte, reposant sur des coussinets et portant, du côté de l'épieur, une roue dentée, par l'intermédiaire de laquelle il reçoit son mouvement. La portion de l'arbre qui se trouve dans le laveur est munie de bras en bois disposés en spirale, tandis que la partie correspondant à l'épieur porte des bras en fonte, égaux en longueur et placés en croix. Un tuyau muni de deux robinets, l'un à droite et l'autre à gauche, amène l'eau nécessaire pour le lavage. Les betteraves préalablement étêtées sont jetées continuellement par deux ou trois ouvriers à l'extrémité droite du laveur, et sous l'influence du mouvement de rotation de l'arbre et de ses bras, les racines se meuvent dans l'eau en décrivant une spirale autour de l'axe, parce qu'il leur est impossible de s'échapper entre les bras de celui-ci et les parois de la caisse; elles sont ainsi finalement amenées vers le bord supérieur de l'épieur, où elles tombent par leur propre poids. Dans cette partie de l'appareil, les betteraves sont saisies par les bras en fonte de l'arbre et projetées sur un plan incliné qui les conduit à la râpe, tandis que les pierres, plus lourdes que les racines, roulent au fond de la caisse et en sont retirées de temps en temps. La terre qui se détache des racines passe à travers les trous du double fond du laveur; elle ne peut plus par conséquent se mélanger avec celle qui se sépare des betteraves nouvellement jetées dans l'appareil, de telle sorte que l'eau conserve une propreté relative pendant un temps assez long; il est cependant nécessaire de la renouveler de temps à autre.]

II. Extraction du jus des betteraves. — Le jus, liquide trouble coloré en jaunâtre, contient du sucre de canne, de l'albumine se coagulant par la chaleur, d'autres substances azotées non coagulables par la chaleur, mais précipitables par l'ébullition avec de la chaux, et des sels potassiques. Les proportions relatives de ces éléments sont soumises à de nombreuses variations qui dépendent du sol, de la fumure, du temps, de la variété de la betterave. On a coutume de désigner par abréviation tous les éléments dissous dans le jus de betterave, le sucre excepté, sous le nom de collectif de *matières* ou *substances étrangères*.

L'extraction du jus s'effectue de différentes manières, et les méthodes employées peuvent être, dans ce qu'elles ont d'essentiel, rapportées à *deux* systèmes. Dans l'un de ces systèmes, les cellules des betteraves sont complètement ouvertes pour en extraire le jus; dans l'autre, les cellules restent au contraire fermées et le jus en est retiré par voie dialytique (par diffusion).

Les méthodes appartenant au *premier* mode d'extraction sont assez généralement en usage depuis un grand nombre d'années. D'après ces méthodes,

les betteraves sont réduites en une pulpe ténue et le jus en est extrait : (α) par expression, ou (β) par la force centrifuge, ou enfin (γ) par macération.

La betterave est un agrégat de cellules, dans lesquelles se trouve le jus sucré. Pour obtenir ce dernier, les cellules doivent être déchirées et ouvertes. De la division plus ou moins complète du tissu de la betterave dépend en grande partie le rendement en sucre ; car, si la division n'est pas complète, un grand nombre de cellules restent fermées, et de celles-ci on ne peut extraire le jus, même à l'aide du procédé d'expression le plus parfait. Primitivement on se servait pour le *râpage des betteraves* de râpes à main, qui ne convenaient pas pour la fabrication en grand, même lorsque les râpes étaient fixées à des cylindres. On se sert maintenant généralement de la machine à râper de *Thierry*, qui est représentée en perspective par la figure 276, dans laquelle la râpe elle-même est recouverte par le manteau *u*. La râpe (dont les parties essentielles sont représentées par la figure 277) con-

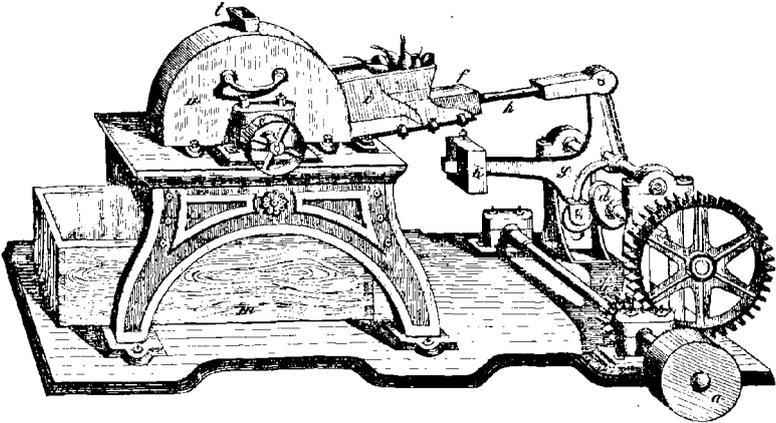


Fig. 276. — Râpe à betteraves.

siste en un cylindre de 50 à 60 centimètres de long sur 0^m, 80 à 1 mètre de diamètre, et dont la périphérie est garnie de lames dentées, de manière qu'il n'y ait que les dents qui débordent au-dessus des morceaux de bois intercalés. Au lieu de cylindres de bois, comme ceux dont on se servait autrefois, on emploie maintenant pour la confection du cylindre deux disques de fonte ayant la disposition indiquée dans la figure 277, sur lesquels peuvent être montées 250 lames dentées alternant avec des tasseaux de bois. Le cylindre est mis en mouvement par la poulie *S*. *t* est un entonnoir pour verser de l'eau, *i* est une trémie en forme de boîte dans laquelle on met les betteraves à râper ; la trémie est ordinairement séparée en deux compartiments, de manière que les betteraves sont poussées tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre de ces compartiments. Pour presser les betteraves contre la râpe, on employait autrefois la main, mais maintenant on se sert de dispositions mécaniques (dites *poussoirs*), qui sont mises en mouvement de différentes ma-

nières. Une disposition de ce genre, qui est très-employée, est représentée dans le dessin. Au moyen de la poulie *a* et du pignon *b*, la roue *c* et l'excentrique *d* sont mis en mouvement; l'excentrique, par l'intermédiaire du galet *e*, agit sur le levier *g*, la bielle *h* et le poussoir *f*, et celui-ci revient lorsque l'action cesse. La pression sur les betteraves est par conséquent produite moins par le mécanisme que par le poids *k*. Le manteau *u* qui entoure la râpe empêche la projection de la pulpe, qui est reçue dans une auge *m*. Le cylindre effectue 1,000 à 1,200 tours à la minute, vitesse avec laquelle on peut obtenir un rendement de 40,000 à 50,000 kilogrammes de pulpe. Une machine à râper pour 50,000 kilogrammes de betteraves absorbe une force de 8 à 10 chevaux. Pendant que l'appareil est en activité on fait tomber sur la râpe un peu d'eau, que l'on verse par l'entonnoir *t*. [Lorsqu'on se sert pour l'extraction du jus de la presse continue *Poizot*, dont il sera question plus loin, au lieu d'eau, on fait arriver sur la râpe le jus très-étendu, provenant de l'une des pressions; l'addition de ce liquide n'a pas seulement pour but de rendre le râpage plus facile, elle est aussi destinée à délayer la pulpe et à faciliter

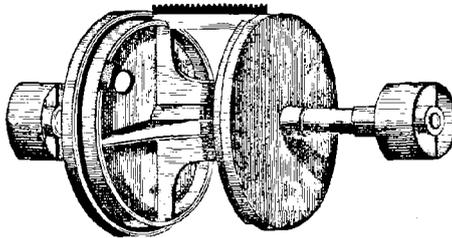


Fig. 277. — Disposition des lames dentées de la râpe à betteraves.

ainsi son mouvement dans les tuyaux qui la conduisent aux presses; en outre, le jus étant plus dilué s'écoule plus facilement pendant la pression, et le rendement en sucre est augmenté, parce que le liquide retenu dans la pulpe présente une concentration moins grande.]

Une autre râpe à betteraves a été imaginée par *Champonnois*, elle se distingue des anciennes, parce que le tambour broyeur est immobile : une palette se meut avec les betteraves à l'intérieur du tambour, dont la face interne est munie de dents, et les betteraves pressées par la force centrifuge contre la surface dentée sont transformées en pulpe. La pulpe s'échappe par les intervalles libres laissés entre les lames dentées du tambour.

α. Extraction du jus de la pulpe au moyen de presses. — *Achard* se servait d'un rouleau de pierre ou de fonte, qu'il faisait passer sur la pulpe des betteraves enveloppée dans un tissu de laine. Plus tard, on employa la *presse hydraulique* ou de *Brahma*, qui repose sur ce principe d'hydrostatique, que dans un liquide la pression se transmet uniformément dans toutes les directions, et enfin dans ces derniers temps on a remplacé dans un grand nombre de fabriques françaises la presse hydraulique par des *presses à cylindres* dites *continues*.

Presse hydraulique. La pulpe de betteraves est enveloppée dans des tis-

sus de laine ou mise dans des sacs où elle est étendue uniformément ; les sacs sont ensuite empilés sous la presse séparés les uns des autres par des claies ou des lames métalliques. Avec des claies d'osier ou des nattes on obtient un écoulement plus rapide du jus et par suite une pression plus uniforme qu'avec les lames métalliques. La grandeur de la surface pressée correspond à celle de la pulpe ; la force avec laquelle la presse agit va jusqu'à une pression de 200,000 kilogrammes. Lorsque la presse est chargée avec le nombre convenable de couches de sacs (25 à 50), on établit la communication entre la pompe et le piston compresseur, et l'on commence le pressage ; pendant ce temps la deuxième presse est vidée et chargée de nouveau. Le jus exprimé coule sur la plaque du piston, autour de laquelle se trouve une rigole avec un tube, par lequel le jus s'écoule dans un réservoir ou directement dans les chaudières à défécation. Généralement le tourteau subit une nouvelle compression, parce que par un seul pressage on ne peut obtenir une quantité suffisante de jus qu'avec une pulpe très-fine étendue en couches très-minces. Comme pendant le râpage des betteraves et l'expression de la pulpe on ajoute de l'eau, on comprend que le rendement en jus ne peut pas être déterminé d'après la quantité du jus obtenu, mais seulement d'après le poids des *tourteaux* (pulpe épuisée). Si 1,000 kilogrammes de betteraves donnent 180 kilogrammes de tourteaux, le rendement en jus est de 82 pour 100. Cependant on considère déjà comme un bon rendement le chiffre de 80 pour 100 (au lieu de 96 pour 100, que contient la betterave).

Presses continues. Les presses hydrauliques nécessitent beaucoup de place pour leur installation ; leur emploi n'est pas sans offrir certaines difficultés, et leur service exige un personnel assez nombreux. C'est pour obvier à ces inconvénients que dans les nouvelles fabriques la presse de Brahma est remplacée par des presses à cylindres ; ces appareils portent le nom de *presses continues*, parce qu'on n'est pas obligé, comme cela est nécessaire avec la presse hydraulique, d'interrompre le travail pour retirer les tourteaux ne donnant plus de jus, ceux-ci quittant d'eux-mêmes la presse quand ils ont été suffisamment comprimés.

Il existe plusieurs systèmes de presses continues. Voici la disposition et le mode de fonctionnement de la presse imaginée par *Poizot* et représentée par la figure 278. La pression de la pulpe s'opère par l'action de deux cylindres horizontaux tournant autour de leur axe, dont les extrémités reposent sur un bâti en fonte par l'intermédiaire de coussinets. Ces deux cylindres placés parallèlement entre eux, ne sont pas dans le même plan, ils sont superposés, mais non directement, de sorte que le rouleau inférieur se trouve un peu en avant du supérieur ; ils sont en fonte creuse et recouverts d'une couche de caoutchouc de 0^m,01 d'épaisseur. Au-dessous du cylindre supérieur sont disposés cinq autres cylindres d'un diamètre plus petit et également revêtus de caoutchouc. Un tissu de laine grossier, formant toile sans fin, sert à conduire la pulpe entre les deux cylindres compresseurs et à l'enlever une fois la pression effectuée. Cette toile embrasse un rouleau

en bois (le tendeur) placé à l'extrémité du support de l'appareil, du côté du cylindre supérieur; de ce rouleau la toile se dirige sur un second (l'emmeneur), également en bois et établi sur un plan un peu plus élevé, entre le tendeur et le cylindre supérieur; en quittant l'emmeneur, la toile s'abaisse et vient passer entre le cylindre supérieur et les cinq petits cylindres qui se trouvent au-dessous de lui; puis, se relevant, elle arrive entre le cylindre supérieur et le cylindre inférieur, elle contourne ce dernier et va rejoindre le tendeur, après avoir embrassé un rouleau de retour en bois, établi en avant et au-dessous du cylindre inférieur. Le rouleau tendeur, d'où nous avons

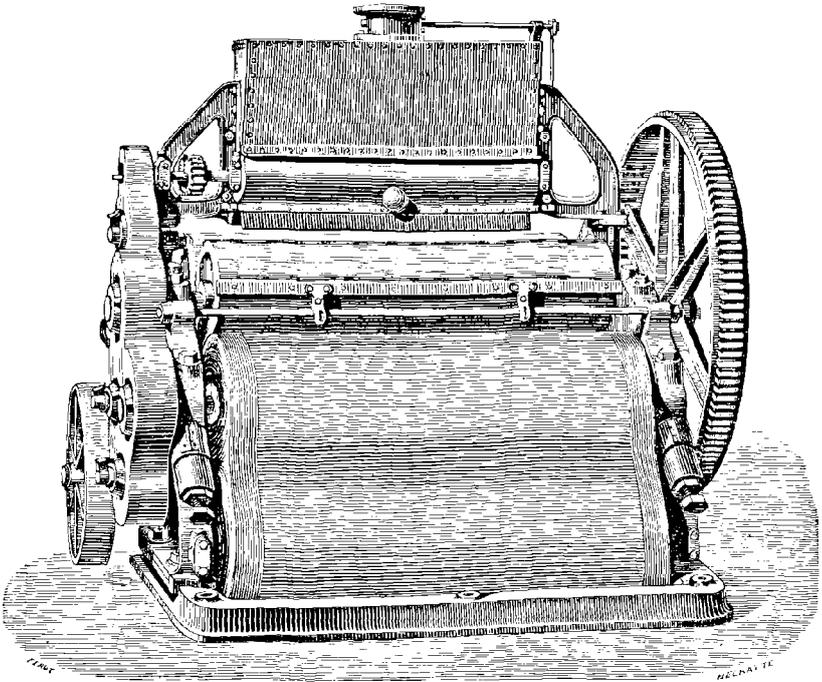


Fig. 278. — Presse continue Poizat⁴.

fait partir la toile, est ainsi nommé parce qu'il a pour objet de régler la tension de celle-ci, et dans ce but, les coussinets sur lesquels son axe repose sont commandés par deux vis de pression qui permettent de les éloigner ou de les rapprocher, suivant les besoins; c'est du reste le seul rouleau dont l'axe soit mobile, tous les autres sont fixés invariablement.

De l'auge où elle tombe au fur et à mesure de sa production par la râpe, la pulpe est aspirée, puis refoulée à l'aide d'une pompe dans un tube vertical communiquant avec une sorte d'entonnoir placé directement au-dessus du cylindre supérieur et du rouleau emmeneur de la presse; le fond de cet

⁴ Figure empruntée à *Walkhoff*, traité de la fabrication du sucre, 2 vol. gr. in-8°.

entonnoir est fermé par deux petits rouleaux tournant en sens inverse et auxquels on peut, à l'aide d'une clef à vis, donner un écartement variable pour livrer passage à la pulpe ou en arrêter l'écoulement. De l'entonnoir la pulpe tombe sur la portion de la toile embrassant le rouleau emmeneur ; celle-ci l'entraîne entre le cylindre supérieur et les petits cylindres, puis entre le cylindre supérieur et le cylindre inférieur, qui continuent avec une énergie beaucoup plus grande la pression commencée par les petits cylindres et le cylindre supérieur. Le jus fourni par la pulpe filtre à travers la toile et tombe dans un bassin métallique, dont le fond est incliné vers le rouleau de retour ; ce bassin est placé immédiatement au-dessous des cylindres compresseurs, entre ceux-ci et la partie inférieure de la toile ; le jus se rend dans la partie basse du bassin et s'écoule, par un tuyau, dans un réservoir établi à l'étage inférieur. La toile continuant sa marche, la pulpe pressée se dégage des cylindres sous forme de plaques de deux à trois millimètres d'épaisseur, dont une partie se sépare d'elle-même de la toile, au moment où celle-ci vient embrasser le rouleau de retour ; la portion restée adhérente est détachée par l'action d'un batteur mécanique, et la toile arrive au tendeur complètement dépouillée de pulpe. La pulpe en quittant la toile tombe dans un vaste entonnoir fixé au plafond de l'étage inférieur, où se trouve une seconde presse destinée à opérer une deuxième pression. Cette presse est exactement semblable à la première ; elle fonctionne de la même manière, mais l'entonnoir qui distribue la pulpe sur le cylindre supérieur est muni latéralement d'un petit tuyau, par lequel on fait arriver de l'eau, qui vient se mélanger avec la pulpe, avant la chute de celle-ci sur la presse. Le jus résultant de cette seconde pression est par conséquent très-dilué et peu riche en sucre ; il se rend dans un réservoir particulier, duquel un tuyau le conduit à la râpe (voy. p. 92).

Dans la presse continue, imaginée récemment (1875) par *Ch. Manuel* et *G. Socin* et construite par *Cail et C^{ie}*, la pulpe, entraînée par une toile sans fin en poil de chèvre d'Algérie, est soumise, à l'aide de cinq paires de cylindres disposés horizontalement, à une suite de pressions légères, graduées et progressives ; on obtient ainsi un jus très-pur, sans mousse et sans particules de pulpe en suspension (*pulpe foïle*). Avec une seule presse de ce système, conduite par un homme, on peut, suivant les inventeurs, extraire en vingt-quatre heures le jus de 50,000 kilogrammes de betteraves râpées].

Pulpe épuisée. — La pulpe épuisée ou le résidu des presses se compose de l'écorce des betteraves, de la cellulose, de la pectine, des substances protéiques insolubles, ainsi que des éléments de cette partie du jus qui ne peut pas être enlevée par expression. Tel qu'il sort de la presse hydraulique, il se présente sous forme d'un gâteau ou tourteau assez sec, cohérent et d'une épaisseur de quelques lignes. *E. Wolff* (de Hohenheim), entre autres, a analysé ce résidu.

TOURTEAUX DE HOHENHEIM.

BETTERAVES	BETTERAVES PRESSÉES			
	fraîches.	avec 20 0/0 d'eau.	avec 14 0/0 d'eau.	sans eau.
Eau.	81,56	68,01	67,92	65,94
Cendre	0,89	5,47	5,74	5,28
Cellulose.	1,35	6,25	6,04	6,68
Sucre.	11,88	7,86	7,58	6,72
Corps protéiques.	0,87	1,05	1,67	11,02
Autres principes nutritifs.	3,47	11,56	10,05	14,51

100 parties des betteraves précédentes ont donné 23,2 parties de tourteau et 76,8 parties de jus ayant la composition suivante :

	TOURTEAU.	JUS.
	23,2	76,8
Eau.	15,61	65,95
Cendre	1,27	?
Cellulose	1,47	—
Sucre.	1,72	10,17
Hydrates de carbone	2,84	0,65
Corps protéiques.	0,28	0,58

Les résidus d'expression de la pulpe constituent un excellent engrais pour le bétail; on a en outre proposé de les employer pour la préparation de l'eau-de-vie et du vinaigre, et récemment comme matières propres à la fabrication du papier et du gaz d'éclairage. Sous ce dernier point de vue, ils donneraient d'excellents résultats.

β. *Extraction du jus par la force centrifuge.* — L'extraction du jus de la pulpe de betteraves au moyen des appareils centrifuges qui seront décrits plus loin et que l'on désigne généralement sous le nom de *centrifuges* ou *turbines*, proposée il y a déjà longtemps par *Schöttler*, l'a été de nouveau par *Frickenhau* il y a quelque temps (1857). On obtient de cette manière 50 à 60 pour 100 de jus; on retire le reste en traitant une seconde fois dans l'appareil centrifuge le résidu délayé avec de l'eau. Afin d'avoir des jus pas trop étendus, on emploie le jus étendu pour la macération de la pulpe plus riche en sucre. La pratique ne s'est pas prononcée d'une manière absolument favorable sur cette méthode d'extraction du jus; car à côté des avantages qu'elle offre, elle présente aussi des inconvénients qui résident d'une part dans l'énorme quantité de force qu'il faut déployer, et d'autre part dans l'usure relativement rapide des appareils.

Le rendement d'une turbine de 1 mètre de diamètre et de 0^m,50 de hauteur est d'environ 5,000 kilogrammes par jour. La force active est plus faible qu'avec la presse hydraulique et les frais occasionnés par les sacs que nécessite l'emploi de cette presse sont ici complètement évités. La force avec laquelle agit la turbine précédente est de 5,1 atmosphères, et l'on extrait environ 60 pour 100 de jus. Le reste est expulsé par déplacement avec de l'eau à une pression plus faible de 1 atmosphère 8/10; la quantité de l'eau ajoutée s'élève à environ 50 ou 60 pour 100 de la quantité de betteraves; sur ces 50 pour 100 il en reste 20 pour 100 dans les résidus, tandis que 30 pour 100

passent dans la chaudière à défécation. Les autres conditions doivent décider si la dépense plus grande en combustible est plus que couverte par le rendement plus fort en sucre.

γ. *Extraction du jus par lixiviation de la pulpe (procédé par macération de Schützenbach).* — Mathieu de Dombasle (de Nancy) avait déjà mis en pratique en 1821 un procédé d'extraction du jus proposé autrefois par Marggraf et qui consiste à traiter par l'eau (sans aucune pression) les betteraves coupées en morceaux, mais c'est Schützenbach qui, le premier, rendit le procédé réellement pratique. D'après ce procédé, les betteraves sont d'abord nettoyées et ensuite portées à la machine à couper, qui est disposée de telle sorte que, par l'action successive d'un certain nombre de couteaux placés verticalement et d'une lame horizontale, les betteraves sont divisées en parallépipèdes (cossettes), qui sous l'influence de l'air se plient et n'adhèrent plus les uns aux autres. La dessiccation s'effectue dans une étuve avec de l'air chauffé à environ 50°. Les cossettes passent sans interruption sur des toiles sans fin, qui sont étendues horizontalement dans l'étuve. L'air est chauffé par un procédé analogue à celui employé pour les tourailles. Les betteraves desséchées sont travaillées telles quelles, ou après avoir été moulues. Dans le dernier cas, on fait macérer 4 parties de poudre de betteraves avec 9 parties d'eau acidulée avec un peu d'acide sulfurique ou d'acide sulfureux, et l'acide est ensuite neutralisé avec de la chaux. D'après le deuxième procédé, le plus ordinaire, on humecte les cossettes sèches avec un lait de chaux clair, on les verse dans un cylindre fermé, et on les lessive avec de l'eau à 80°. Le traitement ultérieur du jus n'offre rien de particulier.

Relativement à la valeur de la méthode d'extraction du jus de Schützenbach, on s'est assuré dans un grand nombre de régions de l'Allemagne que la dépense nécessaire pour les deux opérations de la dessiccation et de la lixiviation est beaucoup plus grande que pour le traitement direct des betteraves vertes, sans que l'on ait un dédommagement dans la quantité et la qualité du produit obtenu. Cependant il peut se présenter des cas où cette industrie peut être pratiquée avec utilité. Elle offre l'avantage de permettre de travailler régulièrement pendant toute l'année et d'utiliser avantageusement le capital d'établissement et le personnel des ouvriers et de la surveillance. 475 kilogrammes de betteraves vertes (depuis le 1^{er} septembre 1866) sont considérés comme égaux à 100 kilogrammes de cossettes sèches. Cette circonstance que la macération des cossettes de betteraves a lieu très-lentement et s'effectue à une température élevée, ce qui fait que le jus peut facilement s'altérer, a conduit plus tard (1853) Schützenbach à extraire par digestion dans l'eau froide le jus des betteraves préalablement réduites en pulpe. Au point de vue scientifique, le procédé de Schützenbach mérite toute attention, mais dans la pratique il n'a pas répondu à ce qu'on en attendait. On lui reproche qu'il ne peut donner un rendement plus grand que le procédé par expression, qu'en opérant avec le plus grand soin, ce qui n'est pas toujours possible dans la pratique, et en outre il se produit facilement des désordres dans la marche du travail.

δ. *Extraction du jus par diffusion.* — Comme on l'a fait remarquer plus haut, le contenu des cellules de la betterave peut être extrait sans que l'on ait besoin d'ouvrir les cellules. L'extraction du jus s'effectue ici *par lixiviation des cossettes vertes* (dialyse ou diffusion d'après *Robert*, 1863; macération osmotique ou osmose, d'après *Dubrunfaut*). De la macération de *Schützenbach* est né le procédé par diffusion de *Robert* basé sur la dialyse, procédé qui consiste à faire digérer les cossettes vertes épaisses d'environ 0^m,001 avec de l'eau pure à 50°. Le jus sucré traverse la paroi des cellules et se mêle avec l'eau, tandis que l'eau passe dans les cellules et que certaines substances non sucrées de nature colloïdale restent dans les cellules. Le liquide obtenu est par conséquent une solution sucrée presque pure, et il peut être séparé avec facilité des substances étrangères peu nombreuses. L'inconvénient de ce procédé est la grande dilution de la solution sucrée.

Diffusion chaude. — Dans les premières années qui suivirent l'introduction de la diffusion (et maintenant encore dans quelques localités), le contenu des vases à diffusion (ou diffuseurs) était maintenu à environ 50°, parce que le travail à l'eau froide donnait un rendement trop faible, bien que actuellement la diffusion froide semble l'emporter sur la diffusion chaude.

Les vases employés pour la diffusion sont des cylindres de tôle verticaux fermés inférieurement par un fond plat et supérieurement par un fond bombé; ce dernier est muni d'une large ouverture que l'on peut fermer hermétiquement, et qui sert pour l'introduction des cossettes. Plusieurs (6 à 20) de ces diffuseurs réunis entre eux par des tuyaux constituent une batterie. Pour maintenir le contenu de ces vases à la température de 50°, chacun d'eux est pourvu d'un serpentín de cuivre reposant sur son fond et que l'on chauffe à la vapeur. Au-dessus du serpentín se trouve un faux fond troué sur lequel reposent les cossettes, et qui les empêche de venir en contact direct avec le serpentín. Les vases sont réunis entre eux, de façon que le jus s'écoulant par un tuyau adapté au bas de chacun d'eux puisse pénétrer dans le vase suivant par sa partie supérieure, et que le même liquide puisse ainsi parcourir successivement toute la batterie. La pression hydrostatique d'un réservoir à eau placé à une hauteur de 6 à 9 mètres agit comme force motrice; en effet, quoique pendant le travail tous les diffuseurs soient hermétiquement fermés, à l'exception de celui qui est vidé et chargé à nouveau et dans ce but isolé de la batterie, la pression produite par la haute colonne d'eau peut se transmettre à tous les vases et mettre ainsi tout le liquide en mouvement. La diffusion chaude donne des résultats très-satisfaisants, bien que quelquefois il se produise une décomposition (fermentation muqueuse); le jus se trouble, devient épais et muqueux, de l'acide carbonique se dégage, phénomènes d'autant plus fâcheux qu'on ne peut pas observer le contenu des vases fermés hermétiquement.

Les avantages du procédé de diffusion sont les suivants : 1° Extraction d'un jus plus pur facile à travailler; 2° Obtention d'une pâture meilleure et plus nourrissante. Il est vrai que les résidus de diffusion, dans lesquels de l'eau a remplacé le jus, sont très-aqueux, leur poids forme 70 pour 100

de celui des betteraves; cependant cette circonstance ne nuit pas à leur valeur nutritive; lorsqu'on les conserve pendant quelque temps en tas et sous la pression d'une couche de terre, ils perdent beaucoup d'eau, et ils constituent pour le bétail une excellente nourriture éprouvée par l'expérience, en supposant qu'ils soient employés convenablement; 3° A l'aide de la diffusion, on extrait le sucre plus complètement qu'avec aucune des autres méthodes de préparation du jus; 4° On a une grande économie de force mécanique et par suite de charbon; 5° Suppression des toiles de pressage et des nombreux désagréments qu'exige leur entretien; 6° Économie d'ouvriers qui peuvent être réduits de moitié, surtout si l'on compare la méthode avec celle par expression à l'aide de la presse hydraulique; 7° Extraction d'un jus plus concentré, parce que le jus des betteraves n'augmente que de 25 pour 100 environ par suite de l'eau ajoutée, tandis que dans le procédé des presses hydrauliques, en supposant une double pression, on ajoute d'abord (lors du râpage) 20 pour 100, puis (pour délayer le tourteau pressé une première fois) 12 pour 100 d'eau, soit en tout 32 pour 100; enfin avec les turbines il faut compter une addition d'eau de 50 pour 100; 8° Grande économie dans les frais de premier établissement.

Diffusion froide. — Pendant que la diffusion chaude de Robert se répandait de plus en plus, Schulz fit connaître en 1870 une modification dont l'emploi, sous la dénomination de *diffusion froide*, a pris une extension toujours croissante; le nom de diffusion froide donné à cette méthode n'est pas exact, puisque, comme dans la précédente, on a recours à la chaleur, avec cette différence cependant que les cossettes fraîches ne sont traitées qu'une fois avec de l'eau chaude, ensuite avec de l'eau de moins en moins chaude, et, plus tard, avec de l'eau tout à fait froide ou plutôt avec du jus. Schulz a également apporté dans l'appareil d'importants perfectionnements; l'entrée du jus dans les diffuseurs a lieu par en haut (et non par en bas comme dans l'appareil de Robert); grâce à cette disposition, chaque couche de cossettes est imbibée uniformément, et l'on évite ainsi la formation de canaux, c'est-à-dire d'intervalles libres par lesquels le liquide passe presque exclusivement, tandis que des amas de cossettes serrées les unes contre les autres restent sèches et sont soustraites à l'action de l'eau. Le chauffage, si tant est qu'il soit nécessaire, n'a pas lieu dans les diffuseurs eux-mêmes, mais dans des chaudières particulières, dont plusieurs sont établies à côté de la batterie et à une hauteur d'environ 1^m,80, à cause de la pression qu'il est nécessaire de produire. Chaque diffuseur, qui ressemble dans ce qu'il a d'essentiel à ceux de Robert, est en communication au moyen de tubes partant de son fond avec une des chaudières, ainsi qu'avec le diffuseur précédent; à l'aide de tubes adaptés à sa partie supérieure, il communique également avec une chaudière et avec le diffuseur qui le suit immédiatement; enfin son fond est pourvu d'un tube, qui sert aussi bien pour évacuer le jus en vue d'une nouvelle opération que pour faire écouler l'eau après l'épuisement des cossettes. Tous ces tubes peuvent être fermés ou ouverts à volonté au moyen de robinets. Suivant l'idée des fabricants, on peut rencontrer de

grandes différences dans le nombre des diffuseurs (6 à 20), de même que dans la manière dont la lixiviation est conduite. Dans la description qui va suivre, nous admettrons que la batterie se compose de 11 diffuseurs, et que l'on opère d'après un procédé relativement simple; en outre, nous désignerons les 11 vases de gauche à droite par les numéros croissants de 1 à 11. Pour rendre plus facile à comprendre la marche de l'opération, nous distinguerons deux périodes : 1^o la période de la mise en marche (*période aigue*) et la période d'activité (*période chronique*).

1^o Les 11 diffuseurs sont vides, et l'on commence du côté gauche de la batterie par remplir le numéro 1, en y introduisant la charge convenable de cossettes par le large orifice supérieur, puis par en bas de l'eau chaude à 66°, fournie par la chaudière. Pour chaque capacité de 1 mètre cube on compte 450 kilogrammes de cossettes et 550 kilogrammes d'eau. Le tout, dont la température est maintenant abaissée à environ 45°, est brassé avec soin; on laisse reposer et diffuser pendant 20 minutes. Ce premier échauffement des cossettes, qui est une sorte de désagrégation, semble, pour des raisons encore inconnues, indispensable à la mise en train de la diffusion. Lorsque le diffuseur a été hermétiquement fermé, on ouvre le tube conduisant à la chaudière à eau chaude, et, en même temps, la communication avec la conduite d'eau, et l'on refoule ainsi le jus par pression hydrostatique dans la chaudière à eau chaude, tandis que le diffuseur se remplit avec de l'eau froide de la conduite, qui, cependant, s'échauffe un peu par son contact avec les cossettes chaudes. Pendant que le jus s'échauffe de nouveau à 66° dans la chaudière à eau chaude, on remplit le diffuseur numéro 2 avec des cossettes. On y fait arriver le jus de la chaudière à eau chaude, et on laisse digérer pendant 20 minutes. On ouvre de nouveau la conduite d'eau vers le numéro 1, et l'on refoule ainsi le jus renfermé dans le numéro 2 dans la chaudière à eau chaude, tandis que le numéro 2 se remplit avec le jus du numéro 1, et celui-ci avec de l'eau froide. Vient maintenant le tour du numéro 3, qui, chargé de cossettes fraîches, est rempli avec le jus chaud de la chaudière à eau chaude et abandonné avec le liquide pendant 20 minutes à la diffusion.

Le jus concentré par trois contacts successifs avec des cossettes fraîches, et que l'on nomme maintenant *sirop*, possède une concentration suffisante pour être retiré de la batterie et ensuite soumis au travail de la défécation. Dans ce but, on ouvre le tube conduisant du n^o 3 à la chaudière à déféquer, ainsi que le tube montant de 2 vers 3 et de 1 vers 2, et la conduite d'eau allant vers 1; la pression hydrostatique ainsi produite refoule le sirop de 3 dans la chaudière à déféquer, le jus de 2 vers 3, et celui de 1 vers 2, tandis que 1 est de nouveau rempli avec de l'eau fraîche. Ce changement opéré, on interrompt la communication de 3 avec la chaudière à défécation, puis on établit celle avec la chaudière à eau chaude, on pousse par conséquent le contenu de 3, qui il est vrai est déjà chaud, mais pas encore suffisamment, dans la chaudière à eau chaude, pour le porter à 66°, celui de 2 vers 3, celui de 1 vers 2, et l'on remplit le n^o 1 avec de l'eau fraîche. Lorsque

l'échauffement est suffisant, le jus est envoyé de la chaudière à eau chaude dans le diffuseur 4 rempli de cossettes, après quoi un repos de 20 minutes a lieu dans tous les vases. En ouvrant la conduite d'eau on envoie dans la chaudière à cuire le sirop formé dans le n° 4, et en même temps le jus de 3 est refoulé dans 4, celui de 2 dans 3, et celui de 1 dans 2; cela fait, le jus qui se trouve maintenant dans le n° 4 est poussé dans la chaudière à eau chaude, celui de 3 dans 4, celui de 2 dans 3 et celui de 1 dans 2, et le n° 1 se remplit encore avec de l'eau fraîche. A ce moment le diffuseur 5 est mis en activité, et l'on continue ainsi jusqu'à l'extrémité droite de la batterie, de façon par conséquent qu'à chaque fois le sirop qui se trouvait dans ce dernier en diffusion avec des cossettes fraîches soit refoulé dans la chaudière à déféquer, et qu'en même temps le jus de tous les diffuseurs avance d'un numéro. Si maintenant, au bout de vingt minutes, on ouvre encore la conduite du côté de 1, le contenu de tous les diffuseurs avance de nouveau d'un numéro. Il résulte de là qu'à chaque fois qu'un nouveau diffuseur entre en activité il se produit un *double* avancement dans tous les précédents, que par conséquent, lorsque l'avant-dernier, le n° 10, a abandonné son sirop à la chaudière à déféquer, et ensuite son jus à la chaudière à eau chaude, les cossettes contenues dans le n° 1 ont été mises vingt fois en contact avec de l'eau, et ont été dix fois pendant 20 minutes en diffusion avec elles. Si l'on admet que chaque échauffement du jus dans la chaudière dure cinq minutes, et qu'il en soit de même pour le remplissage et la vidange de ce vase, chaque diffuseur que l'on met nouvellement en activité exige 20 + 10 minutes, par conséquent une demi-heure; toute la batterie exige donc cinq heures, temps pendant lequel les cossettes sont mises dans le n° 1 en contact avec de l'eau qui est changée vingt fois, ce qui est suffisant pour que leur diffusion ou osmose soit complète, c'est-à-dire pour qu'elles abandonnent leur sucre.

2° Lorsque les dix premiers diffuseurs de la batterie ont été mis en marche comme il vient d'être dit, on interrompt, en fermant le robinet, la communication du n° 1 avec la batterie, afin de vider son contenu épuisé, après avoir évacué l'eau qu'il renfermait, et le remplir ensuite avec des cossettes fraîches, tandis que, en même temps, on met la conduite d'eau en communication avec 2. Cette vidange et ce remplissage à nouveau du n° 1 ont lieu par conséquent pendant que le n° 11 est en activité, et l'on voit par suite que des onze diffuseurs il y en a jamais que dix qui travaillent en même temps, tandis que dans le onzième on procède à la vidange et au remplissage. Lorsque le sirop du n° 11 a été envoyé dans les chaudières à déféquer, et que le jus non encore tout à fait concentré, qui se trouve maintenant dans ce diffuseur, a été refoulé dans la chaudière à eau chaude et échauffé, on le fait couler sur la charge fraîche du n° 1, pour le laisser en diffusion avec celle-ci pendant 20 minutes. Pendant ce temps, le n° 2 est séparé de la conduite d'eau, vidé et rempli avec de nouvelles cossettes, tandis que la conduite d'eau est mise en communication avec le n° 3. De cette façon, la marche des opérations a lieu régulièrement. Lorsque le jus est passé à travers

neuf vases et qu'il s'est concentré de plus en plus, il arrive enfin dans la chaudière à eau chaude où il est échauffé à 66°, dans le diffuseur suivant fraîchement chargé, y reste en contact pendant 20 minutes avec des cossettes fraîches, et est envoyé sous forme de sirop à la chaudière à défécation à l'aide du jus refoulé du diffuseur précédent, après quoi le contenu encore chaud de ce même diffuseur se rend, après échauffement préalable, dans le diffuseur suivant, etc.

A l'exception du réservoir, dans lequel les cossettes fraîches se trouvent en diffusion avec le jus échauffé, et peut-être aussi les deux suivants, la batterie reste froide, et par conséquent le jus n'est pas exposé à se décomposer. La température à laquelle on chauffe le jus dans la chaudière doit être mesurée de façon qu'après le mélange avec les cossettes froides on ait une température d'environ 40°, et l'on peut admettre, comme on l'a fait dans la description précédente, une moyenne de 66°. Si l'on travaille avec soin, la perte totale en sucre s'élève à environ 0,2 à 0,5 pour 100 du poids des betteraves; cette perte est occasionnée soit par la petite quantité de sucre qui reste dans les marcs, soit par le sucre entraîné avec l'eau que l'on écoule en dernier avant d'enlever les marcs. Si l'on admet la teneur en sucre du jus égale à 12 pour 100, une perte de sucre de 0,2 à 0,5 pour 100 correspondrait à 1,6 — 4 pour 100 de perte en jus, par conséquent le rendement en jus s'élèverait à 94,5 ou 92 pour 100. Le bon fonctionnement de la machine à cossettes exerce une grande influence sur la réussite du travail; cette machine, mue par la vapeur, découpe avec une très-grande rapidité, au moyen d'un couteau bien affilé, la betterave en lanières de 0^m,004 d'épaisseur, de 0^m,010 de largeur et d'environ 0^m100 de longueur. Plus les couteaux sont affilés, meilleurs ils sont, parce qu'il est dans la nature de la méthode d'ouvrir aussi peu de cellules que possible, car on n'a pas l'intention de produire l'écoulement du jus, mais la pénétration osmotique des parois des cellules intactes.

Robert (de Seclowitz) a remplacé la batterie à diffusion par un nouvel appareil pour lequel il a pris un brevet en 1871, et qui consiste en un très-grand diffuseur *unique*, au sujet duquel les opinions sont encore divergentes, mais qui, en tous cas, est digne d'attention à cause de sa simplicité. C'est un grand vase cylindrique vertical en tôle, en bois ou même en maçonnerie, haut d'environ 9^m,25 et de 3^m,50 de diamètre. Les cossettes y sont introduites d'une manière continue à l'aide d'une presse à piston par un large tube adapté au fond du cylindre; un appareil à ailettes tournant lentement leur communique à l'intérieur du cylindre un mouvement ascendant très-lent, et pendant ce temps elles sont épuisées par l'eau qui s'écoule de haut en bas. Sur le fond inférieur se trouve un tube à vapeur, et un peu au-dessus de celui-ci un faux fond troué, par lequel s'écoule le sirop, pour se rendre par un tube ascendant dans le défécateur. Grâce à cette disposition, on maintient dans la partie inférieure de l'appareil la température de 45°, nécessaire pour la désagrégation des cossettes ou la diffusion. La marche ascendante des cossettes est si lente qu'elles mettent trois heures et demie à par-

courir la distance de 5^m,20 qui existe entre le fond inférieur troué et le supérieur par lequel l'eau s'écoule, et elles sont par suite pendant tout ce temps soumises à la diffusion. Arrivés en haut et épuisés par l'eau qui s'écoule constamment, les marcs sont poussés vers une ouverture latérale, à l'aide d'un appareil à ailettes et arrivent à une seconde presse à piston qui les dépouille d'une bonne partie de l'eau absorbée. Un appareil ayant les dimensions indiquées plus haut peut travailler par jour 100,000 kilogrammes de betteraves, et le jus obtenu est presque tout aussi concentré que celui extrait au moyen de la batterie. Les résultats fournis par cet appareil laissent encore beaucoup à désirer.

Si l'on compare les différents procédés d'extraction du jus relativement à la force dépensée, au personnel, à la pureté, à la perte en sucre, etc., etc., le *procédé par diffusion* mérite la préférence, et c'est avec raison qu'il se répand de plus en plus, et notamment depuis que l'on est parvenu à faire disparaître les inconvénients qu'il présentait primitivement.

[**Transport souterrain des jus.** — Afin d'étendre le rayon d'approvisionnement des fabriques, tout en diminuant les frais de transport, on a eu l'idée d'extraire le jus des betteraves dans un ou plusieurs établissements, plus ou moins éloignés des usines centrales, et de l'envoyer ensuite à ces dernières, en le refoulant, au moyen d'une pompe, dans des conduits en fonte enfouis dans la terre. L'idée du transport souterrain des jus et sa première exécution pratique sont dues à *Linard* ; ce fut la fabrique de Montcornet (Aisne) qui, la première, monta, en 1867, une râperie, c'est-à-dire une succursale ne contenant que les appareils nécessaires pour le lavage, le râpage et l'extraction du jus. Depuis cette époque, l'installation des râperies avec conduits souterrains s'est de plus en plus répandue en France et en Belgique. Des fabriques dont l'approvisionnement était autrefois très-restreint ont pu, en créant autour d'elles un certain nombre de succursales, augmenter leur production dans des proportions considérables.]

III. Défécation du jus. — Le jus extrait des betteraves par expression, ou par turbinage, ou par macération, ou par diffusion prend à l'air une couleur d'encre, et il s'en sépare un précipité floconneux noir. Plus le jus contient d'acide libre, moins la coloration se produit facilement, et dans ce cas, il paraît coloré en rouge brun. Le jus n'est pas seulement une solution de sucre, mais une dissolution de toutes les substances solubles de la betterave, parmi lesquelles, indépendamment du sucre, se trouvent les substances azotées et les éléments minéraux. Ce sont les substances azotées qui, sous l'influence de l'air atmosphérique se transforment en ferment et convertissent le sucre en acide lactique et autres produits. Jusqu'à présent on n'a pu encore parvenir à débarrasser le sucre dissous de toutes ces impuretés. On cherche tout d'abord à n'éliminer que celles qui apportent le plus d'obstacles à la préparation du sucre pur ou qui empêchent celui-ci de prendre la forme cristalline.

[La séparation de ces substances nuisibles, qui est l'objet de la *défécation*, ne s'est pas toujours faite de la même manière ; d'après l'*ancienne méthode*

de *défécation et saturation*, le jus est d'abord traité par la chaux — *défécation du jus* — et ensuite débarrassé de celle-ci par l'*acide carbonique* (ou le noir animal) — *déchaulage, saturation ou carbonation du jus* — tandis que dans la méthode nouvelle — *double carbonation de Périer et Possoz* — ces deux opérations sont réunies en une seule.]

[*Préparation de la chaux et de l'acide carbonique.* — Dans les premiers temps de la fabrication du sucre de betteraves, on préparait l'acide carbonique nécessaire pour le traitement des jus en décomposant la craie ou la magnésite par l'acide chlorhydrique ou sulfurique. Plus tard, on brûla dans des fours particuliers du charbon de bois ou du coke; l'acide carbonique ainsi obtenu est, il est vrai, très-impur, mais il revient à beaucoup meilleur marché. La figure 279 représente le four imaginé par Kindler pour

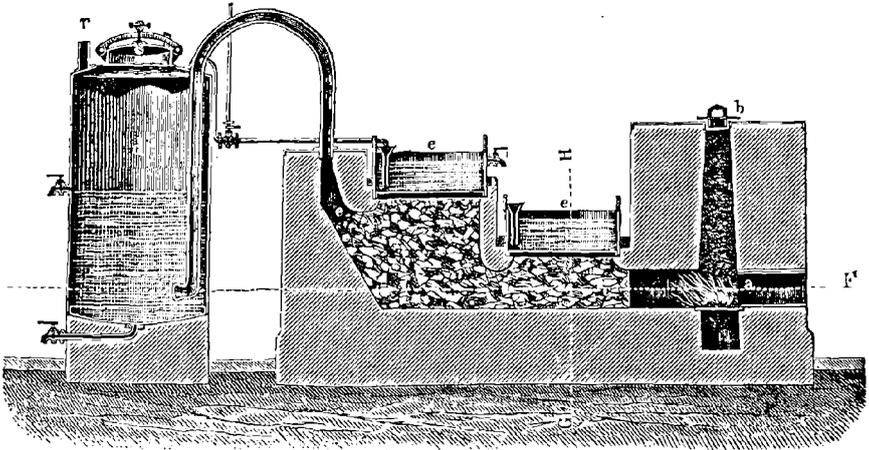


Fig. 279. — Four de Kindler pour la préparation de l'acide carbonique.

la production de l'acide carbonique par combustion du charbon de bois ou du coke. Par l'orifice *b* muni d'un couvercle, on introduit le combustible; l'air arrivant en *a* entretient la combustion, et les gaz produits (acide carbonique, etc.) passent dans la chambre *cc* remplie de pierres à chaux, puis se purifient et se refroidissent en l'échant les cuves en tôle *ee*, contenant de l'eau froide. De là, les gaz arrivent dans le laveur *d*, contenant de l'eau ou une solution étendue de soude, d'où ils sont aspirés, par le tube *T*, au moyen d'une pompe. Depuis l'adoption des nouveaux procédés de défécation des jus (double carbonation), qui nécessitent des quantités beaucoup plus considérables d'acide carbonique et de chaux que l'ancienne méthode, la combustion du charbon de bois ou du coke a été abandonnée dans la plupart des fabriques, et on lui a substitué la méthode, bien plus économique, qui consiste à préparer en même temps la chaux et l'acide carbonique, par calcination du carbonate calcaire.

On se sert dans ce but du dispositif imaginé par *Cail et C^{ie}* et représenté par la figure 280. C'est un four à chaux continu *A*, muni inférieurement de plusieurs foyers extérieurs *d* et d'un certain nombre d'ouvertures *i* par lesquelles on extrait de temps en temps le produit de la calcination. Ce four diffère des fours à chaux ordinaires en ce que sa partie supérieure est rétrécie et fermée par un couvercle *a*, au-dessous duquel s'adapte un large tuyau de fonte *bb*, par lequel s'échappent les gaz résultant de la calcination. Dans les parois du four sont ménagées des ouvertures *E, E* fermées par des bouchons en fonte, et par lesquelles on peut surveiller la marche de l'opération ; elles servent en même temps à introduire des barreaux de fer pour faire descendre

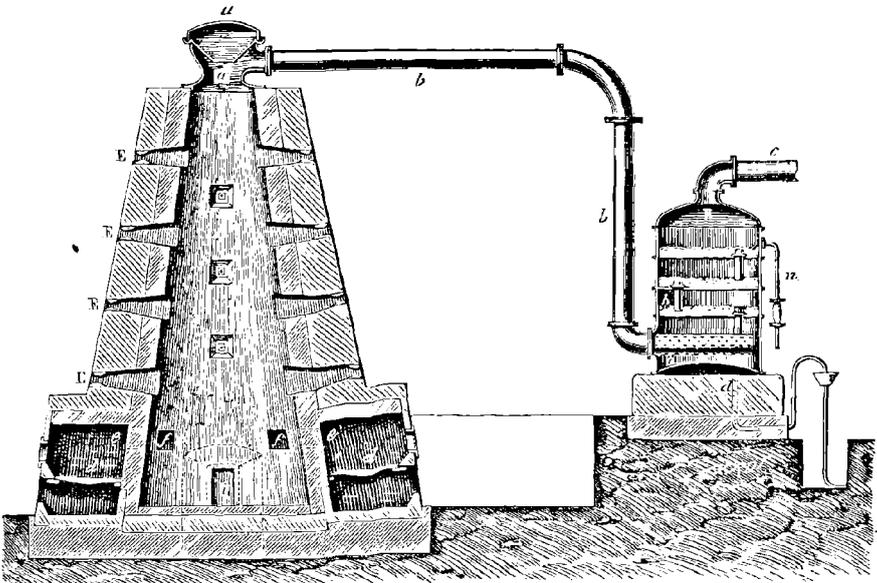


Fig. 280. — Four pour la préparation de la chaux et de l'acide carbonique.

le calcaire quand on a retiré de la chaux. Pour mettre le four en activité, on commence par l'emplir complètement de calcaire, après avoir enlevé le couvercle *a* qui ferme l'ouverture supérieure *a'*, on allume du coke lavé dans les foyers *d*, et l'on ferme hermétiquement tous les orifices, afin d'éviter autant que possible les entrées d'air. La flamme et les gaz résultant de la combustion du coke pénètrent par les carneaux *ef* dans l'intérieur du four, et, sous l'influence de la haute température ainsi produite, le calcaire, porté à l'incandescence, abandonne son acide carbonique et se transforme en chaux vive, que l'on retire de temps en temps par les portes *i*. La calcination est d'ailleurs beaucoup favorisée par l'action de la pompe, qui aspire les gaz produits par la décomposition du calcaire et la combustion du coke. Lorsque le four est en activité, et que l'on a commencé à en extraire de la chaux

vive, on ajoute, par portions et toutes les heures, une certaine quantité de calcaire et de coke, que l'on introduit par un orifice circulaire pratiqué dans le couvercle du four, et que l'on ferme immédiatement après au moyen d'un dispositif particulier. Le calcaire, cassé en morceaux de la grosseur d'un décimètre cube environ, doit être aussi pur que possible. De même, il est indispensable de se servir de coke de four lavé ne contenant ni soufre ni sulfure.

L'acide carbonique dégagé par le calcaire et mélangé avec les produits gazeux de la combustion du coke est extrait du four au moyen d'une pompe aspirante et foulante, qui l'envoie dans les chaudières à carbonater; mais avant de pénétrer dans la pompe, il traverse un *laveur R* (fig. 280), où il s'épure en même temps qu'il se refroidit. Ce laveur consiste en un cylindre de fonte partagé en quatre compartiments au moyen de trois cloisons transversales trouées et reliées entre elles par des trop-pleins. Un tube *n* amène de l'eau fraîche dans le compartiment supérieur; de là l'eau descend dans le second compartiment, lorsqu'elle a atteint la hauteur du trop-plein *h*, puis dans le troisième et enfin dans le quatrième, d'où elle s'écoule au dehors, par un tuyau recourbé *d*, de façon qu'il y ait toujours, sur le fond du laveur, une couche d'eau d'une certaine hauteur. Le tuyau *b*, par lequel le gaz sort du four, pénètre dans le compartiment inférieur, et est muni dans la portion *o* qui se trouve dans ce compartiment, de petits trous par lesquels il laisse échapper l'acide carbonique; le gaz se répand dans le compartiment inférieur, se rend dans celui qui lui est immédiatement supérieur et arrive finalement, après s'être épuré et refroidi en traversant les différentes couches d'eau, dans un tuyau *c*, qui le conduit à la pompe. Lorsque la marche du four à chaux s'effectue dans de bonnes conditions, les gaz qui se dégagent contiennent jusqu'à 35 pour 100 d'acide carbonique en volume; mais le plus souvent cette teneur oscille entre 25 et 50 pour 100, et il faut faire en sorte, si l'on veut obtenir une bonne carbonatation, que la proportion de ce gaz ne descende pas au-dessous de 25 pour 100.]

Ancienne méthode de défécation et de saturation. — Le jus est d'abord chauffé dans la chaudière à défécation aussi rapidement et aussi uniformément que possible, afin que l'acide libre qu'il renferme n'exerce aucune influence nuisible sur le sucre et que les substances albumineuses soient coagulées. Le chauffage s'effectue de la manière la plus convenable à l'aide de la vapeur dans des *chaudières à défécation* en cuivre avec double fond. [La figure 281 représente une chaudière de ce genre, dans laquelle *e* est le robinet de vidange, *d* un tuyau pour l'écoulement de l'eau condensée et *f* un autre tuyau pour l'échappement de l'air au moment où l'on commence l'introduction de la vapeur.] Lorsque sous l'influence de la vapeur, amenée entre les deux fonds *a* et *b* par le tube à robinet *c*, la coagulation est effectuée, ce qui ordinairement a lieu à 85°, on ajoute un lait de chaux clair, que l'on mélange intimement avec le jus, puis on élève la température en faisant arriver de la vapeur. La quantité de la chaux à ajouter dépend de la qualité des betteraves. En général, on ajoute pour 100 litres de jus de 500 gram. à

1 kilogr. de chaux ou pour 100 kilogr. de betteraves 500 gram. Les combinaisons insolubles de la chaux réunies sous forme d'une écume (*écume de défécation*) sont séparées du jus sucré (jus déféqué). Cette séparation est maintenant généralement effectuée au moyen des *filtres-presses* (voyez plus loin), dont l'introduction dans la fabrication du sucre doit être considérée comme un progrès important.

Le jus déféqué n'est point une solution de sucre pur, mais il contient indépendamment du sucre libre du saccharate de calcium, de la potasse et de la soude libres, un peu d'ammoniaque, de petites quantités de substances organiques azotées, dont on reconnaît la décomposition par les alcalis libres

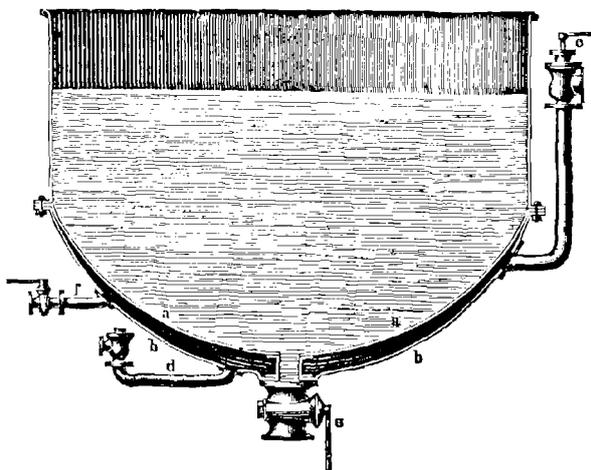


Fig. 281. — Chaudière à défécation.

à un dégagement d'ammoniaque qui se produit lors de l'évaporation ultérieure; il renferme en outre des acides organiques, de l'acide aspartique notamment, enfin des sels alcalins tels que du sulfate et du nitrate de potassium. Le traitement que l'on doit maintenant faire subir au jus déféqué a pour but d'en éliminer aussi complètement que possible ces matières étrangères, notamment de décomposer le saccharate de calcium. La décomposition du saccharate de calcium peut s'effectuer par *voie physique* à l'aide du noir animal ou par *voie chimique* à l'aide de l'acide carbonique; cependant cette dernière méthode ne rend pas inutile l'emploi du noir animal, parce que le charbon n'agit pas seulement en décomposant le saccharate de calcium, mais il permet d'employer une quantité de noir beaucoup moins grande.

Le jus déféqué, après avoir passé à travers un filtre à noir, est évaporé immédiatement ou bien traité par l'*acide carbonique*, afin d'éliminer la chaux ajoutée lors de la défécation, qui d'ailleurs doit être séparée par la filtration suivante sur le noir animal, lequel possède également la propriété d'élimi-

ner la chaux du saccharate de calcium contenu dans le jus. L'acide carbonique, recommandé pour la première fois en 1811 par *Barruel*, de Paris, et plus tard par *Kuhlmann*, de Lille, a été employé en grand par *Schatten* et *Michaëlis* pour la saturation ou carbonatation du jus déféqué.

Dans les fabriques allemandes on se sert pour la décomposition du saccharate de calcium par l'acide carbonique de la chaudière de *Kleeberger*, représentée en coupe par la figure 282. Elle est en fonte et en forme de caisse. L'acide carbonique, après avoir été lavé dans une dissolution de carbonate de sodium et ensuite dans de l'eau pure, est amené par le tuyau *m* dans la caisse B,

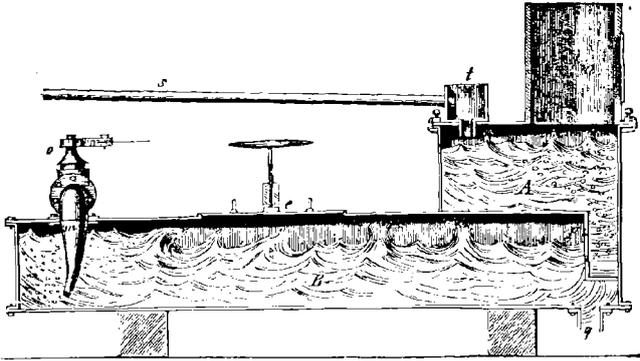


Fig. 282. — Chaudière de Kleeberger pour la saturation du jus déféqué.

qui est remplie avec le jus bouillant. Le tuyau *m* se divise en deux branches plus étroites écartées l'une de l'autre, afin de rendre plus parfaite la dissémination du gaz acide carbonique et de mieux agiter le jus. Le gaz non absorbé, qui ne contient qu'une petite quantité d'acide carbonique, mais dont la majeure partie est de l'azote, se rassemble en B au-dessus du jus et pousse celui-ci par les ouvertures P, dans l'espace supérieur A. Lorsque le jus contenu dans B s'est abaissé jusque au-dessous de P, le gaz accumulé en B traverse les ouvertures pour arriver en A et passe de nouveau à travers le jus où l'acide carbonique est complètement absorbé. Les gaz non absorbés se dégagent par *n*. Dès que l'action de l'acide carbonique est terminée, ce que l'on reconnaît lorsque la chaux est bien séparée et que le jus est clair, on ferme le robinet à acide carbonique *o* et ensuite on fait écouler le jus par *g* dans un réservoir, où se dépose le carbonate de calcium. Le jus clair est abandonné à lui-même pour être ensuite soumis au traitement ultérieur. L'ouverture *e* sert pour le nettoyage de l'appareil, notamment pour enlever le carbonate de calcium séparé. Le jus à déchauler arrive dans l'appareil par le tuyau *s* et la rigole *t*. Le dépôt (*écume de saturation*) est séparée de la solution sucrée, qui s'y trouve mélangée, à l'aide du filtre-pressé de la même manière que l'écume de défécation.

Autres moyens pour le déchaulage du jus déféqué. — A la place de l'acide

carbonique (et du noir animal), on a proposé pour le déchaulage du jus déféqué un grand nombre de moyens, qui le plus généralement consistent à employer des acides ou d'autres substances, qui forment avec la chaux du saccharate de calcium des combinaisons insolubles, sans cependant altérer le sucre. L'*acide oxalique* serait très-convenable pour le déchaulage, parce que l'oxalate de calcium est insoluble dans la solution de sucre; mais il est pour le moment encore beaucoup trop cher, le précipité a aussi l'inconvénient d'être extrêmement fin et, par suite, de ne se déposer que très-lentement, et il rend nécessaire une filtration sur le filtre *Taylor*. L'*acide phosphorique* pourrait aussi être employé pour le déchaulage et la neutralisation du jus à réaction alcaline. Le phosphate de calcium se dépose en flocons, et il peut être facilement séparé par filtration à travers une couche mince de noir en grains. Le phosphate d'ammonium semble être plus avantageux que l'acide phosphorique libre; cette combinaison précipite la chaux et neutralise les alcalis, tandis que l'ammoniaque devenue libre se dégage lorsqu'on chauffe le jus. Les *acides oléique et stéarique* ont également été indiqués; lorsqu'on les agite avec une solution de saccharate de calcium, ils enlèvent complètement même à froid la chaux de celui-ci. Il en est de même de l'*hydrate d'acide silicique* et de la *caséine*. *Acar* ajoute au jus déféqué de l'*acide pectique*, qui en se combinant avec la chaux donne du pectate de calcium insoluble. Depuis que l'on prépare à un très-bas prix du *sulfate de magnésium* avec la kîésérite de Stassfurt, on l'a également employé (d'après les indications de *Morgenstern*) avec beaucoup de succès pour le déchaulage et la clarification du jus. La magnésie en se déposant entraîne avec elle une partie des substances étrangères et des matières colorantes du jus. Enfin *Frickenhaus* a indiqué dans ces derniers temps la possibilité d'employer l'*acide fluorhydrique* pour le déchaulage et surtout pour le dessalage du jus de betteraves. Indépendamment des substances précédentes, qui sont ajoutées au jus après la défécation avec la chaux pour produire le déchaulage, il y en a encore un certain nombre qui sont mélangées au jus avant l'addition de la chaux ou en même temps que celle-ci et qui ont pour but d'*effectuer la défécation plus complètement* que la chaux ou sans celle-ci ou au moins de purifier le jus de manière à produire une grande *économie de noir* lors de la filtration subséquente sur le noir animal. Nous citerons d'abord l'*acide sulfureux*, duquel on attendait beaucoup dans la fabrication du sucre. Dès 1810 *Proust* recommandait d'employer le sulfite de calcium pour empêcher la fermentation qui se produit rapidement dans le jus de la canne à sucre; en 1829 *Dubrunfaut* obtint un brevet pour le traitement du jus de betteraves par l'acide sulfureux avant la défécation avec la chaux. En 1849 *Melsens*, de Bruxelles, reprenant la question, recommanda l'emploi du bisulfite de calcium. A 100° le bisulfite de calcium sépare la plupart des substances protéiques de leurs dissolutions; il n'agit pas seulement en s'opposant à la fermentation, mais il constitue un puissant moyen de défécation. Les matières colorantes qui se rencontrent dans les betteraves sont seulement masquées par l'acide sulfureux et non détruites; il s'oppose au contraire d'une manière complète et per-

sistante à la coloration du jus sous l'influence de l'air. *Melsens* pense qu'en employant son procédé dans l'extraction du sucre de la canne, on n'a plus à craindre de voir se produire la fermentation, le chauffage dans les chaudières pourrait être remplacé par une sorte de graduation solaire et même par une véritable graduation dans les bâtiments analogues à ceux employés pour l'évaporation des eaux salées. Avec les betteraves il rencontra de grandes difficultés, surtout parce que les inconvénients résultant de leur grande richesse en sels ne peuvent pas être détruits par le sulfite de calcium. Il lui semble, au contraire, qu'avec une addition du sel de chaux à la pulpe pressée on serait certain d'arriver à un épuisement complet par lavage systématique. Il pense aussi que le sulfite de calcium rendrait le noir animal inutile. La simplification proposée par *Melsens* perd cependant beaucoup de sa valeur par suite de deux circonstances. Premièrement, le sucre conserve une odeur sulfureuse qui ne peut être détruite que par un fort terrage, qui réduit le rendement de 10 pour 100, ou par une longue exposition à l'air ou dans une atmosphère ammoniacale du pain de sucre cassé en morceaux. Deuxièmement, il s'agit de savoir si les tourteaux des betteraves traitées par l'hyposulfite de calcium peuvent être employés pour la nourriture du bétail. Les procédés indiqués par *Melsens* ont été présentés par *Dumas* de telle façon que l'on pouvait s'attendre à une transformation totale de la fabrication du sucre usitée jusqu'à présent, à un arrêt des fabriques de noir animal et par suite à une augmentation dans le rendement en sucre. Cependant de toutes les espérances qui se rattachaient à la méthode de *Melsens*, aucune ne s'est encore réalisée.

Défécation avec la baryte. — Les méthodes de séparation du sucre du jus de la betterave indiquées jusqu'à présent consistent à transformer les substances étrangères qui accompagnent le sucre en une forme ou une combinaison insoluble, et par conséquent à séparer ces substances du sucre. La méthode inverse, c'est-à-dire la séparation du sucre des substances étrangères, qui fait l'objet du procédé de *Dubrunfaut* et de *Massy* breveté en France il y a environ vingt ans, repose sur la propriété que possède la baryte de former avec le sucre de canne à la température de l'ébullition du jus une combinaison insoluble de *saccharate de baryum*, $C^{12}H^{22}O^{11}$, BaO . On mélange le jus chauffé à l'ébullition avec autant de baryte caustique qu'il en faut pour précipiter tout le sucre. Le précipité de saccharate de baryum qui se forme est séparé du liquide, dans lequel toutes les autres substances restent dissoutes, puis suspendu dans l'eau pure et décomposé par l'acide carbonique; on obtient d'une part une solution de sucre pure, qui est cuite comme à l'ordinaire, et d'autre part du carbonate de baryum, qui est transformé en baryte caustique. Lorsque le saccharate de baryum a été décomposé par l'acide carbonique, la dissolution est filtrée et mélangée avec un peu de plâtre : par suite d'une double décomposition, la petite quantité du carbonate du baryum qui reste encore en dissolution est séparée sous forme de sulfate et le plâtre sous forme de carbonate de calcium. D'après les expériences de *E. Stammer*, la séparation

par la baryte du sucre de canne de la mélasse donne des résultats satisfaisants.

[**Double carbonatation de Férier et Possoz.** — Cette méthode de défécation du jus de betteraves, de laquelle se rapproche le procédé désigné en Allemagne sous le nom de *procédé Frey et Jellineck*, est employée dans un grand nombre fabriques françaises où elle donne d'excellents résultats. L'opération s'effectue dans de grandes chambres en tôle forte (fig. 283) à section carrée, d'une capacité totale de 50 à 70 hectolitres, et dont le fond est un peu incliné pour faciliter la vidange et le nettoyage. Afin d'éviter la projection

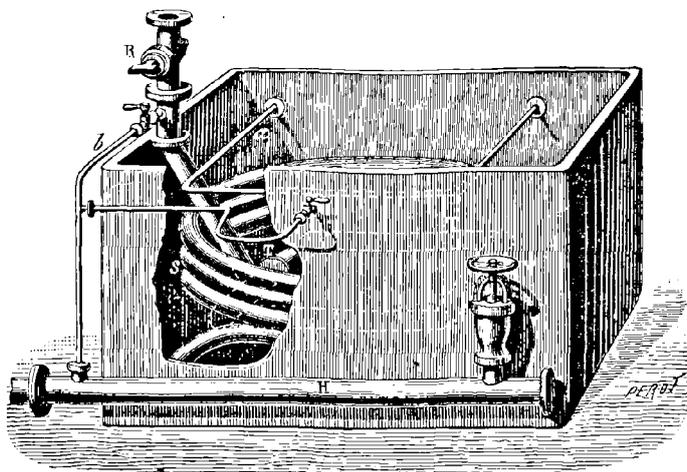


Fig. 285. — Chaudière à carbonatation.

du liquide pendant le travail, ces chaudières sont couvertes d'une sorte de toit, également en tôle, dans lequel on a ménagé en avant une ouverture, afin que l'ouvrier puisse se rendre compte de la marche de l'opération ; le toit est en outre surmonté d'une cheminée en bois par laquelle s'échappent les vapeurs et les gaz résultant du traitement du jus. Sur le fond de la chaudière est disposé, en forme de carré, un tuyau T troué latéralement de chaque côté ; ce tuyau reçoit, par un tube vertical à robinet R, le gaz acide carbonique refoulé au moyen d'une machine soufflante et le laisse barboter dans le liquide par toutes ses ouvertures. Le tuyau à acide carbonique est entouré d'un serpentín S à trois circonvolutions superposées, dans lesquelles circule de la vapeur amenée par le tube H et destinée au chauffage du contenu de la chaudière. Celle-ci est vidée, une fois l'opération terminée, à l'aide d'un large orifice pratiqué en avant de son fond et fermé par une bonde munie d'une tige verticale.

Au-dessus de la chaudière est établi un réservoir demi-cylindrique, contenant le *lait de chaux* nécessaire pour l'épuration du jus. Pour préparer ce lait de chaux, on commence par mesurer ou peser une quantité de chaux

suffisante pour obtenir un lait contenant, en moyenne, 20 kilogrammes de de chaux par hectolitre; mais, à cause des pierres et des autres impuretés que la chaux renferme ordinairement, même lorsqu'elle est de bonne qualité, il faut toujours en prendre une proportion un peu plus grande, pour avoir un lait de la richesse indiquée. Cela fait, on introduit la chaux dans un grand bac circulaire (*malaxeur*), au centre duquel se meut un agitateur consistant en un axe vertical muni de bras horizontaux, puis on ajoute une quantité d'eau juste suffisante pour obtenir une bouillie épaisse, et l'on met l'agitateur en mouvement. Une fois la chaux éteinte, on achève de la délayer avec de l'eau ou du jus limpide, ayant déjà subi une première carbonatation; en employant ce dernier liquide on évite d'introduire beaucoup d'eau dans les jus. Le lait de chaux ainsi obtenu est reçu au sortir du malaxeur dans une rigole terminée à une de ses extrémités par un tamis en toile métallique; en traversant ce tamis, le liquide se débarrasse des particules solides trop volumineuses qu'il pouvait contenir, et il se rassemble dans une citerne, d'où il est envoyé dans le réservoir indiqué plus haut.

Comme l'indique son nom le procédé de *Périer* et *Possoz* comprend deux opérations successives : *a. Première carbonatation*, ou carbonatation trouble, qui s'effectue sur le jus avec addition de chaux; *b. Deuxième carbonatation*, qui s'effectue encore avec addition de chaux, sur le jus limpide de l'opération précédente.

a. Première carbonatation. — Le jus froid ou préalablement réchauffé par son passage à travers un appareil particulier (*le réchauffeur de jus*, voy. *Evaporation du jus*) et déjà mélangé au sortir des presses avec environ 1 0/0 de chaux destinée à prévenir son altération, est amené dans la chaudière à carbonater par un tuyau muni d'un robinet, que l'on ferme lorsque le niveau du liquide s'est élevé à une certaine hauteur. Cela fait, on ouvre le robinet que porte un tuyau communiquant avec le réservoir à lait de chaux, et on laisse écouler ce dernier. Les proportions de chaux que l'on doit employer dans la première carbonatation sont en raison de la quantité et de la nature des impuretés renfermées dans le jus, elles varient entre 2, 5 et 3 0/0; le lait de chaux étant préparé avec une richesse en chaux parfaitement déterminée, il est d'ailleurs facile, en mesurant le liquide, d'arriver à effectuer le mélange suivant les proportions voulues. Lorsque la chaudière est chargée, on chauffe le jus chaulé en faisant arriver de la vapeur dans le serpentin S, et dans ce but on ouvre le robinet V, qui établit la communication entre la conduite H et le serpentin; puis on introduit aussitôt dans le liquide l'acide carbonique, qui le traverse en s'échappant par les nombreux trous du tuyau T. Les bulles de gaz commencent alors à soulever la masse liquide et à produire une mousse volumineuse, que l'ouvrier s'efforce de détruire en la brisant avec une spatule en bois et en l'arrosant de temps en temps avec quelques cuillerées de graisse fondue ou bien à l'aide d'un jet de vapeur lancé par le tube *a*, percé de petits trous et en communication avec la conduite H. Tout en carbonatant ainsi, on continue de chauffer jusqu'à 60 ou 70°; on cesse alors l'introduction de la vapeur dans le ser-

pentin, mais on laisse l'acide carbonique se dégager, jusqu'au moment où un échantillon du liquide, versé dans un verre, laisse précipiter rapidement les corps solides qu'il tient en suspension, ou mieux encore jusqu'à ce que le liquide ne contienne plus que 1 à 2 millièmes de chaux libre. Pour reconnaître si l'on est arrivé à ce point, qui est le plus important de cette phase du travail, on prend dans la chaudière 1 centilitre de jus éclairci et on y ajoute, suivant la proportion de chaux libre que l'on doit laisser dans le jus, 1, 2 ou 3 centilitres d'une dissolution contenant une quantité déterminée de protochlorure de fer (liqueur d'épreuve n° 1 de *Périer et Possoz*); à l'aide d'une baguette de verre, on dépose sur un morceau de papier blanc collé une goutte de ce mélange, préalablement filtré, puis une autre goutte de liqueur ferrométrique (solution très-étendue de prussiate rouge de potasse), et si en mélangeant les deux gouttes il se produit une coloration verte, on supprime l'arrivée de l'acide carbonique. On fait alors bouillir le jus pendant quelques minutes, et l'on ferme le robinet de vapeur. Le liquide résultant de ce traitement donne promptement un dépôt grenu, dans lequel se trouve la majeure partie des matières étrangères, mêlée avec la chaux combinée à l'acide carbonique. Dès que la première carbonatation est achevée, on enlève la bonde qui bouche l'orifice du fond de la chaudière et l'on fait écouler tout le liquide trouble dans un bac à décanter, offrant la même capacité que la chaudière et placé au-dessous d'elle. A chaque chaudière de première carbonatation correspond un bac à décanter muni de robinets par lesquels on fait écouler le jus clair, après un repos de 10 ou 15 minutes; ce liquide est reçu dans une rigole en tôle, d'où il est envoyé aux chaudières de deuxième carbonatation. Le dépôt et les écumes sont ensuite évacués du réservoir et refoulés dans les filtres-presses au moyen d'un monte-jus.

b. Deuxième carbonatation. — Les chaudières destinées à la deuxième carbonatation offrent des dispositions semblables à celles décrites précédemment. Le jus de la première carbonatation arrive dans les chaudières avec une température de 60 à 70°, et il est immédiatement mélangé avec une quantité de chaux variant entre 3 et 10 millièmes. Le robinet à acide carbonique est alors ouvert et le gaz injecté, jusqu'à ce que la chaux soit entièrement précipitée à l'état de carbonate, ce que l'on constate en plongeant de temps en temps dans le liquide un morceau de papier de curcuma, dont la couleur jaune ne doit être brunie que faiblement, ou pas du tout, si l'on veut employer, comme c'est le cas ordinaire, de l'acide carbonique en excès: on est alors certain que toute la chaux est bien précipitée. Mais le plus souvent on ne se borne pas aux indications fournies par le papier de curcuma, on fait suivre cet essai d'une épreuve par le protochlorure de fer et le prussiate rouge de potasse; on procède alors de la manière suivante: on mélange 1 centilitre de jus avec 2 ou 3 centilitres de la liqueur d'épreuve n° 2 de *Périer et Possoz*, et on arrête l'injection de l'acide carbonique, dès qu'une goutte de liqueur ferrométrique produit une tache bleue au contact d'une goutte du mélange. La disparition presque complète de

l'écume fournit également un signe permettant d'apprécier la fin de l'opération. Lorsqu'on est arrivé à ce point, on ouvre le robinet du serpent à vapeur et l'on porte le jus à l'ébullition, afin d'en chasser l'excès d'acide carbonique; cela fait, on laisse aussitôt écouler tout le liquide trouble dans les bacs à décanter qui correspondent aux chaudières; il se forme alors, après un repos de 15 à 20 minutes, un dépôt grenu surnagé par un jus clair, que l'on décante de la même manière que le produit de la première carbonatation, pour le conduire sur les filtres à noir. Le dépôt est envoyé aux filtres-presses comme celui de la première opération. ►

Après chaque carbonatation, les chaudières doivent être nettoyées avec soin, lorsque leur contenu a été évacué. En outre, comme il peut arriver que le carbonate de calcium, en se précipitant, pénètre dans les trous du tube à acide carbonique et les bouche, on injecte dans ce tube à l'aide du petit tuyau *b* (fig. 283), une fois la chaudière vidée, un courant de vapeur à haute pression fournie par la conduite *H* et qui expulse en quelques secondes toutes les particules solides engagées dans les trous.

Le traitement du jus par la chaux et l'acide carbonique doit être fait avec le plus grand soin : de sa bonne exécution dépend la réussite des opérations subséquentes. L'action exercée par les deux agents épurateurs est assez compliquée; voici, en résumé, quelles sont les transformations que le jus a subies au moment où il est conduit sur les filtres à noir. Les acides contenus dans le jus s'unissent avec la chaux et forment des composés insolubles, qui se précipitent et que l'on retrouve dans les dépôts et les écumes. Les autres substances étrangères (matières gommeuses, albumine, caséine, matières grasses et colorantes) sont aussi éliminées de la même manière; en outre, certains corps décomposés par la chaux donnent lieu à un abondant dégagement d'ammoniaque, qu'il est facile de reconnaître à son odeur piquante, caractéristique; la potasse et la soude, primitivement combinées avec des acides organiques, sont mises en liberté et restent dans le jus à la faveur de leur solubilité. La chaux en excès se combine avec le sucre et forme du saccharate de calcium. Les substances insolubles, telles que les débris de cellules, etc., sont entraînées dans les écumes par le réseau que forment les matières albumineuses en se combinant avec la chaux. Enfin, l'acide carbonique décompose le saccharate de calcium, s'unit avec la chaux pour former un carbonate insoluble et met le sucre en liberté. Après le traitement par la chaux et l'acide carbonique, le jus contient encore, indépendamment du sucre, un peu d'ammoniaque et de chaux, des sels organiques de chaux, des sulfates de sodium et de potassium et des acides végétaux combinés également à la potasse et à la soude. Ces impuretés se retrouvent en majeure partie dans la mélasse avec le sucre passé à l'état incristallisable.]

Travail des dépôts et des écumes de carbonatation. — [Les écumes et les dépôts fournis par les deux carbonatations ou ceux obtenus lorsqu'on travaille d'après l'ancienne méthode de défécation renferment une grande proportion de jus, qu'il importe d'extraire. Pour séparer ce liquide, on

emploi dans presque toutes les fabriques des appareils spéciaux, auxquels on a donné le nom de *filtres-presses*. On construit aujourd'hui ces appareils d'après des systèmes différents, mais qui reposent tous sur le même principe. La figure 284 représente un modèle du système *Trinks* un peu modifié. Cet appareil se compose d'un certain nombre de boîtes carrées (onze) *b* formées d'un cadre en fonte, de 4 à 5 centimètres d'épaisseur, et de deux parois en tôle percées de petits trous et présentant du côté de leur face extérieure une légère concavité, qui, lors du rapprochement des boîtes, produit un espace vide entouré de toutes parts par les bandes massives des cadres de fonte; ces parois sont en outre munies d'une large ouverture centrale dans laquelle

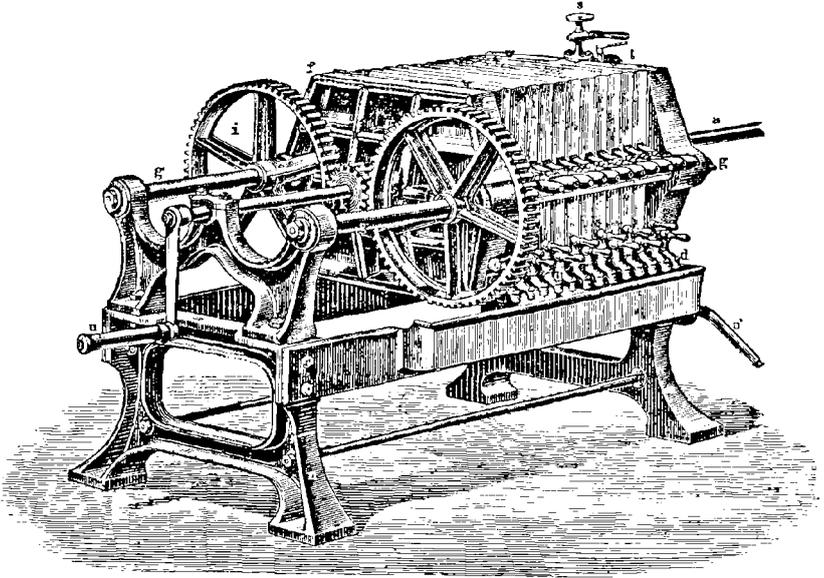


Fig. 284. — Filtre-pressé.

est engagé un petit cylindre creux, reliant les deux parois, de façon que le liquide qui doit pénétrer dans les boîtes ne puisse y arriver que par les petits trous. Les boîtes sont recouvertes de chaque côté par une toile posée à cheval sur le bord supérieur du cadre et percée au niveau des ouvertures centrales; elles sont disposées verticalement entre deux plaques de fonte *e* et *f* offrant, du côté des boîtes, une capacité fermée par une lame de tôle également munie de petits trous et d'un orifice central. Cette lame est aussi recouverte d'une toile trouée en son milieu et assujettie sur le bord supérieur de la plaque au moyen d'une règle en fer et de vis. Les deux plaques, dont l'une *f* est mobile et l'autre fixe, sont reliées entre elles par deux boulons filetés *g g* sur lesquels reposent les boîtes, par l'intermédiaire de saillants; les boulons, fixés invariablement de chaque côté de la plaque *e* à la moitié de sa hauteur, s'engagent dans les trous dont la plaque *f* est munie latéralement et viennent se fixer sur des montants; de chaque côté

de *f* se trouvent en *h* des écrous sur lesquels sont fixées les roues dentées *i*, qui sont commandées par le pignon central *k* et s'engagent dans une saillie de la plaque *t*, de telle sorte qu'en desserrant ou serrant la presse les écrous entraînent dans leur mouvement cette même plaque *f* et l'éloignent ou la rapprochent de *e*. Au centre de la plaque fixe *e*, est pratiqué un orifice qui correspond aux ouvertures centrales des boîtes et dans lequel s'adapte un tuyau *a* muni d'un robinet; ce tuyau communique avec le monte-jus, au moyen duquel les écumes sont envoyées dans la presse. Lorsque les boîtes, garnies de leurs toiles, sont en place et fortement appliquées les unes contre les autres, par suite du rapprochement de la plaque mobile vers la plaque fixe, la juxtaposition des ouvertures centrales donne naissance à une sorte de canal interrompu entre chaque boîte et qui forme comme le prolongement du tuyau d'admission des écumes *a*. Celles-ci, ne pouvant pas pénétrer dans l'intérieur des boîtes, sont obligées de se répartir dans les espaces vides compris entre les boîtes, où elles subissent une pression énergique; sous l'influence de cette pression, produite par la vapeur du monte-jus qui refoule les écumes dans l'appareil, le jus est expulsé, il filtre à travers les toiles, se rassemble entre les tôles perforées et s'écoule dans une rigole par les robinets *d*, adaptés à l'un des angles inférieurs des boîtes; les particules solides, qui ne peuvent pas traverser les toiles, restent entre celles-ci sous forme de tourteaux solides. Lorsque la filtration est arrêtée ou que le liquide ne sort plus que goutte à goutte, on ferme le robinet du tuyau d'arrivée et on met le canal central en communication avec un tube à vapeur adapté au tuyau *a* avant sa pénétration dans la plaque fixe; les particules solides qui ont pu rester dans le canal sont entraînées par la vapeur et s'échappent avec celle-ci par un tube qui forme le prolongement du tuyau central; puis ferment les robinets *d*, on fait d'abord arriver de l'eau par *S* et ensuite de la vapeur par *t*, afin de laver les écumes et déplacer le jus qu'elles retiennent encore. Cela fait, on éloigne la plaque mobile *f* en desserrant la presse et on écarte les boîtes les unes des autres au moyen des poignées fixées sur les saillants et à l'aide d'un couteau en bois on détache les tourteaux qui tombent dans un entonnoir placé au dessous de la presse; on recommence alors une nouvelle opération. Le jus clair s'écoule par le tuyau *o'* dans les chaudières à défécation, où il est soumis de nouveau à l'action de la chaux et de l'acide carbonique.

Les *tourteaux des filtres-presses* offrent, d'après *Vivien* (1873), la composition suivante :

Humidité.	32,80
Terre et sable.	2,50
Sucre.	3,68
Chaux combinée aux acides.	1,15
Sels alcalins.	0,38
Acides organiques.	0,81
Substances végétales.	12,11
Carbonate de calcium.	37,00
Chaux combinée aux matières organiques.	7,22
Phosphates.	1,90
Magnésie.	0,50
Perte et éléments non dosés.	0,15
	100,00

On peut les employer comme engrais en les associant au fumier d'étable et comme amendement dans les terres pauvres en calcaire.]

IV. Filtration du jus sur le noir animal. — [Après le traitement par la chaux et l'acide carbonique, le jus a encore besoin de subir une nouvelle épuration, sans laquelle son évaporation et la cristallisation du sucre dans le sirop cuit se feraient difficilement et dans de mauvaises conditions. Les substances qu'il s'agit d'éliminer aussi complètement que possible sont les traces de chaux non précipitées par l'acide carbonique et certains principes colorants, visqueux et salins, qui, ainsi que nous l'avons dit précédemment, sont restés dans le jus malgré l'action prolongée de la défécation. L'opération qui a pour but l'élimination des substances consiste à filtrer le jus sur le noir animal.]

Lorsque *Lowitz* eut découvert la propriété que possède le charbon de bois de décolorer les liquides colorés, le charbon fut employé pour la première fois en 1798 dans les raffineries de sucre pour la décoloration des mélasses. Plus tard, en 1811, *Figuier*, de Montpellier, découvrit que le pouvoir décolorant du charbon animal (noir animal, charbon d'os) était de beaucoup supérieur à celui du charbon de bois. *Schatten*, *Michaëlis* et *Payen* trouvèrent ensuite que le noir animal ne décolore pas seulement le jus mais qu'il jouit aussi de la faculté d'absorber la chaux et les substances salines. C'est sur ces propriétés qu'est basé le rôle si important que joue maintenant le noir animal dans la fabrication du sucre. Pendant longtemps on ne l'employa que sous forme de poudre fine, et plus tard à l'état granulé.

D'après l'ancienne méthode, on chauffait la poudre de charbon avec le jus évaporé, duquel on éliminait ensuite en ajoutant du sang, comme

cela se fait encore maintenant dans le raffinage du sucre de canne.

Pour séparer le jus décoloré et déchaulé des particules de charbon, etc., on se servait des filtres imaginés par *Taylor* en 1825 et qui sont représentés en coupe par la figure 285. Dans une caisse munie d'une porte et garnie de cuivre se trouvent deux compartiments séparés par une cloison transversale. Dans le compartiment supérieur A se trouve le jus à filtrer et

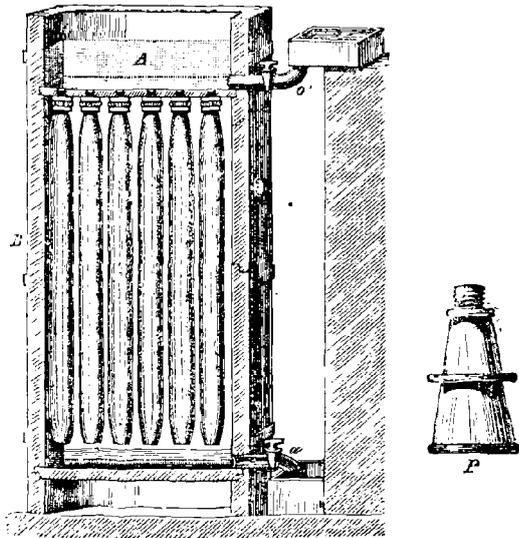


Fig. 285. -- Filtres Taylor.

dans l'inférieur B les filtres et le jus filtré. Chaque filtre se compose d'un sac de coton placé dans un deuxième sac de lin plus petit, afin de former des plis aussi nombreux que possible. Les embouchures des filtres (voyez P) sont vissées dans les trous du fond transversal. Au-dessus du fond du compartiment inférieur se trouve un robinet *a* pour faire écouler le jus filtré. Le jus arrive dans le compartiment supérieur par le tube *o*. Le liquide qui s'écoule d'abord est généralement trouble et il doit être de nouveau versé sur les filtres. Les pores des filtres se bouchent très-promptement, aussi ces derniers doivent-ils être fréquemment changés.

Ce fut *Pajot des Charmes* qui, en 1822, introduisit le noir animal dans les filtres et combina la décoloration avec la filtration. Ses expériences demeurèrent dans l'oubli, jusqu'à ce que *Dumont*, en 1828, fit cette découverte, si importante pour l'industrie sucrière, que l'action du noir animal était beaucoup augmentée, lorsqu'on l'employait à l'état granulé et en couches épaisses. Il enlevait toute la poussière du noir, de manière à ce qu'il ne restât que du charbon animal en poudre grossière. Il construisit ensuite un filtre — le filtre *Dumont* — dans lequel le noir en grains se trouvait complètement plongé dans le liquide. Ce mode d'emploi du noir permet, lorsque celui-ci a servi, d'en éliminer les substances absorbées (la chaux notamment) par *révivification* (en traitant le noir épuisé par l'acide chlorhydrique, l'eau, etc. ; voyez

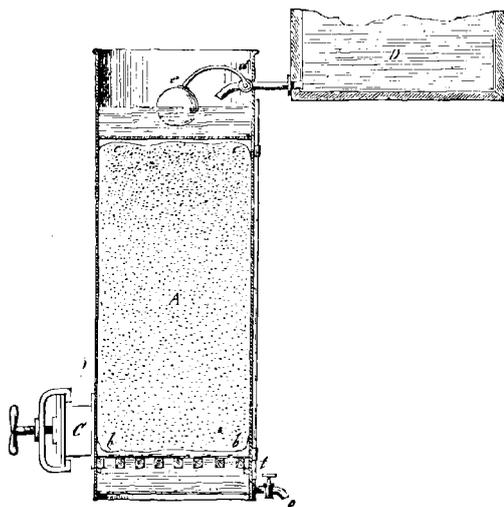


Fig. 286. — Filtre Dumont ; coupe verticale.

plus loin : *Noir animal*), et le noir animal peut ensuite être employé de nouveau. Ce n'est que par suite de cette circonstance qu'il a été possible d'employer la quantité de noir nécessaire dans les fabriques de sucre.

La figure 286 représente la coupe verticale d'un filtre *Dumont* et la figure 287 la coupe horizontale. Le filtre proprement dit se compose d'un vase élevé *A* muni d'un fond percé de trous *bb*, sur lequel est chargé le noir en grains. En haut et en bas (en *C*) sont des ouvertures que l'on peut fermer hermétiquement ; elles servent pour charger l'appareil et le vider. Si l'on emploie des noirs dont les grains sont de différentes grosseurs et dont l'effet n'est pas le même, on met dans la partie inférieure le plus actif et dans la partie supérieure le plus grossier. On étend sur le noir un drap humide et l'on place par-dessus un diaphragme *cc* en cuivre percé de trous. Ordinaire-

ment plusieurs filtres sont alimentés par un réservoir D contenant le jus. Le jus est introduit dans le filtre A à l'aide du tuyau *d*; afin qu'il s'y maintienne au même niveau et qu'il passe toujours sous la même pression, le tuyau *d* est muni d'un robinet à flotteur *e*. Le jus passant à travers le noir ne peut pas arriver dans le compartiment inférieur du filtre sans chasser l'air qu'il renferme et qui trouve une voie d'écoulement par le tube *t* disposé dans ce but et pour l'écoulement du jus après sa filtration. [Dans les dispositifs récents, ce tube se relève parallèlement aux parois du filtre pour se terminer à peu près à la moitié de la hauteur de celui-ci, en se recourbant au-dessus d'une gouttière destinée à conduire le jus dans un réservoir particulier]. Le fond inférieur est ordinairement recouvert au-

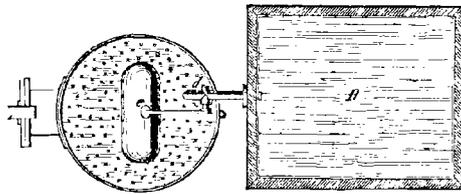


Fig. 287. — Filtre Dumont; coupe horizontale.

dessus du noir avec une natte, par-dessus laquelle on place un tissu de lin ou de laine. Lorsque l'action du charbon est épuisée, on lave le filtre avec de l'eau bouillante afin d'en extraire tout le sucre. Quelquefois aussi on fait passer le jus d'un filtre sur un second, si le premier ne purifie pas suffisamment le jus et si toutefois le noir peut encore absorber des impuretés.

V. Évaporation du jus et filtration du sirop sur le noir animal. —

[Le jus purifié par défécation et filtration sur le noir animal doit maintenant être privé de la majeure partie de son eau, pour qu'il puisse abandonner par cristallisation le sucre qu'il renferme. L'élimination de l'eau du jus se fait en deux périodes : le liquide est d'abord réduit à la moitié environ de son volume primitif et ainsi transformé en *sirop*, et ce dernier, préalablement filtré sur le noir animal, est de nouveau concentré jusqu'au point où le sucre peut s'en séparer sous forme cristalline. La première opération porte le nom d'*évaporation* ou de *concentration du jus*, la seconde constitue la *cuite du jus évaporé* ou *sirop*.]

Les *chaudières* qui servent pour l'évaporation du jus filtré et pour la cuite du sirop peuvent être partagées relativement au mode d'évaporation en plusieurs catégories, suivant que l'on chauffe à feu nu ou à la vapeur, ou avec de l'air chauffé, suivant que l'on travaille d'une manière continue ou intermittente, à la pression atmosphérique ordinaire ou dans l'air raréfié.

En ce qui concerne les chaudières évaporatoires à *feu nu*, on a à s'occuper dans leur construction non-seulement de l'économie du combustible, mais encore de l'influence de celui-ci sur la qualité du produit et de la facilité d'exécution du travail. Le danger que l'on court de surchauffer le bord de

la chaudière non recouvert par la solution sucrée constitue un grand inconvénient de l'évaporation à feu nu, et il en est de même de la difficulté que l'on a de pouvoir diminuer rapidement le feu, comme cela est nécessaire lorsqu'il s'agit de vider la chaudière, si une partie du sucre ne doit pas être transformée en caramel. Ces inconvénients sont en partie détruits par le dispositif représenté en coupe verticale par la figure 288 et en plan par la figure 289. D est la chaudière évaporatoire, A la sole, B le foyer, C le

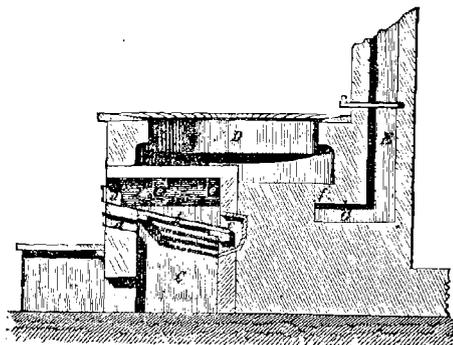


Fig. 288. — Chaudière à feu nu;
coupe verticale.

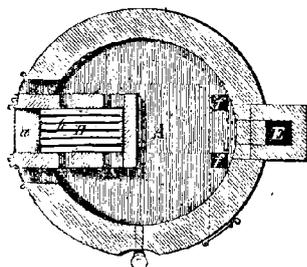


Fig. 289. — Chaudière à feu nu,
plan.

cendrier, E la cheminée. Le combustible est placé par *a* sur la grille inclinée *b*. Celle-ci peut être nettoyée par l'ouverture *d*. Le foyer est recouvert par une voûte fermée par en haut et qui est munie des ouvertures latérales *ee*, à travers lesquelles la chaleur pénètre sur la sole. De là, les gaz de la combustion passent par les canaux *ff* et sont conduits par le canal *G* dans la cheminée; *ll* sont des ouvertures fermées qui permettent à l'air froid d'arriver sur la sole. Avec les *chaudières à bascule* il est plus facile de vider la solution de sucre qu'avec les chaudières fixes. Elles ont une profondeur de 0^m,30 à 0^m,36, elles se terminent par un large bec (fig. 290) et elles peuvent être mues au moyen d'un moufle autour d'un axe fixé sur la maçonnerie. Le feu est ici entretenu sans interruption; lorsque le jus a atteint le degré de concentration nécessaire, l'ouvrier n'a qu'à tirer sur la chaîne *m* pour vider la chaudière.

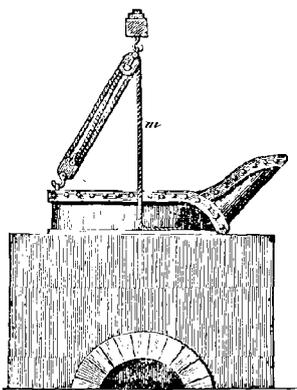


Fig. 290. — Chaudière à bascule.

La *chaudière de Pecqueur*, basée sur l'emploi de la vapeur d'eau, donne d'excellents résultats; sa disposition est mise en évidence par les figures 291 et 292. Vue par en haut, elle a la forme d'un rectangle dont l'une des extrémités est arrondie; sur son fond se trouvent des tubes à vapeur disposés

comme les barreaux d'une grille. La vapeur arrive par le tube *a* dans le gros tuyau *b*, duquel six tubes recourbés conduisent la vapeur dans l'autre tuyau *d*, et de ce tuyau l'eau de condensation est ramenée par le tube *e* dans le générateur. Ce retour direct de l'eau condensée a d'une part cet avantage qu'il ne se perd de chaleur que par le refroidissement extérieur et d'autre part elle permet une évaporation plus rapide, parce que dans le système tubulaire il ne se trouve que la vapeur chaude. En outre, les tubes *a* et *b* et *c* et *d* sont unis de telle manière que l'on peut faire tourner les

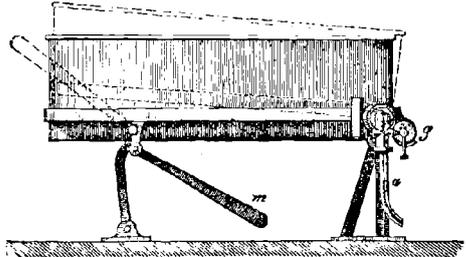


Fig. 291. — Chaudière de Pecqueur.

tuyaux *b* et *d* sans que *a* et *e* changent leur position. Cette rotation permet de nettoyer avec facilité les tubes à vapeur et de vider rapidement la chaudière qui, à l'aide du bras de levier *m*, peut être soulevée de quelques pouces, de manière à s'incliner dans la direction du robinet *g*, par lequel le jus s'écoule. Par suite de cette disposition, la chaudière de *Pecqueur* est une chaudière à bascule.

On a aussi cherché à produire l'évaporation du jus au moyen de l'air chauffé avec abaissement simultané de la température, comme par exemple dans les appareils évaporatoires de *Brame-Chevalier* et de *Péclet*. L'appareil du premier offre la disposition suivante :

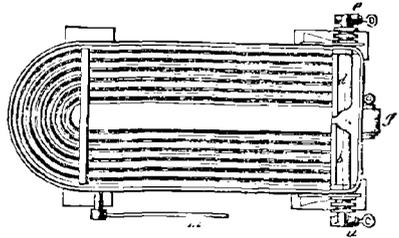


Fig. 292. — Chaudière de Pecqueur; plan.

des pompes mues par une machine à vapeur poussent de l'air à travers des tubes chauffés à la vapeur dans les chaudières évaporatoires ouvertes munies de doubles fonds. Là, l'air chaud passant à travers le fond supérieur percé de trous comme un crible, arrive dans le jus qui est chauffé par un serpentin à vapeur. L'air se dissémine en petites bulbes dans le jus et se dégage chargé de vapeurs.

Les autres chaudières évaporatoires dans lesquelles on emploie de l'air chauffé, n'offrent rien de particulier, à l'exception d'un appareil décrit par *Péclet* (fig. 295). La chaudière A, chauffée à feu nu, est fermée par en haut au moyen d'un couvercle voûté. Au-dessus de la chaudière se trouve l'axe *d*, qui intérieurement est munie d'ailettes réunies les unes aux autres par des tringles *c*, sur lesquelles sont tendues des toiles métalliques fines *d*, de manière à produire plusieurs cylindres inclus les uns dans les autres. L'air qui doit être poussé à travers le jus est chauffé dans l'espace fermé B, où se trouvent des tubes *s*, qui environnés par la chaleur perdue du fourneau chauffent l'air fourni par le ventilateur C. Lors de la rotation de l'axe,

l'air arrive au contact du jus soulevé par les cylindres et l'évapore. Les vapeurs aqueuses se dégagent par *e*, les gaz de la combustion par *g*.

[Toutes ces chaudières offrent le grave inconvénient de fournir des produits plus ou moins altérés et d'entraîner des pertes de sucre assez considérables par suite de la haute température à laquelle le sucre se trouve exposé. C'est pourquoi elles ont été remplacées dans presque toutes les fabriques par des *appareils à évaporation dans le vide*, qui permettent d'effectuer la concentration du jus et du sirop à une basse température, et

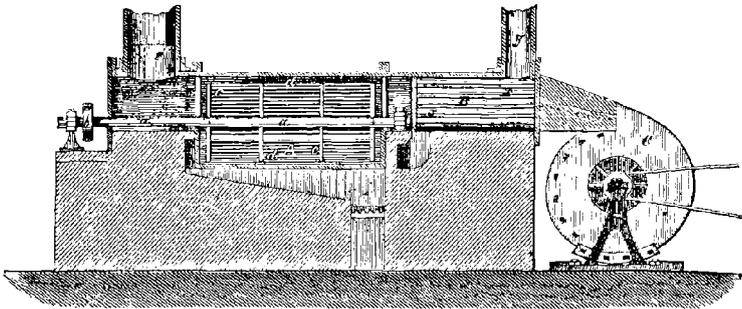


Fig. 295. — Chaudière de Péclet.

avec une rapidité très-grande, sans que l'on ait plus à craindre une altération du sucre.

Les premières *chaudières à évaporation dans le vide* ont été construites par *Howard*, en 1812. Nous citerons ensuite, parmi les appareils en usage dans les sucreries coloniales, ceux de *Cail* et *Derosne*, dans lesquels la vapeur développée par la concentration des sirops est utilisée pour l'évaporation des jus déféqués et filtrés. Plus tard, *Rillieux*, en Amérique, eut l'heureuse idée d'employer la vapeur dégagée par le jus en ébullition pour l'évaporation d'une autre partie du jus, et il construisit, d'après ce principe, un appareil à trois chaudières. En Europe, *Tischbein* et *Robert*, de Seelowitz, imaginèrent des dispositifs analogues. Mais sans l'emploi du vide, l'idée de *Rillieux* n'aurait pu être mise en pratique, car si à l'aide de la vapeur produite par l'évaporation d'un jus contenu dans un premier vase, on veut faire bouillir dans un second vase une autre portion du même liquide, la température de cette vapeur doit être nécessairement plus élevée que celle à laquelle le jus entre en ébullition; mais si l'on vient à diminuer notablement la pression dans le deuxième vase, il est évident que la vapeur émise par le premier jus aura une température suffisante pour produire l'ébullition du second. De même, si l'on abaisse le point d'ébullition dans le premier vase, en y faisant aussi le vide, on ne sera pas obligé de chauffer au moyen de la vapeur directe et à haute température des générateurs, mais on pourra se servir de vapeur d'une pression faible ou nulle, comme celle qui a déjà été utilisée pour imprimer la force mécanique à

une machine. A l'aide de ces dispositions, on réalise évidemment une grande économie de combustible.

Appareil à triple effet. — Dans l'appareil à triple effet construit par *Cail et C^{ie}*, nous trouvons l'application la plus pratique et en même temps la plus économique des données qui précèdent.

Le triple effet (fig. 294) effectue l'évaporation des jus filtrés dans trois vases cylindriques A, B et C clos et disposés verticalement. La capacité de chacun de ces vases est partagée par deux cloisons horizontales *mm* et *nn* en trois compartiments inégaux; le compartiment inférieur *a* communique avec le supérieur au moyen de 60 ou 80 tubes verticaux *c, c* adaptés aux deux cloisons et dans lesquels le jus à évaporer se meut librement pour descendre sous la cloison inférieure ou monter au-dessus de la supérieure. Il résulte de là que le jus ne peut pas pénétrer dans le compartiment moyen, qui est exclusivement destiné à recevoir la vapeur au moyen de laquelle s'effectue le chauffage des chaudières. Les trois chaudières sont égales en hauteur, mais leurs diamètres vont en croissant de la première à la troisième. Le premier vase A est chauffé par la vapeur détendue des machines motrices, et à cet effet son compartiment moyen est muni d'un tuyau à robinet H, par lequel on fait entrer la vapeur; celle-ci circule autour des tubes *c, c*, élève la température du jus et repasse à l'état liquide. La vapeur résultant de l'évaporation du jus de la chaudière A, où la pression atmosphérique est abaissée d'environ un quart, s'échappe par une tubulure O, dont ce vase est muni à sa partie supérieure, et se rend entre les tubes du vase B, dans lequel la concentration est favorisée par une diminution de pression un peu plus considérable.

Entre A et B, se trouve un *vase de sûreté A'*, destiné à retenir le jus qui peut être entraîné en même temps que la vapeur, lorsque le liquide de A est en pleine ébullition. Ce vase consiste en un cylindre vertical muni supérieurement d'un orifice dans lequel s'adapte la tubulure O; il est en outre pourvu intérieurement d'un tuyau, dont l'orifice supérieur s'ouvre tout près du couvercle du vase et dont l'inférieur est fixé sur une ouverture pratiquée au centre d'une cloison transversale qui partage la capacité de l'appareil en deux compartiments inégaux. Le compartiment inférieur est le plus petit, en hauteur et aussi en diamètre, par suite du rétrécissement que présente le cylindre à sa base; il forme comme la continuation du tuyau central et communique par un tuyau horizontal I avec le compartiment moyen de la chaudière B. Comme la tubulure O, qui unit la chaudière A avec le vase de sûreté, s'ouvre au-dessous de l'orifice du tuyau intérieur, le jus entraîné par la vapeur ne peut pas pénétrer dans ce dernier et tombe dans l'espace annulaire formé par les parois du vase et le tuyau central; tandis que les vapeurs se rendent entre les tubes de la chaudière B, après avoir traversé successivement le tuyau intérieur, la portion rétrécie du cylindre et le tuyau horizontal I, qui met ce dernier en communication avec la capacité de chauffage du vase B. Lorsque le jus rassemblé dans l'espace annulaire a atteint une certaine hauteur, que l'on cons-

tate au moyen de l'indicateur de niveau N, on le fait écouler dans la chaudière B. Il suffit pour cela d'ouvrir le robinet d'un tuyau (non visible dans la figure) qui fait communiquer l'intérieur de B avec l'espace annulaire.

La vapeur, produite par l'évaporation du jus de la chaudière B, pénètre dans un deuxième vase de sûreté B', semblable à celui qui vient d'être décrit et se rend entre les tubes de la troisième chaudière, où la concentration du jus est achevée sous l'influence d'une diminution de pression, portée encore plus loin que dans le vase B. Enfin, la vapeur engendrée dans la chaudière C s'échappe par l'orifice *c* et est entraînée par une pompe à air et à eau, qui sert en même temps à faire le vide dans l'appareil.

La diminution de la pression allant toujours en augmentant de la première chaudière à la troisième, il en résulte que le jus ne bout pas à la même température dans les trois vases : dans le premier, où le vide est moins parfait qu'en B et C, l'ébullition se fait entre 80 et 70°, et dans les deux autres elle a lieu entre 50 et 60°.

On voit par ces indications comment se réalise l'économie de combustible, et comment se justifie le nom de *triple effet* donné à cet appareil ; les vapeurs qui ont été une première fois utilisées pour donner le mouvement aux machines, sont amenées pour produire un second effet entre les tuyaux de chauffage de la première chaudière ; puis les vapeurs émanées du jus contenu dans cette chaudière sont appliquées au chauffage et à l'évaporation dans les deux autres chaudières. Cette production successive de vapeur au moyen d'une seule dépense première est précisément ce qui procure l'économie de combustible.

Les trois chaudières sont surmontées d'un dôme terminé par une ouverture à fermeture hermétique, par laquelle un homme peut s'introduire pour le nettoyage et les réparations ; un autre orifice Y pratiqué dans leurs parois, au-dessus de la cloison supérieure, sert également au même usage. Afin que le contact de l'air environnant sur la fonte qui compose les chaudières ne produise pas de refroidissement sensible, on entoure celles-ci d'une enveloppe en bois. Les vases de sûreté sont aussi pourvus, dans le même but, d'un revêtement semblable. Chaque chaudière est en outre munie : 1° de lunettes en cristal L, L, ajustées dans un encadrement de bronze, qui permettent de surveiller la marche de l'ébullition et de constater la hauteur du liquide dans chacun des vases ; 2° d'un entonnoir à robinet E, E', à l'aide duquel on introduit un peu de graisse fondue lorsque le jus produit beaucoup de mousse ; ce dispositif sert aussi pour faire entrer de l'air, lorsqu'il est nécessaire de modérer l'ébullition ou d'évacuer le contenu des chaudières ; 3° d'une éprouvette K, K', pour extraire du jus de la chaudière, afin d'en essayer la concentration ; c'est un tube muni d'un réservoir, qui, à l'aide de robinets convenablement disposés remplit de jus ce réservoir ; on peut alors, sans qu'il rentre de l'air dans les chaudières, vider le liquide dans un vase et y plonger ensuite un aréomètre ; 4° de plusieurs tuyaux : Z amène de l'eau et s de la vapeur

lorsqu'on veut nettoyer la chaudière et V, V', et V'', sont les tuyaux de

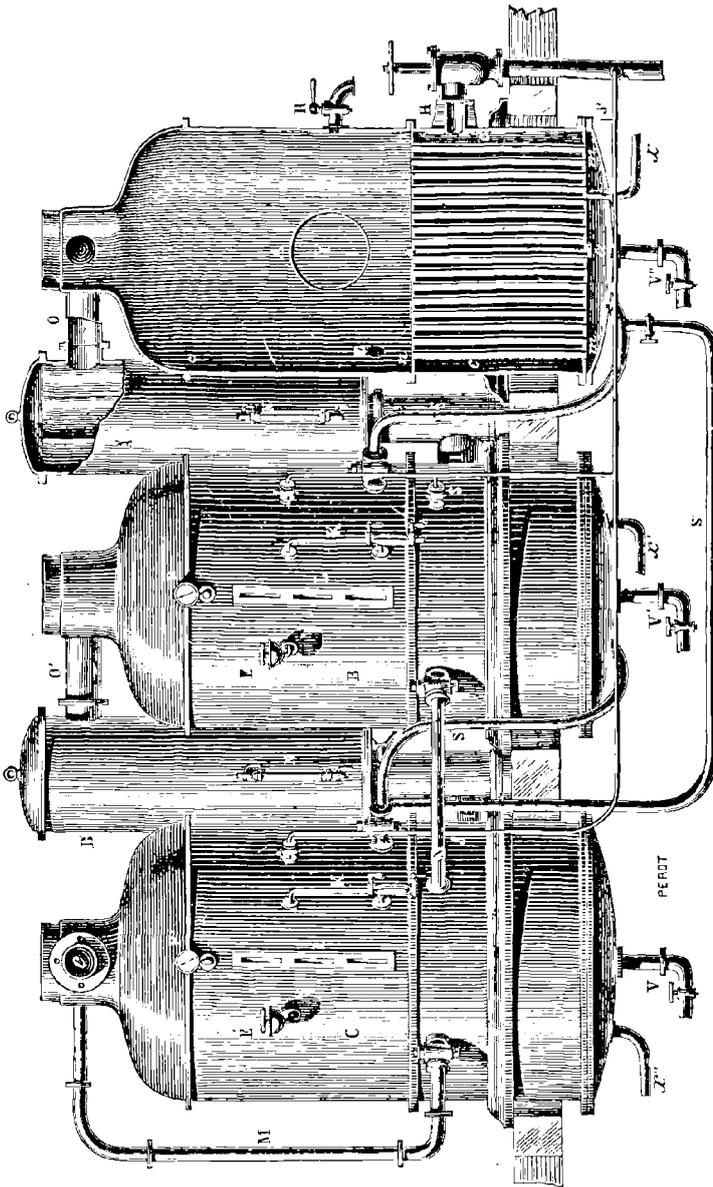


Fig. 204. — Appareil à triple effet de Cail et C.

vidange soit pour le jus évaporé, soit pour les eaux de lavage; 5° d'un appareil P,P' indiquant en même temps la pression et la température intérieures.

Pour mettre le triple effet en activité, on fait d'abord le vide dans les trois chaudières, au moyen d'une pompe horizontale à air qui sert également à aspirer les vapeurs au fur et à mesure de leur production; puis, à l'aide d'une pompe aspirante et foulante, on fait arriver le jus, du réservoir où il se rassemble en sortant des filtres à noir, dans la première chaudière A au moyen du tuyau à robinet R. Puis, ouvrant les robinets des deux tuyaux S, et S' ¹, dont l'un fait communiquer la chaudière A avec la chaudière B, et l'autre la chaudière B avec la chaudière C, le jus se rend, successivement, de la première chaudière dans les deux autres, et le niveau s'établit ainsi dans les trois vases. Lorsque le liquide couvre suffisamment les tuyaux de chauffage, c'est-à-dire lorsqu'il emplît les deux tiers environ des chaudières, on supprime l'arrivée du jus. L'appareil une fois chargé, il faut commencer à chauffer; à cet effet, on ouvre le robinet H du tuyau d'admission de la vapeur dans le compartiment tubulaire de la première chaudière, et l'ébullition commence sous l'influence du vide qui existe dans cette chaudière. Les vapeurs résultant de l'évaporation du jus vont chauffer le liquide de la chaudière B, et celles de B se rendent en C, ainsi qu'on l'a dit précédemment.

Ordinairement, on évapore le jus jusqu'à ce qu'il marque 10 à 11° Baumé dans la chaudière A; de celle-ci le jus est envoyé dans la chaudière B par le tuyau S; là, le liquide est concentré jusqu'à 16 ou 17°, et enfin à 25 ou 26° dans la chaudière C; parvenu à ce point, le jus, qui porte maintenant le nom de *sirop*, est extrait du dernier vase par le tuyau V communiquant avec une pompe qui le conduit dans une chaudière quadrangulaire dont le fond est muni d'un serpentín à vapeur, au moyen duquel le sirop est réchauffé à environ 80° ²; ce dernier est ensuite envoyé sur les *filtres à noir*.

Comme on a toujours à évaporer des quantités de jus plus grandes que celles qui sont nécessaires pour charger les chaudières, on remplit celles-ci à mesure qu'elles se vident, sans interrompre l'opération, c'est-à-dire qu'après avoir évacué le sirop de la chaudière C, on y fait arriver par le tuyau S' le contenu de B, que l'on remplace, au moyen du tuyau S, par celui de la chaudière A, et l'on met de nouveau celle-ci en communication avec la pompe par le tuyau R, qui la remplit de jus simplement filtré.

Voici maintenant comment sont extraites les vapeurs qui ont servi à chauffer les trois chaudières et celles qui résultent de l'évaporation du jus dans la troisième chaudière. Après avoir circulé entre les tubes de chauffage de la chaudière A et cédé sa chaleur au jus, la vapeur repasse à l'état liquide; l'eau produite par cette condensation s'échappe par le tube *x*,

¹ [Les robinets de ces deux tuyaux sont maintenus fermés pendant l'évaporation; on ne les ouvre que pour charger l'appareil ou pour faire passer, comme il est dit plus loin, le contenu d'une chaudière dans l'autre.]

² [Le sirop est quelquefois clarifié dans cette chaudière avec du sang de bœuf, avant

muni d'une soupape automatique et se rend aux générateurs. L'eau de condensation de la chaudière B est aspirée par le tube x' , à l'aide d'une petite pompe (pompe de retour) et refoulée vers les générateurs; celle de la

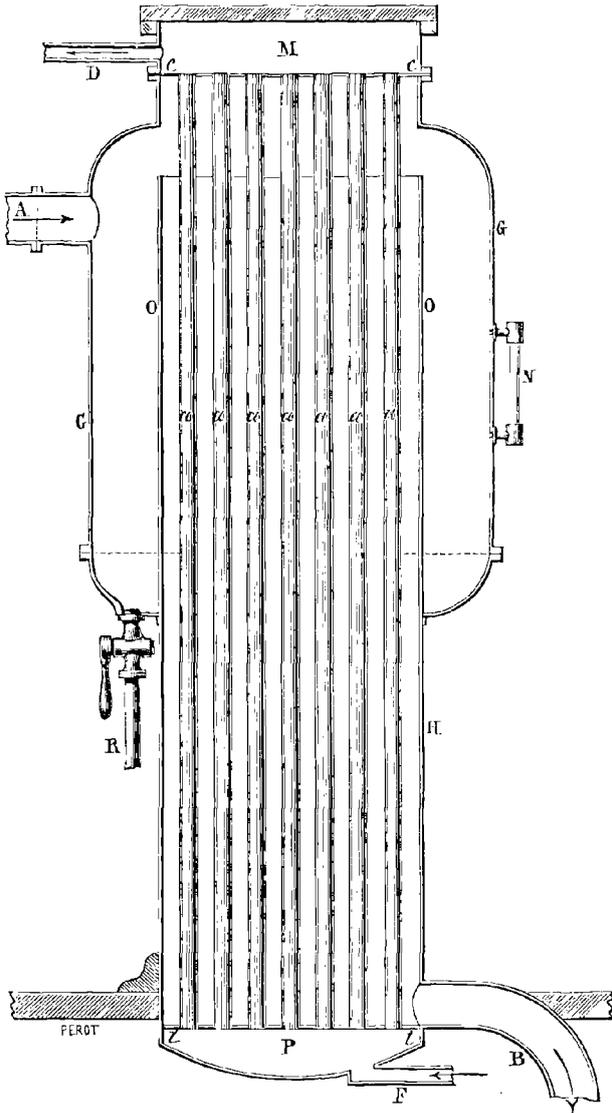


Fig. 295. — Réchauffeur de jus.

chaudière C sort par le tube x'' et est entraînée par la pompe qui fait le vide dans le triple effet.

Entre le triple effet et la pompe qui sert à faire le vide et à aspirer les

vapeurs produites par l'évaporation du jus dans la chaudière C, se trouve un appareil (le *réchauffeur de jus*), qui joue le double rôle de réchauffeur pour le jus sortant des presses et de vase de sûreté pour la troisième chaudière. Cet appareil, imaginé par *Cail et C^{ie}*, consiste en un cylindre vertical en fonte G (fig. 295) adapté sur un autre cylindre plus petit et de même métal H. La capacité formée par ces deux cylindres est partagée, au moyen de deux plaques horizontales *cc* et *ii*, en trois compartiments; entre ces plaques se trouvent des tubes verticaux *a, a...* établissant une communication entre le compartiment supérieur M et l'inférieur P. Au-dessous de la plaque *cc*, débouche le tuyau A amenant la vapeur qui sort par le tuyau *c* de la troisième chaudière du triple effet ¹; cette vapeur circule autour des tubes *a, a*, les chauffe et s'échappe par le tuyau B. Par ce dernier tuyau, la vapeur est aspirée à l'aide de la pompe, mais avant de pénétrer dans celle-ci elle traverse un condenseur au moyen duquel elle est ramenée à l'état liquide. Ce condenseur offre la même disposition que celui qui sera décrit plus loin à propos de la cuite du sirop. Le jus venant des presses est refoulé au moyen d'une pompe vers le réchauffeur; il pénètre dans le compartiment P par le tube F, monte dans les tubes *a, a*, arrive en M après s'être réchauffé et sort, finalement, par le tube D qui le conduit aux chaudières à carbonater; grâce à cette disposition, le jus arrive dans ces chaudières avec une température d'environ 45° et cela sans aucune dépense de combustible. Comme il peut arriver, par une ébullition trop forte, qu'une certaine quantité de jus soit entraînée avec les vapeurs sortant du triple effet, le réchauffeur est muni dans sa portion la plus large d'un cylindre OO ouvert supérieurement et formant avec les parois GG un espace annulaire; le jus entraîné se rassemble dans cet espace, et lorsqu'on s'aperçoit, au moyen de l'indicateur de niveau N, que le jus s'élève à une certaine hauteur, on le fait écouler par le tube à robinet R.

Enfin, le jus en ébullition dégage aussi, indépendamment de la vapeur d'eau, une certaine quantité de gaz non susceptibles de repasser à l'état liquide et qui ont la propriété d'attaquer le laiton dont les tubes de chauffage du triple effet sont formés. Pour éviter cet inconvénient, on fait en sorte que ces gaz, dans lesquels l'ammoniaque ² domine, séjournent le moins possible dans les capacités de chauffage; dans ce but, on fait communiquer

¹ [Le dôme de la chaudière B (fig. 294) est muni, outre le tuyau O', d'un tuyau analogue qui communique également avec le réchauffeur de jus; lorsqu'on se sert des trois chaudières, on ferme ce tuyau et on ne l'ouvre que quand on veut marcher à double effet, c'est-à-dire avec deux chaudières seulement (avec A et B); mais en même temps il faut avoir soin d'interrompre la communication de la chaudière C avec le réchauffeur, et, en outre, empêcher au moyen d'un dispositif particulier la pénétration des vapeurs de la chaudière B dans le vase de sûreté B'. De même lorsqu'on veut marcher à double effet avec les chaudières A et C, on empêche les vapeurs produites en A de pénétrer dans le vase de sûreté A', et on les conduit directement, au moyen d'un gros tuyau, dans le vase B', après avoir interrompu la communication de ce dernier avec la chaudière B; le tube S'' sert alors pour faire passer le contenu de A dans C.]

² L'ammoniaque peut être recueillie avec facilité. Une fabrique travaillant 10,000,000 de kilogr. de betteraves, pourrait obtenir annuellement, comme produit secondaire, 43,850 kil. de sulfate d'ammonium (voy. t. I, p. 555).

par le tuyau horizontal N (fig. 294) le compartiment moyen de la chaudière B avec le compartiment correspondant de C, et ce dernier est mis, à l'aide du tuyau M, en communication avec la partie supérieure de C. De cette façon les gaz non condensables sont aspirés avec les vapeurs produites dans la dernière chaudière.]

[**Traitement du sirop par la baryte et le phosphate d'ammonium.** — Après le traitement par la chaux et l'acide carbonique et une première filtration sur le noir animal, le jus renferme encore une grande quantité de matières étrangères (voy. p. 114), qui se retrouvent nécessairement dans le sirop. Suivant P. *Lagrange* (1873), on peut éliminer une grande partie de ces matières, extrêmement nuisibles à la cristallisation du sucre, en soumettant le sirop, avant de l'envoyer sur les filtres à noir, à la double action de la baryte et du phosphate basique d'ammonium. Les sirops ainsi épurés cristallisent beaucoup plus facilement et le rendement en sucre est plus considérable. Voici, d'après *Lagrange*, comment l'opération doit être conduite.

Les sirops étant concentrés à 20° B., on les envoie au sortir du triple effet dans une chaudière à serpentins ou à double fond, en cuivre ou en tôle, où on les chauffe à 80 ou 90°; on y ajoute ensuite une solution de baryte (ou un lait de sucrate de baryum), contenant 2 à 3 kilogrammes d'hydrate de baryte par 10 hectolitres de sirop, puis on agite vivement le liquide; l'acide sulfurique et les acides végétaux combinés aux alcalis se précipitent aussitôt sous forme de sels barytiques insolubles dans le sirop alcalin. On ajoute maintenant le phosphate basique d'ammonium (1 kilogramme en moyenne par 10 hectolitres de sirop) qui décompose, en formant du phosphate de calcium, tous les sels calcaires qui ont échappé à l'action de l'acide carbonique. La quantité de phosphate d'ammonium à employer devant être proportionnelle aux sels calcaires renfermés dans le sirop, on peut, au moyen d'une analyse hydrotimétrique de ce dernier, déterminer rapidement sa teneur en chaux; mais dans tous les cas il est convenable de ne pas employer un excès de phosphate et de laisser dans le liquide 5 à 10 centièmes de chaux, qui seront absorbés par le noir, lors de la deuxième filtration. Le sirop est ensuite envoyé, avec le précipité qu'il renferme, sur des filtres *Taylor*; ceux-ci retiennent le précipité et laissent écouler le sirop limpide et épuré, qui est alors dirigé comme à l'ordinaire sur du noir en grains. Le résidu contenu dans les filtres *Taylor* est un mélange de sulfate et de carbonate de baryum, de carbonate et de phosphate de calcium, avec une assez forte proportion de substances organiques; cette matière, qui constitue un engrais très-assimilable, est réunie aux écumes de défécation, puis soumise, avec celles-ci, à l'action des filtres presses.

La méthode de *Lagrange*, dont l'emploi tend à se répandre, depuis qu'on est parvenu à préparer industriellement le phosphate d'ammonium et la baryte (voy. t. I, p. 566 et 829), peut également être appliquée avec avantage sur le vesou dans les sucreries coloniales.]

VI. **Cuite du sirop filtré.** — [A l'état de sirop, le jus sucré n'est pas encore suffisamment concentré pour que le sucre s'en sépare sous forme cristalline; il faut pour cela une nouvelle concentration, à laquelle on donne le nom de *cuite du sirop*. Cette opération, autrefois effectuée dans des chaudières ouvertes à l'air libre et chauffées à feu nu ou à l'aide de la vapeur, se fait maintenant presque partout *dans le vide*, comme l'évaporation.]

Lorsqu'on concentre un sirop normal, il s'évapore rapidement et fait entendre un pétilllement particulier, dû à la rupture des bulles. On dit dans ce cas que la *cuite est sèche*. Si le sirop produit des bulles grosses, lourdes et troubles, si la *cuite est grasse*, ses qualités sont défectueuses, ce qui tient à la présence d'alcalis libres. En ajoutant avec précaution de l'acide sulfurique, on pourra éviter cet inconvénient.

Pour reconnaître si le sirop est suffisamment concentré, on se sert de différentes *preuves*, parmi lesquelles on doit citer les suivantes, qui sont généralement usitées dans la fabrication du sucre et que l'on n'emploie pas seulement pour la *cuite du sirop*. La *preuve au filet*, dans laquelle on dépose sur le pouce une goutte du sirop, sur laquelle on appuie avec l'index, que l'on écarte ensuite de l'autre doigt, permet de reconnaître si la concentration est suffisante; d'après la longueur du filet et la manière dont il se brise, on juge de la concentration. Si le sirop n'est pas assez cuit, le filet se brise promptement; mais en poussant la concentration plus loin, il s'allonge aussi longtemps qu'il est possible d'écarter les doigts. Lorsque le filet se brise à peu près au milieu de la longueur, qu'en général il peut atteindre, et si sa partie supérieure forme un petit crochet, la *claire* a atteint la concentration, à laquelle, après le refroidissement, le sucre se sépare en cristaux; on dit alors que l'évaporation est parvenue au terme de la *preuve au crochet*. Le degré de la *cuite* peut être déterminé beaucoup plus sûrement par la *preuve au soufflé* que par la *preuve au filet*. Dans ce but, on se sert d'une écumoire plate, que l'on plonge dans le sirop bouillant et que l'on en retire rapidement, de manière qu'il n'y adhère que peu de sirop; on souffle ensuite à travers les trous de l'écumoire et il se produit sur la face opposée des bulles, dont la durée, la grosseur et l'épaisseur (l'irisation) permettent de reconnaître exactement si le sirop a la concentration voulue. Suivant que l'on parvient à détacher de l'écumoire seulement quelques bulles, ou qu'au contraire il s'en produit un grand nombre, qui, comme de petites bulles de savon, volent dans l'air sous forme d'une écume peu cohérente, on distingue le *soufflé léger* et le *soufflé fort*. Plus les bulles sont légères, plus la masse est concentrée. Pour la *cuite du sirop dans le vide*, on distingue la *cuite au clair* (*cuite à la preuve au filet*) et la *cuite en grains*. Dans la *cuite à la preuve au filet* la concentration n'est poussée que jusqu'à ce que la cristallisation arrive plus tard par refroidissement et de manière qu'elle soit favorisée par l'agitation. Pour avoir une masse de sucre meilleure on peut, au lieu de faire cristalliser dans le rafraîchissoir, laisser la cristallisation s'effectuer dans la chaudière, et l'on obtient ainsi une quantité plus grande de cristaux. Cette dernière méthode est la *cuite en grains*.

[La cuite en grains, qui est maintenant en usage dans la plupart des fabriques, s'effectue dans une grande chaudière en fonte revêtue d'une enveloppe en bois (fig. 296) et chauffée au moyen de trois serpentins intérieurs superposés *a*, *b* et *c*; chaque serpentin est muni extérieurement d'un robinet (*a'*, *b'* et *c'*) adapté sur un tuyau *T*, au moyen duquel on fait arriver de la vapeur directe des générateurs. Grâce à cette disposition, on peut, suivant la hauteur du sirop dans la chaudière, chauffer d'abord par le premier serpentin

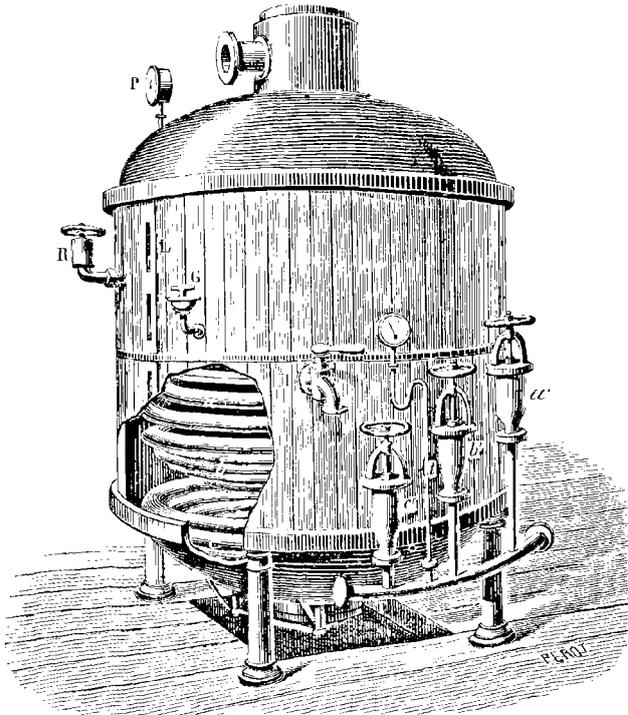


Fig. 296. — Chaudière à cuire de Caill et C^{ie}.

inférieur seul, puis par celui-ci et le second, et lorsque le niveau du sirop dépasse le troisième serpentin et jusqu'à la fin de la cuite, introduire la vapeur dans les trois serpentins simultanément. Le tuyau *T*, sur lequel sont adaptés les robinets, porte un tube étroit *t*, qui est mis en communication avec un manomètre *M* indiquant la pression de la vapeur de chauffage, et que l'on peut consulter en même temps que *P*, l'indicateur de la température et de la pression intérieures. A peu près au niveau du serpentin supérieur s'adapte un tube à robinet *H*, par lequel on fait arriver le sirop filtré contenu dans un réservoir inférieur.

La chaudière à cuire est en outre pourvue : 1° de quatre lunettes en cristal *L*, laissant voir à l'intérieur la surface du sirop en ébullition; 2° d'un

entonnoir G, destiné à introduire un peu de graisse fondue, lorsque l'ébullition est trop tumultueuse et que la mousse produite par le sirop menace de déborder par le tube de dégagement de la vapeur; 3° d'un piston plein en bronze ou sonde (non visible dans la figure), glissant à frottement doux dans un petit corps de pompe, et amenant au dehors, lorsqu'on le tire par sa poignée, un échantillon de sirop contenu dans la petite cavité dont il est muni; avec l'échantillon ainsi obtenu le cuiseur se rend compte de la marche de l'opération; 4° d'une large soupape qui ferme son fond et que l'on ouvre au moyen d'un levier, lorsque la cuite est terminée, pour évacuer le contenu de la chaudière; 5° d'un robinet à air R; enfin, 6° d'un tuyau B par lequel sont aspirés, à l'aide d'une pompe horizontale à air, d'abord l'air, lorsqu'on commence à faire le vide dans l'appareil, et ensuite la vapeur résultant de l'évaporation du sirop.

Voici maintenant comment on dirige la cuite en grains. On commence par faire le vide dans la chaudière, puis on ouvre le robinet H du tuyau qui fait communiquer la chaudière avec le réservoir contenant le sirop filtré; par suite de la différence de pression, ce liquide monte dans la chaudière, et lorsque son niveau s'élève à la partie moyenne ou supérieure de la première lunette inférieure, on ferme le robinet; en même temps on fait arriver la vapeur dans le serpentín inférieur c et l'on continue à faire le vide de façon à réduire la pression au septième environ de la pression extérieure; sous l'influence du vide et de l'élévation de température produite par la vapeur du serpentín, l'ébullition et l'évaporation s'effectuent rapidement. On entretient par charges successives le niveau du liquide au-dessus du premier serpentín, jusqu'à ce que le sirop soit concentré de façon à donner la preuve au crochet léger (une goutte de sirop prise entre le pouce et l'index, au moyen de la sonde, doit donner, lorsqu'on écarte ceux-ci, un filet délié qui se rompt nettement en formant un crochet). On continue alors l'évaporation moins vite en laissant la pression intérieure se relever un peu, on entretient le même degré de concentration par l'addition successive de nouvelles quantités de sirop, et l'on introduit la vapeur dans le deuxième serpentín b, puis dans le troisième a, dès que le sirop a atteint la partie supérieure de chacun d'eux, continuant ainsi jusqu'à ce que la hauteur du liquide arrive au bas de la quatrième et dernière lunette, et que la cuite soit poussée jusqu'au terme du crochet léger. Lorsque ce terme est atteint ou, comme on a coutume de le dire, lorsque la cuite est à point, on abaisse de nouveau la pression et la température en activant le jeu de la pompe, et la cristallisation commencée arrive bientôt au point de former une masse pâteuse et grenue, dont on constate l'état et la consistance en retirant un échantillon au moyen de la sonde. Si l'opération a été bien conduite, l'échantillon ainsi prélevé doit alors rester sur le pouce et, en écartant l'index, on ne doit voir qu'un peu de sirop très-clair; placé sur du papier écolier ordinaire, il ne doit pas s'étendre, et le sirop, en s'absorbant, doit laisser à la surface des cristaux bien formés et clairs. En observant de temps en temps sur une lame de verre un échantillon de la masse, le cuiseur peut aussi se rendre compte de

la marche de l'opération, c'est-à-dire reconnaître si la formation du grain se fait d'une manière régulière, si celui-ci est nerveux et bien développé, ou si au contraire il n'a qu'un petit volume. Le volume du grain a une très-grande importance, c'est de lui que dépend le succès de la cuite, car plus les cristaux sont gros, mieux ils laissent égoutter le sirop et plus le produit a de valeur.

Lorsque la cuite est terminée, on vide la chaudière. Dans ce but, on ouvre d'abord le robinet à air R ; il se produit un sifflement dû à la rentrée de l'air, et lorsque la pression intérieure est devenue égale à celle de l'air extérieur, ce dont on s'aperçoit à la cessation du sifflement, on ouvre la soupape qui ferme le fond de la chaudière. La *masse cuite* ou *masse d'empli* tombe alors dans un grand entonnoir, auquel est adapté latéralement une gouttière en pente, qui conduit toute la masse sirupeuse et grenue dans de grands bacs rectangulaires peu profonds, où la cristallisation s'achève. Aussitôt la chaudière vidée, on y fait arriver un jet de vapeur à haute pression, afin de la nettoyer, et l'on recommence une nouvelle opération.

Les vapeurs résultant de l'évaporation du sirop sortent par le tuyau B et, pendant toute la durée de la cuite, elles sont aspirées par la pompe qui sert à faire le vide dans l'appareil ; mais avant d'arriver à la pompe elles traversent un *condenseur à injection* (fig. 297), dont la partie supérieure est disposée de façon à former vase de sûreté. Les vapeurs pénètrent dans cet appareil par le tube G, s'engagent dans le conduit OA et arrivent au condenseur B, tandis que le sirop qui a pu être entraîné tombe dans l'espace annulaire N et est évacué par le tube à robinet H, lorsqu'il atteint une certaine hauteur, que l'indicateur de niveau D permet de constater. Le condenseur consiste en un tuyau B percé de petits trous sur toute sa périphérie et muni inférieurement d'un tube C, par lequel on fait arriver de l'eau froide en ouvrant le robinet R, dont la clef F se trouve à la portée du cuiseur ; celui-ci règle l'afflux de l'eau dans le condenseur, suivant qu'il veut acti-

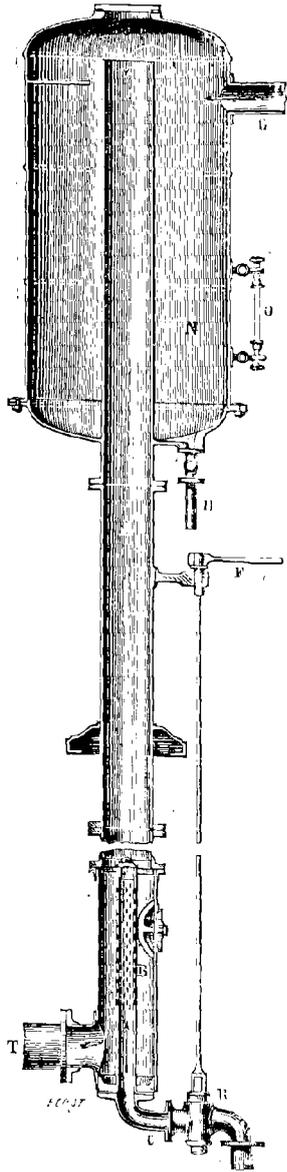


Fig. 297. — Condenseur à injection.

ver ou ralentir le passage de la vapeur à l'état liquide. L'eau produite par la condensation de la vapeur et celle qui a servi à effectuer la condensation pénètrent dans la pompe par le tuyau *C*, elles sont ensuite refoulées dans le réservoir à eau de la pompe (la bêche), d'où elles sont évacuées au dehors⁴.]

[VII. **Séparation du sucre et du sirop ; travail des bas-produits.** — Il n'est pas possible d'extraire de la masse cuite, en une seule fois, tout le sucre cristallisable qu'elle renferme ; on n'y parvient qu'en divisant l'opération, et par plusieurs cristallisations successives on obtient, suivant l'expression usitée dans les fabriques, du sucre de *premier*, de *second* et de *troisième jet*.

Pour opérer la séparation du sucre et du sirop, on peut se servir de trois

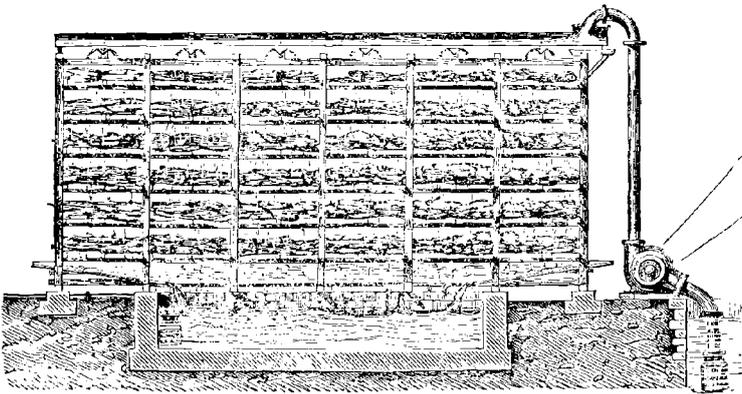


Fig. 298. — Refroidisseur à fascines.

sortes d'appareils : les *formes*, les *caisses* et les *turbines*. Depuis l'emploi des chaudières à cuire dans le vide, les formes ont été à peu près abandonnées et remplacées d'abord par les caisses, puis par les turbines.

Les formes (fig. 299) sont de grands vases coniques en terre cuite, en tôle émaillée ou vernissée, ou en papier mâché, que l'on désigne sous les noms de *bâtardes*, de *lumps* et de *vergeoises*, suivant leur grandeur ; elles sont posées sur leurs pointes et percées à leur sommet d'un trou que l'on bouche avec un tampon de linge mouillé. La masse cuite est versée dans ces formes ; au bout de 10 minutes, on détache le contenu de la pointe des formes (*opalage*) à l'aide d'un grand couteau et l'on brasse la masse plusieurs fois (*mouvage*), afin de troubler la cristallisation ; lorsque le sirop a été cuit dans le vide, comme aujourd'hui c'est le cas le plus fréquent, la masse cuite est brassée

⁴ [Dans les fabriques où l'approvisionnement d'eau est insuffisant, les eaux de condensation des appareils à évaporer et à cuire sont recueillies dans une citerne, où elles sont reprises par une pompe qui les envoie dans un *refroidisseur à fascines* ; lorsqu'elles ont été ainsi ramenées à la température ordinaire, elles peuvent être utilisées de nouveau pour l'alimentation des condenseurs. Le refroidisseur à fascines se compose, comme le montre la figure 298, d'un échafaudage de poutres, dont les intervalles sont remplis par des fagots ; l'eau à refroidir arrive à la partie supérieure du refroidisseur, tombe sous forme de pluie sur les fagots, et s'écoule finalement, après avoir perdu sa chaleur, dans un bassin étanche.]

dans le cristalliseur, et l'opilage et le mouyage dans les formes deviennent inutiles. Après 24 ou 36 heures environ, on enlève le tampon, on agrandit l'ouverture de la pointe, on pose les formes sur des pots ou sur un support particulier (*lit de pains*; fig. 500), au-dessous duquel se trouve un récipient *m* destiné à recevoir le sirop qui s'écoule et tombe par le tube *o* dans des vases particuliers. L'égouttage peut être beaucoup accéléré par l'emploi d'un appareil à succion (sucette), dont il sera question à propos du raffinage. Le sirop écoulé est désigné sous le nom de *sirop vert* ou *non couvert*. Lorsque l'égouttage est terminé, on procède au *terrage* ou *clairçage*, c'est-à-dire au déplacement

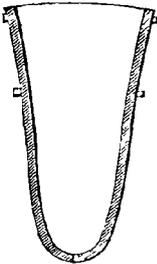


Fig. 299. — Forme à sucre.

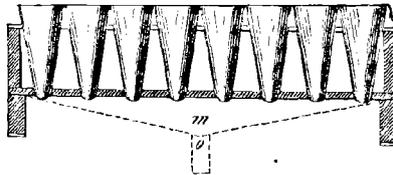


Fig. 500. — Lit de pains.

de la mélasse restée entre les cristaux. Cette opération consistait autrefois à faire filtrer au travers de la masse de sucre de l'eau s'écoulant très-lentement d'une *bouillie d'argile* posée sur la base du pain recouverte d'un linge. L'eau de l'argile forme avec une petite quantité du sucre un sirop pur, qui déplace la mélasse et la chasse par en bas, tandis que le sirop reste entre les cristaux. Le clairçage s'effectue maintenant en versant sur la base du pain une *bouillie de sucre* préparée en mélangeant avec de l'eau une certaine quantité de sucre enlevée à la base du pain, ou bien une solution sucrée très-concentrée ou *clairce*; quand on veut obtenir du sucre très-blanc, on fait filtrer trois clairces: la première est préparée avec un sirop un peu impur, la deuxième avec du sirop presque pur et la troisième avec du sirop tout à fait blanc. Le sirop qui s'écoule pendant le terrage ou le clairçage porte le nom de *sirop couvert*. Après l'élimination des dernières traces d'humidité au moyen de l'appareil à succion, on procède au *lochage* des pains, opération qui consiste à renverser les formes sur la base pour retirer le pain, en l'aidant à se détacher par de petites secousses.

Dans la seconde méthode, la masse cuite, après avoir été réchauffée à 78° et abandonnée à elle-même à cette température pendant 8 à 10 heures, est versée dans des caisses pentagonales en tôle d'une capacité de 100 à 120 kilogr.; ces caisses sont munies à leur angle le plus saillant d'un petit tube d'égouttage que l'on bouche pendant le remplissage et le refroidissement. Au bout 6 à 12 heures, on enlève le bouchon pour laisser écouler le sirop; 12 à 18 heures plus tard, on débarrasse le tube des cristaux qu'il renferme (on *pique* les caisses); 48 heures environ après l'emplissage, on incline les caisses

du côté du tube, on pique encore deux ou trois fois, pour faciliter l'écoulement du sirop, et au bout de huit jours on *loche* les caisses pour en retirer le sucre brut. Lorsqu'on veut avoir un produit de belle nuance, on clairce la masse comme il a été dit précédemment.

La troisième méthode, celle des *turbines*, est maintenant d'un emploi presque général pour l'extraction des sucres de premier jet, et même aussi pour

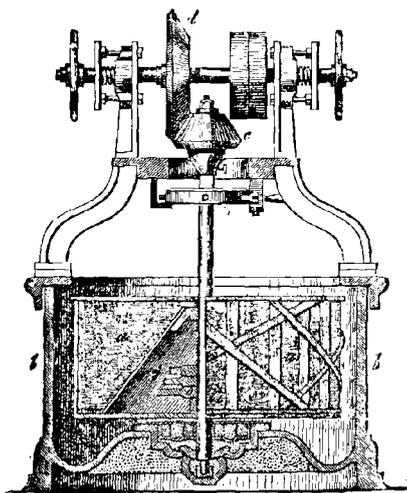


Fig. 501. — Turbine.

celle des sucres de deuxième et de troisième jet. Au moyen de ces appareils, on obtient des produits plus blancs, plus secs et plus purs qu'à l'aide des formes et des caisses. La *turbine* des sucreries (fig. 501), désignée aussi sous le nom de *toupie* ou de *centrifuge*, se compose d'un tambour *a* en toile métallique fine, ouvert par en haut et maintenu extérieurement par une enveloppe en tôle percée de trous. Ce tambour est mis en mouvement, avec une vitesse de 1,000 à 1,500 tours par minute, à l'intérieur du réservoir en fonte *bb*, et dans ce but l'axe qui le traverse porte à son extrémité supérieure un cône de frottement *c*, qui est mis en activité à l'aide d'un autre cône sem-

blable *d*; ce dernier est porté par un axe horizontal recevant son mouvement par l'intermédiaire d'une poulie et d'une courroie sans fin. Au moyen d'un dispositif particulier, les deux cônes peuvent être mis en contact et maintenus dans cette position ou au contraire éloignés l'un de l'autre, suivant que l'on veut mettre l'appareil en activité ou en arrêter le mouvement. Le réservoir en fonte *bb* est muni au niveau de son fond d'un petit tuyau, par lequel la mélasse s'écoule, après avoir traversé les parois du tambour.

Après un séjour de 10 à 12 heures dans les cristallisoirs, la masse cuite (premier produit) peut être livrée à la turbine; mais comme en se refroidissant elle a pris de la consistance, il est nécessaire de la désagrèger d'abord et de la réduire en une pâte homogène. On se sert à cet effet d'une *malaxeuse*, qui consiste en une caisse quadrangulaire, au milieu de laquelle se meut un cylindre, dont la périphérie est garnie de lames métalliques disposées en hélice; cette caisse est surmontée d'un entonnoir dans lequel on jette à l'aide d'une pelle le contenu des cristallisoirs, qui est alors divisé et réduit en une bouillie parfaitement uniforme. Lorsque la masse a acquis la consistance voulue, on ouvre un tiroir à la base de la caisse, et on la reçoit dans une *poche*, sorte de boîte en tôle que l'on peut conduire rapidement devant les turbines en la poussant sur un petit chemin de fer aérien, dont les rails supportent, par l'intermédiaire de poulies, la tige métallique à laquelle la

poche est suspendue. Si le sirop contenu dans la masse n'est pas suffisant pour produire une pâte assez fluide pour le turbinage, on ajoute dans la malaxeuse du sirop provenant de l'égouttage de la même masse, ou bien un mélange de ce sirop avec une certaine quantité d'eau. L'addition du sirop, qui produit une sorte de clairçage, est rarement nécessaire pour les sucres de premier jet, mais il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit du traitement des bas-produits, c'est-à-dire des mélasses qui ont fourni les sucres de premier et de second jet. La masse cuite étant ainsi préparée, il ne reste plus qu'à la verser dans la turbine au moyen de la poche. Cela fait, le vase intérieur est mis en mouvement; sous l'influence de la rotation rapide dont ce vase est animé, le sucre se distribue verticalement autour de ses parois, et bientôt la mélasse, qui seule peut traverser la toile métallique, est lancée par la force centrifuge contre les parois du réservoir *bb*; elle se rassemble au fond de celui-ci et, par le petit tuyau dont il a été question précédemment, elle s'écoule dans une rigole aboutissant à un réservoir spécial. Afin d'obtenir un produit plus pur et plus blanc, on a l'habitude de claircer le sucre, après la séparation du sirop: dans ce but, on verse sur l'axe du tambour une certaine quantité de sirop pur concentré qui, étant projeté sur les cristaux par le mouvement rapide dont le cylindre est animé, déplace et entraîne la mélasse encore adhérente; on emploie aussi dans le même but un jet de vapeur, que l'on dirige pendant quelques instants sur la masse cristalline. En quelques minutes, cet égouttage forcé, aidé du clairçage au sirop et à la vapeur, épure mieux les sucres que ne pourrait le faire, en un temps beaucoup plus long, l'égouttage spontané dans les formes ou dans les caisses. Le turbinage achevé, on arrête le mouvement de l'appareil, et au moyen d'une petite pelle en cuivre à manche court on retire le sucre de la turbine pour le mettre dans des sacs, que l'on monte ensuite dans un magasin spécial. Dans cette pièce, qui doit être assez vaste, on étend le sucre sur un plancher, afin de terminer sa dessiccation; on favorise celle-ci en élevant un peu la température du local au moyen de poêles; lorsque le produit est parfaitement sec, on l'envoie à la raffinerie, après l'avoir remis en sacs. Le sucre ainsi obtenu, qui constitue le *sucre de premier jet*, se présente sous forme de petits cristaux parfaitement blancs, assez réguliers, craquant sous la dent, et il peut être livré immédiatement à la consommation; mais la plus grande partie est ordinairement transformée en pains par le raffineur et vendue sous cette forme.

Le sirop ou mélasse résultant du premier turbinage renferme encore une assez grande quantité de sucre, qu'il importe d'extraire, et à cet effet on le soumet à une nouvelle cuisson dans la chaudière à cuire. Comme le sirop qu'il s'agit de recuire renferme une quantité de matières étrangères relativement plus considérable que le sirop primitif, la cuite en grains ne peut être employée; on concentre jusqu'au filet et on envoie la masse cuite (second produit) dans des cristallisoirs en tôle très-profonds, de forme quadrangulaire et d'une contenance telle que le refroidissement est convenablement retardé pour permettre une bonne cristallisation; ces cristallisoirs sont

établis dans un local particulier (*l'empli*), dont la température est maintenue entre 35 et 40°. La cristallisation achevée, on vide les cristallisoirs pour turbiner la masse, après l'avoir fait passer par la malaxeuse. On obtient alors le *sucre de deuxième jet*; ce produit est en cristaux plus petits que le premier jet, sa couleur est blonde ou brun-clair et il doit être épuré par raffinage avant d'être livré à la consommation.

Le sirop provenant du deuxième produit turbiné donne par une nouvelle cuite le *sucre de troisième jet*. Au sortir de la chaudière, la masse cuite (troisième produit) est envoyée dans des cristallisoirs semblables à ceux dans lesquels on a reçu le deuxième produit et situés dans le même local. Mais le turbinage ne peut être effectué qu'après un séjour de 4 à 5 mois dans l'empli, la cristallisation du troisième produit s'effectuant beaucoup plus lentement que celle du deuxième. Le sucre ainsi obtenu a une couleur encore plus foncée que celle du deuxième jet et, comme ce dernier, il est livré au raffineur. Le sirop dégagé du troisième jet ne donnant par concentration que peu ou point de sucre cristallisé est vendu sous le nom de *mélasse*.]

Dans une fabrique on a extrait en moyenne dans ces dernières années de 100 kilogrammes de betteraves :

Sucre de 1 ^{er} jet à 97 0/0	5 ^{kg} ,800
— de 2 ^e jet à 92 0/0	2 ,250
— de 3 ^e jet à 87 0/0	0 ,800
	<hr/>
	8 ^{kg} ,850
4 ^e produit, mélasse	3 ,650
	<hr/>
Total	12 ^{kg} ,500

Mélasses de betteraves. — Les *mélasses*, qui se forment en si grande quantité dans la fabrication du sucre de betteraves, contiennent généralement trop de matières étrangères (caramel, sels, bêtaïne, — dont la quantité s'élève souvent, d'après *C. Scheibler*, jusqu'à 5 pour 100, — acide aspartique) pour pouvoir être employées, comme les mélasses de la canne, comme substances édulcorantes. C'est pourquoi on les convertit en alcool, et on se sert du résidu de la distillation pour fabriquer le charbon de vinasses (voyez t. I, p. 284), qui sert à la préparation des potasses (opération qui depuis la découverte des dépôts de sels potassiques de Stassfurt n'est plus aussi rémunératrice et qui pour cela a été abandonnée dans un grand nombre de localités de l'Allemagne). Comme l'alcool de mélasse n'a qu'une faible valeur à cause de son odeur et de son goût désagréables, on emploie fréquemment la mélasse pour la nourriture du bétail — usage digne d'attirer l'attention des agriculteurs. Depuis quelques années, de grandes quantités de mélasses de betteraves sont expédiées par l'Allemagne à la France pour être employées à la préparation de la bière. La composition de la mélasse est variable, et elle dépend de la qualité des betteraves travaillées et de la méthode de fabrication, 100 parties de mélasse (voyez t. I, p. 284) contenaient :

Sucre	50,1	49,0	48,0	50,7
Substances non sucrées.	33,3	55,8	34,0	50,8
Eau	16,6	15,2	18,0	18,5
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0	100,0	100,0

[Dans ces dernières années, de nombreuses tentatives ont été faites pour retirer, du moins en partie, le sucre cristallisable contenu dans les mélasses. Divers procédés ont été imaginés dans ce but par *Dubrunfaut*, *Leplay*, *Scheibler* et *Margueritte*. Le procédé par la baryte, appliqué, en 1849, par *Dubrunfaut* et *Leplay*, et exploité dans l'usine de Courrières (Pas-de-Calais), consiste à traiter les mélasses par une solution de baryte caustique et à décomposer le saccharate de baryum formé par l'acide carbonique (voyez p. 110). — La méthode par diffusion ou osmose, indiquée par *Dubrunfaut* en 1854, est basée sur ce principe, que la mélasse, renfermée dans un vase poreux plongé dans l'eau pure (*dialyseur* ou *osmogène*), abandonne à celle-ci, par diffusion, bien plus rapidement ses sels minéraux que l'eau. L'osmogène de *Dubrunfaut* se compose d'un certain nombre (environ 50) de châssis en bois dur placés verticalement, dans lesquels se trouve une feuille de papier parchemin; ces châssis sont serrés les uns contre les autres entre deux plaques de fonte, de façon que tous les joints soient parfaitement étanches. On obtient ainsi une série de chambres limitées de chaque côté par une membrane dialysante. Dans la première chambre de chaque bout circule de l'eau, dans la seconde de la mélasse, dans la troisième de l'eau, et ainsi de suite, chaque chambre à mélasse se trouvant comprise entre deux chambres à eau. Toutes les chambres à eau sont munies supérieurement et inférieurement de petits tubes verticaux traversant le bois des châssis et adaptés sur des tuyaux horizontaux; les tubes supérieurs amènent l'eau, et les inférieurs servent pour l'écoulement de celle-ci; les chambres à mélasses sont pourvues de tuyaux et de tubes semblables dont les inférieurs servent pour l'arrivée de la mélasse et les supérieurs pour sa sortie. La mélasse circule, comme on le voit, en sens inverse de l'eau; on règle l'afflux des deux liquides de façon qu'ils coulent en filets très-minces et très-lentement. Pendant ce trajet la diffusion s'opère. Le liquide qui s'écoule des chambres à eau contient à peu près les deux tiers des sels de la mélasse et une petite quantité de sucre; on l'utilise pour préparer de l'alcool et des sels potassiques. Quant au produit qui sort des chambres à mélasse, on le concentre après filtration et on laisse cristalliser lentement le sucre qu'il renferme. Afin de rendre la diffusion plus rapide, il est convenable de chauffer à 100° l'eau et la mélasse au moment de les faire couler dans l'osmogène. D'après *P. Lagrange*, la diffusion a lieu avec une intensité beaucoup plus grande avec les mélasses provenant de sirops traités par la baryte et le phosphate d'ammonium (voy. p. 129); en effet, ces mélasses ne contiennent ni chaux, ni sels de chaux peu diffusibles, mais renferment au contraire de la potasse et de la soude mises en liberté par la baryte et offrent par suite une réaction alcaline qui est éminemment favorable au travail osmotique. L'osmose, employée pour la première fois en France dans l'usine de Courrières, est appliquée maintenant dans plus de cent vingt fabriques en France, en Belgique et en Hollande, et depuis environ deux ans dans un grand nombre d'usines de l'Allemagne. — *Margueritte* (1869) traite d'abord la mélasse par de l'alcool à 85°, contenant 5 pour 100 d'acide sulfurique, afin de pré-

cipiter les sulfates et de dissoudre le sucre; au liquide filtré il ajoute ensuite de l'alcool à 95°, et le sucre commence immédiatement à se déposer en cristaux. — Enfin, *Scheibler* et *Sebor* transforment le sucre de la mélasse en saccharate de calcium et l'emploient, après l'avoir lavé avec de l'alcool à 40°, pour la défécation des jus de betteraves.]

Production du sucre de betteraves. — [La production du sucre de betteraves en Europe peut être évaluée, pour la campagne de 1877-1878, à 1,270,000,000 de kilogrammes, ainsi répartis :

Allemagne	375,000,000 kilogr.
France	325,000,000 —
Autriche-Hongrie.	545,000,000 —
Russie	250,000,000 —
Belgique	50,000,000 —
Hollande et autres pays.	25,000,000 —
	<hr/>
	1,270,000,000 kilogr.

Il existe en France 513 fabriques de sucre de betteraves réparties dans 26 départements. Les départements qui produisent le plus de sucre sont l'Aisne, le Nord, le Pas-de-Calais, la Somme et l'Oise, qui fournissent à eux seuls les 86 centièmes de la production totale de la France.]

C. — RAFFINAGE DU SUCRE ET FABRICATION DU SUCRE CANDI.

[**Raffinage du sucre.** — Le sucre de betteraves, tel qu'il sort de la fabrique, ne peut être livré au consommateur que lorsqu'il est en cristaux isolés bien développés, parfaitement incolores et entièrement dépouillés de sirop. Le sucre de premier jet que l'on obtient à la suite de la cuite en grains se trouve dans ce cas, quand l'opération est bien réussie; il peut être vendu sans épuration préalable, mais jusqu'à présent sa consommation n'a pas pris un grand développement, malgré les tentatives que l'on a faites pour le faire accepter du public en agglomérant et comprimant les cristaux, de façon à obtenir des blocs ou morceaux réguliers offrant, au point de vue du goût et de l'aspect, la plus grande analogie avec le sucre raffiné; aussi ce sucre est-il presque tout livré au raffineur, qui n'a plus pour ainsi dire qu'à lui donner la forme de pains. Quant aux sucres de second et de troisième jet, ils sont trop impurs pour être consommés tels quels; il est absolument nécessaire de les soumettre au raffinage.

Les sucres bruts, ou *cassonades* de betteraves ou de canne, se présentent sous forme d'une poudre sableuse plus ou moins colorée; ils contiennent encore de la mélasse et 3 ou 4 pour 100 de matières étrangères (eau, sable, débris organiques, chaux, potasse, etc.), qui leur donnent une odeur plus ou moins désagréable et la propriété de fermenter. Le raffinage a précisément pour but d'éliminer toutes ces matières étrangères et de donner au sucre la forme sous laquelle on le rencontre dans le commerce. Les cassonades de canne sont un peu acides; celles qui proviennent de la betterave sont généralement alcalines, parce qu'elles renferment de la chaux. C'est

pour cela que dans l'opération du raffinage on mélange ordinairement les sucres bruts de canne et de betterave, afin de corriger l'acidité des uns par l'alcalinité des autres.

Le *raffinage* ou la *fabrication des raffinés* comprend la série des opérations suivantes : le dépotage et le dégraissage des emballages, la fonte ou dissolution du sucre brut, la clarification et la décoloration du sirop, la cuite à cristallisation et le réchauffage de ce dernier, la mise en formes du sucre cristallisé, l'égouttage et le clairçage, le plamotage et le lochage, et enfin l'étuvage et l'habillage.

1° *Dépotage et dégraissage.* — Le sucre est expédié aux raffineries dans des caisses, des tonneaux (sucre de canne) ou des sacs (sucre de betteraves); on commence par dépoter ces emballages pour séparer les parties altérées et écraser celles qui se sont prises en masse. Les caisses et les tonneaux vides sont raclés, puis soumis à l'action d'un jet de vapeur, afin d'enlever les restes de sucre; les sacs sont brossés, puis lavés à l'eau chaude. Les eaux de dégraissage sont envoyées dans la chaudière à fondre.

2° *Fonte et clarification.* — La fonte ou la dissolution du sucre se fait ordinairement dans des chaudières en cuivre à double fond chauffées au moyen de la vapeur. Après avoir introduit dans la chaudière le sucre et une proportion d'eau convenable, on élève doucement la température et on ajoute en même temps du noir fin et du sang de bœuf. On brasse le tout et on chauffe jusqu'à ce que le liquide commence à bouillir. Il se forme bientôt, à la surface de ce dernier, une écume contenant de l'albumine coagulée dans laquelle se trouvent emprisonnés le noir et une partie des impuretés du sucre. Lorsque cette écume est bien sèche et détachée des parois de la chaudière, ce qui indique que la clarification est à son terme, on laisse reposer pendant 15 ou 20 minutes, et on sépare l'écume et le noir fin en versant le sirop dans des filtres *Taylor* (voy. p. 117). La filtration terminée, les filtres sont lavés à l'eau bouillante, et le résidu est employé comme engrais, après avoir été soumis à l'action de presses hydrauliques ou à vis.

Quand les sucres bruts sont très-impurs, on a l'habitude, avant de les dissoudre, de les mélanger avec du sirop étendu d'eau, et de leur faire subir ensuite un turbinage et un clairçage, qui enlèvent une grande partie des substances étrangères; en procédant ainsi on diminue beaucoup la quantité de noir nécessaire pour la clarification et la décoloration. Le sirop résultant du turbinage est traité comme les bas-produits du raffinage.

Dans plusieurs raffineries, en France et à l'étranger, la clarification du sirop est maintenant effectuée d'après le procédé de *P. Lagrange* (voyez p. 129), à l'aide de la baryte et du phosphate d'ammonium, qui sont employés avec beaucoup de succès à la place du noir fin et du sang¹.

¹ [La suppression du sang constitue un des principaux avantages de cette nouvelle méthode; les germes de fermentation contenus dans le sucre brut, qui trouvent dans le sang un milieu tout à fait favorable à leur développement, sont au contraire détruits par les alcalis mis en liberté par l'addition de la baryte, qui élimine en même temps les autres matières organiques. Le précipité à laver étant moins considérable qu'avec l'emploi du noir fin et du sang, on perd moins de sucre dans les résidus, et comme en outre il est moins

5° *Filtration ou décoloration.* — En sortant des filtres *Taylor*, le sirop clarifié ou la *clairce* se rend dans des filtres à noir en grains semblables à ceux dont il a déjà été question (voyez p. 118), mais beaucoup plus grands. Le but principal de cette opération est de terminer la décoloration de la clairce, que le noir fin avait déjà commencée. La filtration terminée, on lave les filtres à l'eau chaude; on ajoute au sirop non filtré les premières eaux de lavage encore assez denses, et l'on se sert des autres pour opérer la fonte du sucre brut.

4° *Cuite à cristallisation et réchauffage.* — La clairce décolorée par filtration sur le noir en grains passe ensuite dans un appareil à cuire dans le vide, offrant une disposition analogue à celui dont on se sert dans les fabriques de sucre de betteraves. Comme dans cet appareil la cuite se fait à une température ne dépassant pas 67 à 69°, il est nécessaire, pour obtenir une bonne cristallisation, d'élever à 80° la température de la masse sortant de la chaudière, et à cet effet on la chauffe au moyen de la vapeur, dans un vase à double fond. Dès que la formation des cristaux commence à la surface et sur les parois, on brasse lentement, afin que les cristaux se disséminent dans le liquide, et on procède à un nouveau brassage, lorsque de nouveaux cristaux se sont produits.

5° *Emplissage des formes.* — Après le réchauffage, pendant lequel s'opère la cristallisation, la masse est versée dans des formes coniques en tôle vernissée; on *opale* et on *mouve* en procédant comme il a été déjà dit précédemment (voyez p. 134). Le local dans lequel s'opère l'emplissage, ou l'*empli*, est continuellement maintenu à une température de 25 à 30°.

6° *Égouttage et clairçage.* — Au bout de huit à douze heures, les formes sont montées dans des greniers, dont la température doit être de 28 à 30° jour et nuit. Dans ces locaux des ouvriers disposent les formes sur les lits de pains (voyez p. 300, fig. 135), après avoir enlevé le tampon de linge (la *tape*) qui bouche leur orifice et introduit une alène (ou *prime*) dans ce dernier, pour faciliter l'écoulement du sirop. Celui-ci s'égoutte en partie naturellement. Afin d'enlever le reste du sirop, on soumet le pain, au bout de douze à quarante-huit heures, suivant la nature des sucres, à deux ou trois *clairçages* successifs, en employant pour le dernier une clairce faite avec des sirops très-purs, puis on laisse égoutter. L'égouttage des dernières parties de la clairce durait autrefois cinq à six jours; on le remplace aujourd'hui par la *sucette*, qui opère plus complètement en une heure au plus. Cet appareil se compose d'un tuyau qui porte des tubulures munies de robinets;

gras et visqueux, on peut, pour le presser, remplacer les presses hydrauliques et à vis par les filtres-presses. Contrairement à ce qui a lieu dans la clarification par le sang, le sirop se maintient parfaitement alcalin pendant toute la durée du travail, de sorte que les eaux provenant du lavage du noir en grains sur lequel est filtré le sirop clarifié ne subissent pas d'allération, et, par suite, ne peuvent introduire dans les chaudières à fondre aucune matière nuisible. Tous ces avantages et l'élimination des combinaisons calcaires, qui est complète avec cette méthode, font que l'on obtient un rendement plus grand qu'avec l'ancien mode de travail; ainsi, suivant *Lagrange*, sur une fabrication de 10,000 pains par jour, on aurait une différence en plus d'environ 8,000 kilogrammes, et cela sans augmentation de la dépense.]

celles-ci se terminent par des entonnoirs garnis d'une rondelle en caoutchouc. On place la pointe des formes sur les tubulures et en faisant le vide dans le tuyau, à l'aide d'une pompe à air, on aspire toute la clairce qui est encore dans les pains et qui se rend dans un réservoir placé entre la pompe et le tuyau.

7° *Plamotage et lochage*. — Quand les pains sont complètement égouttés, on en nettoie les bases (*plamotage*) soit à la main avec un couteau, soit avec une machine spéciale, et lorsque la masse est suffisamment solide, on *loche* les pains, en frappant la forme sur un billot de bois et en renversant le pain sur la main. On retranche ensuite la tête du pain, et à l'aide d'un appareil particulier on forme une nouvelle pointe.

8° *Étuvage et habillage*. — Le sucre ainsi extrait des formes est encore humide et friable; pour lui donner la consistance nécessaire, on le porte dans une étuve chauffée à 50 ou 55°; l'étuvage dure six à huit jours, suivant la grosseur des pains et l'état hygrométrique de l'atmosphère. Au sortir de l'étuve, on place les pains dans un magasin chauffé et on procède au triage et à la mise en papier (*habillage*).

Le sucre épuré par ces différentes manipulations est livré à la consommation sous le nom de *sucre raffiné* ou *raffiné*.]

[**Utilisation des bas-produits du raffinage**. — Les sirops qui s'écoulent pendant l'égouttage (*sirops verts*) et le clairçage (*sirops couverts*) sont utilisés de différentes manières, suivant leur qualité et suivant les produits que l'on veut obtenir. Le plus souvent, on les recuit pour faire des sucres en pains de qualité inférieure (*lumps, bâtardes*) ou des sucres en poudre plus ou moins colorés (*farines, vergeoises*); on se sert aussi d'une partie de ces sirops pour produire le sucre nécessaire pour la préparation des clairces. Les masses cuites sont mises dans de grandes formes et claircées soit avec des clairces un peu moins pures que celles dont on se sert pour les raffinés, soit avec les sirops déplacés pendant le dernier clairçage (*sirops couverts*). Les sucres bruts de mauvaise qualité, ainsi que les déchets divers, sont aussi quelquefois employés pour préparer ces produits inférieurs. Il en est de même des sirops que l'on obtient lorsque, avant la fonte, on soumet au turbinage les cassonades très-impures. Les *lumps* et les *bâtardes* sont moins claircés que les raffinés, et les dernières subissent en général un clairçage de plus que les *lumps*; on ne soumet pas les pains à l'action de la sucette, mais on retranche la pointe qui est restée brune et que l'on fait refondre avec les autres déchets. Les *vergeoises* ou *farines* constituent une sorte de sucre pulvérulent, blond ou roux, moins claircé que les *lumps* et *bâtardes* et qui, au sortir des formes, est broyé au moyen de moulins à rouleaux. On obtient enfin, comme dernier produit du raffinage, un sirop ou *mélasse*, qui ne donne plus, après une nouvelle cuite, qu'une faible quantité de sucre, mais dont la saveur est beaucoup plus agréable que celle de la mélasse des fabriques de sucre de betteraves. C'est un liquide brun foncé, épais et visqueux, limpide, marquant de 42 à 44° Baumé, et renfermant beaucoup moins de matières salines que la mélasse des fabriques. On le livre tel quel à la consommation, ou bien après l'avoir filtré sur le noir, afin d'en

améliorer le goût et la couleur; ou on l'emploie pour la fabrication de l'alcool.]

[**Raffinage direct et raffinage en fabrique.** — Dans certaines conditions, au lieu de fabriquer d'abord du sucre brut et de le transformer ensuite en sucre en pains raffiné, on peut aussi employer le jus brut des betteraves pour préparer directement sous forme de pains du sucre consommable. On désigne cette fabrication sous le nom de *raffinage direct*, et le sucre obtenu est appelé *mélis*; lorsque ce dernier est produit immédiatement par la cuite du sirop de betteraves, on lui donne le nom de *mélis brut*; quand au contraire on le prépare en faisant refondre des sucres bruts dans des jus de betteraves, il est appelé *mélis mixte*. Le mélis brut ne pouvant être obtenu qu'avec des jus très-riches et très-purs, sa fabrication se trouve nécessairement bornée à la durée des premiers mois de la campagne, alors que les betteraves n'ont encore subi aucune altération, et aussitôt que, par suite de la détérioration des racines ou d'autres circonstances, on a des jus de qualité inférieure, on interrompt la préparation des mélis bruts pour fabriquer les mélis mixtes par fonte des sucres bruts dans les jus. Les mélis, fabriqués seulement dans quelques usines de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Russie, sont bien inférieurs au sucre en pains des raffineries; ils sont livrés au commerce après avoir été concassés ou réduits en poudre.

Le *raffinage en fabrique* diffère du raffinage direct en ce qu'on prépare d'abord du sucre brut comme à l'ordinaire, et qu'on soumet ensuite celui-ci dans la fabrique même à un véritable raffinage. Les premières tentatives de raffinage en fabrique sont de date encore toute récente; elles ont été faites en Allemagne, où elles ont donné naissance au procédé de *Reischauer*, qui fonctionne depuis quelques années chez l'inventeur lui-même à Brieg, en Silésie. En France, c'est *E. Mérijot*⁴ qui a tout dernièrement indiqué la véritable marche à suivre pour obtenir, sans avoir recours au matériel compliqué de la raffinerie, des sucres directement consommables, et sa méthode a été appliquée pour la première fois avec un plein succès dans l'usine de Bourdon (Puy-de-Dôme), pendant la dernière campagne (1877-1878).

Reischauer procède de la manière suivante: On fond les sucres bruts de manière à obtenir un sirop marquant 25° B.; on filtre avec 40 à 45 pour 100 de noir animal, et l'on cuit dans le vide. La cuite est conduite de telle sorte que la masse, après sa sortie de l'appareil, puisse conserver encore pendant quelques heures la même fluidité; la cuite terminée, on verse immédiatement la masse dans des turbines mues par en dessous; les turbines étant mises en mouvement, on clairce avec une petite quantité de sirop pur, et au bout de quinze à vingt minutes on arrête les appareils pour en retirer un sucre complètement blanc, légèrement humide. Ce sucre est versé immédiatement dans la trémie d'une machine, imaginée par *Reischauer*, qui le transforme en prismes de 18 centimètres de long et de section variable à volonté. Les

⁴ [M. *E. Mérijot* vient de mourir subitement, le 20 juillet 1878, à l'âge de 36 ans, dans l'établissement de Bourdon, dont il était le directeur; cette mort prématurée du savant traducteur de Walkhoff sera vivement ressentie par tous ceux qui s'intéressent aux progrès des sciences technologiques, qu'il avait déjà enrichies d'importants travaux.]

prismes ainsi obtenus sont ensuite exposés dans une étuve pendant environ dix heures, puis on les passe sous une casseuse, qui les débite en morceaux réguliers de forme cubique. Les sirops provenant du turbinage sont étendus à 25° B., puis filtrés sur un peu de noir et cuits en gros grains ; la masse cuite soumise à un clairçage et à un turbinage de trente minutes fournit un sucre blanc, compacte, complètement sec, qu'à l'aide d'un moulin on transforme en sucre pilé ou en morceaux irréguliers de grosseur variable.

Voici maintenant en quoi consiste la méthode imaginée par *E. Mérijot* : Le sucre brut est fondu ; la dissolution est clarifiée par chauffage à l'ébullition avec une certaine quantité de sang ; elle est ensuite envoyée sur un filtre *Taylor*, puis filtrée sur du noir en grains. Après la filtration, le sirop est cuit et la cuite écoulée dans un réchauffoir, puis distribuée immédiatement dans une série de moules ayant la forme d'un tronc de pyramide, qu'on laisse séjourner pendant environ six heures dans l'empli ; pendant ce temps on opale ou l'on mouve à plusieurs reprises le contenu des moules, afin d'obtenir une cristallisation bien homogène.

On amène alors les moules devant des turbines mues par-dessous, de façon que le chargement et le déchargement puissent se faire avec facilité ; en outre, le tambour, qui est enfermé dans un manteau en tôle, ne porte pas de rebords ; il est formé d'une carcasse en forte tôle recouverte intérieurement d'une toile métallique. On range les moules dans le tambour de façon que leur petite base, qui est cintrée suivant le rayon du tambour, vienne s'appliquer contre la surface interne de celui-ci. Par suite de cet arrangement, le bloc de masse cuite repose sur la petite base du moule contre la toile métallique de la turbine, et sa plus grande face libre est tournée vers le centre ou l'axe de celle-ci. Pour maintenir dans cette position les six moules, qui constituent la charge d'une turbine, on introduit entre chacun d'eux un prisme triangulaire en bois. Enfin, on recouvre d'un cercle en tôle, de quelques centimètres de largeur, le dessus des moules. La turbine étant ainsi chargée, on la met en mouvement, on abaisse le couvercle mobile dont elle est munie, et on introduit par le centre de ce couvercle, à l'aide d'un tuyau aboutissant à ce dernier, de la vapeur d'échappement des machines, préalablement débarrassée de l'eau de condensation ; dans son mouvement à travers ce tuyau, la vapeur entraîne une certaine quantité d'air et produit sur la masse cuite une sorte de buée, qui ne tarde pas à baigner les moules en tous sens, grâce à une plaque distributive dont le fond du tambour est garni, et, au bout de quelques secondes, un jet de sirop vert sort avec force par une ouverture ménagée à la partie inférieure de la turbine. Le turbinage est terminé lorsque le sirop s'écoule incolore. On enlève alors le couvercle, puis les coins et enfin les moules, qui maintenant contiennent des blocs de sucre parfaitement blanc, ayant l'aspect transparent et homogène des raffinés de bonne qualité. Après un séjour de quelques heures dans l'étuve, les blocs sont débités en morceaux réguliers, qui peuvent être livrés directement au consommateur.

Les sirops provenant du turbinage, filtrés et recuits, donnent du sucre en

grains extra; ceux du second turbinage fournissent comme troisième jet du sucre de même richesse que celui soumis au raffinage; on recuit ensuite les sirops pour obtenir des quatrièmes jets, des cinquièmes et des sixièmes jets, s'il y a lieu. La durée de ces opérations se décompose comme il suit : dix-huit à vingt heures à partir de la fonte pour obtenir le raffiné, vingt-quatre heures pour retirer les deuxièmes jets, huit jours pour la cristallisation des troisièmes jets et un mois pour celle des quatrièmes. A Bourdon, où douze turbines fonctionnent comme il vient d'être dit, chaque appareil produit de 800 à 1,000 kilogrammes de raffiné par vingt-quatre heures; les blocs de raffiné donnent par 100 kilogrammes : 55 kilogrammes de sucre cassé en morceaux réguliers, 35 à 40 kilogrammes de morceaux irréguliers que l'on transforme en sucre pilé, et 5 à 10 kilogrammes de déchets pour la fonte. Les frais de travail ne s'élèvent pas à 4 francs par 100 kilogrammes de sucre brut mis en œuvre. Le raffinage en fabrique, d'après le procédé de *Mérijot*, constitue un des plus remarquables progrès accomplis dans la fabrication du sucre; la méthode est très-simple, et elle ne nécessite comme outillage que des turbines spéciales¹; le reste du matériel subsiste sans aucun changement ou avec des modifications insignifiantes.]

Sucre candi. — Sous le nom de *sucre candi* on désigne le sucre préparé en cristaux volumineux et durs. Pour sa fabrication on emploie presque exclusivement le sucre de canne. Le sucre de betterave forme des cristaux trop longs et trop plats. On ajoute au maximum 20 pour 100 de ce dernier. Le sucre qui sert pour la préparation du sucre candi est clarifié avec 3 ou 4 pour 100 de noir animal fin, puis avec du blanc d'œuf, et ensuite filtré. Lorsque la clairce est limpide, on procède à la cuite pour laquelle on se sert d'une chaudière à bascule chauffée à feu nu, d'une chaudière à double fond chauffée à la vapeur ou d'un appareil à cuire dans le vide. Des rafraîchissoirs (ou des réchauffoirs, si l'on a cuit dans le vide) la clairce cuite passe immédiatement dans les cristallisoirs; ceux-ci sont en cuivre ou en tôle vernie. Les parois de ces vases sont percées de trous disposés en 8 ou 10 séries, afin de pouvoir y passer des fils, qui sont tendus horizontalement et également espacés dans les cristallisoirs. A Hambourg, où le candi était et est encore fait exclusivement par des ouvriers particuliers, on fait cristalliser la clairce cuite et réchauffée dans des pots de cuivre, qui sont également munis de trous à travers lesquels sont tendues horizontalement six séries de fils (à partir de 0^m,05 au-dessus du fond des pots jusqu'en haut). Lorsque les pots sont préparés, avec de l'empois d'amidon on colle sur leur surface extérieure une feuille de papier, afin qu'il ne passe pas de sirop par les ouvertures (on dit alors que les pots sont collés), on y verse la clairce et on les abandonne à eux-mêmes dans l'étuve. Pour le candi brun on peut se dispenser de tapisser l'extérieur des pots, parce que le sirop possède une consistance suffisante pour ne pas s'écouler à travers les petites ouvertures, et en outre celles-ci sont promptement bouchées par de petits cristaux de

¹ [Ces turbines sont construites par la maison *Cail et C^{ie}*.]

candi. Lorsqu'on se sert de grands cristallisoirs, on bouche les ouvertures avec une pâte d'argile fine, de cendre et de sang de bœuf. La température de l'étuve est au début de 75°, au bout de six jours elle est encore égale à 45° ou 50° et en huit ou dix jours la cristallisation est terminée. Pendant la cristallisation on doit éviter tout mouvement brusque, choc, courant d'air, etc., qui troubleraient la formation régulière des cristaux. Lorsque la cristallisation est terminée, les cristallisoirs sont retirés de l'étuve, et afin de débarrasser le candi de la couche cristalline mince qui se trouve par-dessus, ainsi que du sirop, on les renverse sur un tamis placé au-dessus d'un réservoir. Le candi est ensuite lavé; pour cela on remplit les cristallisoirs avec de l'eau de chaux faible, on agite jusqu'à ce que le sirop adhérent aux cristaux soit dissous, on vide l'eau de lavage et on laisse égoutter complètement. L'eau employée pour le lavage doit être tiède, parce que, si elle était trop froide, elle ferait fendre les cristaux, et, si elle était trop chaude, les cristaux deviendraient opaques. Lorsque toute l'eau de lavage s'est écoulée, on loche les cristallisoirs en les posant renversés sur une dalle de pierre plane et on frappe leur extérieur, jusqu'à ce que le sucre soit détaché. Lorsqu'on emploie les fils pour la cristallisation, on détache les fils, et le candi tombe sur un linge étendu au-dessous des vases. On peut encore détacher le candi des parois des cristallisoirs en plongeant ceux-ci pendant quelques instants dans l'eau bouillante. Le candi ainsi obtenu, après avoir été desséché pendant un jour environ, est propre à livrer au commerce. On distingue trois sortes de sucres candis: le *blanc*, qui se compose de cristaux tout à fait blancs, d'une transparence presque parfaite; le *jaune*, dont les cristaux possèdent une couleur jaune faible, et le *brun*, d'une couleur analogue à celle du sucre brut ordinaire. Dans la Flandre française, on fabrique aussi du candi *noir*, qui est connu sous le nom de *sucré de Boerhaave*. Pour fabriquer le candi brun on se sert de sucre brut de qualité moyenne, pour le candi jaune on emploie du sucre terré, et enfin pour le blanc du sucre raffiné. On fabrique et on emploie de grandes quantités de candi. Le candi blanc est surtout employé dans la préparation de la *liqueur*, solution de candi dans le vin et l'eau-de-vie, qui joue un grand rôle dans la fabrication du vin de Champagne; en outre on s'en sert dans tous les cas où il s'agit de préparer une solution de sucre limpide sans clarification. Le candi jaune est employé en Belgique et dans quelques contrées de l'Allemagne pour sucrer le thé et le café. Enfin de grandes quantités de candis brun et jaune sont consommées comme médicaments dans les affections catarrhales; il n'est pas douteux que pour cet usage on doive préférer les sortes de candis dont les cristaux renferment une grande proportion de sucre incristallisable (chylarlose).

D. — GLUCOSE.

État naturel, composition et propriétés de la glucose. — La *glucose* (sucre de raisin, sucre de fécule, glycose, dextrose) est une espèce de sucre solide, qui se rencontre à côté d'un sucre liquide non cristallisable, la

lévulose ou *chylariose* (de γυλάριον, sirop), dans un grand nombre de fruits sucrés, à côté du sucre de canne dans le miel, et qui se forme par voie chimique :

a. Lorsqu'on fait agir sur l'amidon la dextrine, le sucre de canne, la gomme des acides étendus et la diastase ;

b. Lorsqu'on traite la cellulose et les substances végétales analogues par les acides étendus ;

c. Par le *dédoublément* de certaines substances de la chimie organique (les glucosides), comme l'amygdaline, la salicine, la phloridzine, la populine, la quercitrine, le tannin de la noix de galle (la présence du sucre dans les produits de décomposition du tannin, admise hypothétiquement, serait plus que douteuse d'après les travaux de *H. Schiff*, — 1871), etc., qui sous l'influence des acides étendus ou de la *synaptase* (*émulsine*) se transforment en glucose et en d'autres substances.

Les différentes sortes de fruits renferment en moyenne les quantités suivantes de glucose :

Pêches.	1,57 0/0	Poires rouges.	7,45 0/0
Abricots.	1,80	(<i>Fresenius</i>).	
Prunes.	2,12	Poires diverses.	8,02 à 10,8 0/0
Prunes de reine-claude.	3,12	(<i>E. Wolff</i>).	
— de mirabelle.	5,58	Pommes.	8,37 0/0
Framboises.	4,00	(<i>Fresenius</i>).	
Mûres (de ronce).	4,44	Pommes.	7,25 à 8,04 0/0
Fraises.	5,75	(<i>E. Wolff</i>).	
Airelle.	5,78	Cerises aigres.	8,77 0/0
Groseilles.	6,40	Mûres.	9,19
Prunes (de Damas).	6,26	Cerises douces.	10,79
Groseilles à maquereau.	7,15	Raisins.	14,95

La *glucose*, $C^6H^{12}O^6, H^2O$, cristallise dans une solution aqueuse en mamelons hémisphériques ou en cristaux agglomérés en choux-fleurs. Elle est moins facilement soluble dans l'eau que le sucre de canne; pour se dissoudre elle exige 1 partie $\frac{1}{3}$ de son poids d'eau froide; elle est soluble en toutes proportions dans l'eau bouillante, et il se forme un sirop qui a bien une saveur sucrée, mais qui ne peut pas être étiré en fils comme le sirop de sucre de canne. Il faut 2 fois $\frac{1}{2}$ autant de glucose que de sucre de canne pour communiquer à un même volume d'eau la même saveur sucrée, tandis que (d'après *Dubrunfaut*) la *lévulose* sucre au moins autant que le sucre de canne. A 120° la glucose a pour formule $C^6H^{12}O^6$. A 140° elle perd encore de l'eau en fondant et se transforme en *glucosane* $C^6H^{10}O^5$, qui possède une saveur à peine sucrée et repasse à l'état de glucose par ébullition avec de l'acide sulfurique étendu. A une température encore plus élevée, il se forme du caramel. Chauffée avec des alcalis caustiques, la solution de la glucose se décompose dès la température de 60 ou 70° en donnant naissance à de la résine-aldéhyde et à des substances humiques. Une solution de glucose mélangée avec de la potasse transforme à l'ébullition l'hydrate de bioxyde de cuivre en protoxyde, l'oxyde d'argent en

argent métallique, le chlorure d'or en or métallique. Un mélange de ferri-cyanure de potassium et de potasse décompose à chaud la glucose avec décoloration du liquide, qui auparavant était coloré en jaune. Sous l'influence des ferments, la glucose éprouve différents changements; les produits varient suivant la nature du ferment et les conditions dans lesquelles on opère. Le ferment qui se forme dans la fermentation du moût décompose la glucose en alcool et acide carbonique.

100 kilogrammes de glucose donnent :

51,11 kilogr. d'alcool,
48,69 — d'acide carbonique.

Dans certaines circonstances (de température et de concentration) non encore parfaitement déterminées, on trouve dans le liquide fermenté des homologues de l'alcool, notamment de l'alcool propylique, de l'alcool butylique et de l'alcool amylique, et dans toutes les circonstances de la glycérine et de petites quantités d'acide succinique. Si les ferments, au lieu d'être acides, ont, par suite d'une décomposition spontanée, une réaction alcaline, ils transforment la glucose en acide lactique, sans qu'il se produise un dégagement gazeux. Mais ordinairement, lorsqu'il se forme de l'acide lactique, la transformation ne s'arrête pas là, il se produit un dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique, et l'acide lactique se transforme en acide butyrique. Dans certaines circonstances, la glucose éprouve la fermentation visqueuse et se convertit en mannite et en corps gommeux.

Préparation de la glucose. — On prépare la glucose :

- a. Avec les raisins ;
- b. Avec la fécule ;
- c. Avec le bois et des substances végétales analogues.

Pour préparer la glucose avec des *raisins*, on soufre le jus de raisins blancs, afin qu'il se conserve plus longtemps et se clarifie par le repos; le moût clarifié est chauffé à une douce température dans une chaudière et mélangé avec du marbre ou de la craie (et non avec de la chaux calcinée) ou de la withérite moulue (carbonate de baryum), afin de neutraliser une partie de l'acide tartrique, on chauffe ensuite à l'ébullition et on laisse reposer pendant 24 heures, pour que les sels de chaux insolubles se déposent. On clarifie ensuite le moût avec du sang de bœuf (pour 100 litres de moût on prend 2 ou 3 litres de sang), on écume et on évapore jusqu'à 26° Baumé. Après avoir abandonné le moût à lui-même pendant quelque temps dans des tonneaux, on le sépare par décantation des impuretés qui se sont déposées, on le fait cuire jusqu'à 54° B., et l'on obtient ainsi un sirop, dont on peut se servir pour la plupart des usages auxquels on a coutume d'employer la glucose. Si cependant on veut préparer de la glucose solide, on verse le sirop encore plus concentré dans des cristallisoirs, où au bout de 3 ou 4 semaines il s'est déposé des cristaux grenus, que l'on sépare de la lévulose incristallisable; dans ce but, on les introduit dans

des formes à pains de sucre et par clairçage avec une solution de glucose pure on déplace la lévulose, ou bien on les traite dans des turbines. En petit on sépare la lévulose en déposant les cristaux humides sur des plaques de porcelaine dégourdie, ou sur des briques ou bien sur des plaques de verre.

100 parties en poids de raisins donnent :

800 parties en poids de moût,	
200 —	de sirop,
140 —	de glucose brute,
60 à 70 —	de glucose pure.

La glucose de *fécule* (*sucre de fécule*) est la plus importante, et c'est la seule espèce qui soit préparée en grand. Elle se rencontre dans le commerce sous quatre formes différentes : le sirop de fécule, le sucre solide ou en masse, le sucre granulé et le sirop *impondérable*⁴. La préparation du sucre avec la fécule de pommes de terre et l'acide sulfurique étendu (d'après le procédé de *Kirchhoff* — 1811) comprend les opérations suivantes :

a. Le traitement à l'ébullition de la fécule avec de l'acide sulfurique étendu s'effectue au moyen de vapeurs aqueuses, qui sont amenées dans la cuve où se fait l'opération. En petit, il est convenable de se servir d'une chaudière de plomb dont la partie inférieure est enchâssée dans une chaudière de fonte. On chauffe la quantité d'eau nécessaire jusqu'à l'ébullition, puis on y verse l'acide sulfurique, que l'on a préalablement étendu de trois fois son poids d'eau. Lorsque l'ébullition se fait avec vivacité, on introduit la fécule délayée avec de l'eau en un liquide laiteux et l'on brasse vivement, afin de s'opposer autant que possible à la formation de l'empois. Lorsque toute la fécule a été introduite, on fait bouillir jusqu'à ce qu'elle soit entièrement transformée en sucre. Comme on le sait, la fécule se convertit d'abord en dextrine et ensuite en sucre; la première transformation a lieu immédiatement, tandis que la deuxième ne s'effectue qu'après une longue ébullition. Afin de connaître exactement le moment où la neutralisation de l'acide sulfurique peut être effectuée, on se sert de l'épreuve par l'alcool, qui repose sur l'insolubilité de la dextrine dans les liquides alcooliques. On prend dans ce but pour 1 partie de la solution sucrée à essayer 6 parties d'alcool absolu; s'il n'y a plus de dextrine, il ne se forme pas de précipité, mais seulement un léger trouble. L'essai par l'iode, qui a été proposé différentes fois, est sans utilité, parce qu'il ne peut qu'indiquer que la fécule s'est transformée en dextrine, aux dépens de laquelle le sucre ne se forme que par l'ébullition ultérieure. En général on prend maintenant pour 100 kilogr. de fécule :

2 kilogr. d'acide sulfurique anglais, à 60° Baumé
et 300 à 400 litres d'eau, si l'on doit préparer du sirop.

⁴ Pour préparer ce sirop, on pousse la concentration de la solution sucrée jusqu'à ce que l'on obtienne une masse visqueuse dans laquelle la tige du saccharimètre ne s'enfoncé pas : d'où son nom de sirop impondérable.

Pour préparer du sucre de fécule solide on élève la quantité de l'acide sulfurique jusqu'à 4 kilogr., afin d'abrèger la durée de l'ébullition. — La saccharification de la fécule s'effectuerait dans un temps beaucoup plus court en ajoutant à l'acide sulfurique une petite quantité d'acide azotique.

b. *La séparation de l'acide sulfurique* du liquide sucré est incontestablement l'opération la plus importante, parce que non-seulement la couleur et la pureté, mais encore le goût du produit, dépendent tout spécialement de la manière dont elle a été faite. La neutralisation s'effectue à l'aide de la *baryte* ou de la *chaux*, qui toutes deux forment avec l'acide sulfurique des sels insolubles qui se déposent au fond des vases à neutralisation, de façon que le liquide surnageant peut être décanté clair au bout de quelque temps. La *baryte* est employée à l'état de carbonate naturel (withérite) ou artificiel, et c'est certainement le meilleur moyen de neutralisation, parce que le sulfate de baryum formé est tout à fait insoluble, se dépose rapidement et complètement, et peut encore être employé comme matière colorante. Malheureusement les conditions locales ne permettent que rarement de se servir de la baryte. La chaux est la substance la plus employée pour la neutralisation; mais le sulfate de calcium qui se forme n'est pas complètement insoluble dans l'eau; cependant la solution sucrée n'en contient qu'une très-petite quantité qui diminue encore beaucoup pendant l'évaporation. On emploie la chaux sous forme de *chaux caustique*, de *craie* ou de *marbre*. Le mieux est d'effectuer la neutralisation dans la cuve elle-même et lorsque la solution sucrée est encore bouillante. Pour chaque kilogramme d'acide sulfurique anglais (poids moléculaire industriel = 100 ou 106), on pèse autant de marbre (poids moléculaire chimique = 100) en poudre fine que l'on introduit dans le liquide à neutraliser en agitant continuellement. Lorsque toute la chaux a été introduite et que le liquide ne fait plus effervescence lorsqu'on ajoute du marbre, on essaie avec du papier de tournesol. Mais la neutralisation n'est pas complète quand même le papier de tournesol bleu n'est plus rougi, et un essai avec la teinture de tournesol, qui est beaucoup plus sensible que le papier, donnera souvent une réaction contraire, et fréquemment, après l'évaporation du liquide, sous l'influence de laquelle l'acide sulfurique est devenu plus concentré, on trouvera que le sirop porté à 26 degrés Baumé a de nouveau une réaction acide, de telle sorte qu'il est nécessaire de le neutraliser. Pour saturer tout l'acide sulfurique, il est avantageux, dès que le papier de tournesol n'indique plus d'acide libre, d'ajouter au liquide pour chaque quantité de 10 kilogrammes d'acide sulfurique employé de 250 à 500 grammes de carbonate de baryum qui enlève les dernières traces d'acide.

c. *L'évaporation et la purification* de la solution sucrée obtenue s'effectuent de la manière suivante : sur un feu doux ou, ce qui est mieux, à l'aide de la vapeur, on évapore le liquide dans des chaudières en cuivre plates; le sulfate de calcium et les autres impuretés se séparent, ces dernières sous forme d'écume que l'on enlève. Le liquide concentré à 15 ou 16 degrés

Baumé est filtré sur du noir animal; le sirop filtré est amené à l'aide d'une pompe à jus dans de grands réservoirs, desquels il coule dans les chaudières évaporatoires, où il est évaporé par de la vapeur à 30 degrés Baumé; il se dépose une nouvelle quantité de sulfate de calcium, qui doit être séparée du liquide. Si l'on veut préparer du sucre solide, on évapore le sirop dans des vases plats jusqu'à 40 ou 41 degrés Baumé, et on le verse dans des cristallisoirs; dès que la cristallisation est commencée, le liquide grenu est versé dans des tonneaux, où au bout de quelque temps il devient tout à fait solide. Cependant on ne peut obtenir de cette manière qu'un produit très-inférieur et impur, qui ne peut pas être employé notamment pour la préparation des vins artificiels. On obtient un produit beaucoup plus beau et plus blanc, si l'on sépare la mélasse des cristaux de glucose. Dans ce but, le sirop, filtré sur le noir animal et duquel par le repos s'est séparée une partie du sulfate de calcium, est versé dans des tonneaux à vin ordinaires, qui reposent sur les traverses d'un support de 0^m05 de haut. Le fond des tonneaux est muni de douze ou vingt-quatre trous, qui sont fermés avec des bouchons de bois. Au bout de huit ou dix jours, les tonneaux sont remplis d'agglomérations de cristaux disséminés dans le liquide; on enlève maintenant les bouchons et on laisse écouler la mélasse, en ayant soin d'incliner peu à peu le tonneau. Le sucre ainsi obtenu est transporté dans une étuve, où on le pose sur des plaques de plâtre qui absorbent la majeure partie de la mélasse. La masse sèche est tamisée, et la poudre est comprimée dans des formes à pains de sucre ou emballée telle quelle dans des tonneaux. (La préparation de la glucose avec le bois et les substances analogues n'a d'intérêt que pour la fabrication de l'alcool, et depuis quelque temps pour la fabrication du papier de bois; — voyez page 26.)

[Le sirop impondérable (sirop de blé, dextrine sucrée) se prépare en traitant par l'orge germée (malt) à la température de 75°, 1,000 kilogrammes de fécule que l'on introduit peu à peu dans une chaudière chauffée à la vapeur et contenant 350 à 400 kilogrammes d'eau préalablement mélangée avec le malt (5 à 10 kilogrammes); après avoir arrêté l'action de la diastase en portant le mélange à 100°, on filtre le produit sur le noir animal, et on l'évapore à consistance sirupeuse. Le sirop ainsi obtenu, qui renferme un mélange de glucose et de dextrine, est incolore, très-visqueux et d'une saveur agréable; il est spécialement destiné aux brasseurs et aux confiseurs.]

Composition du sucre de fécule. — La composition du sucre de fécule tel qu'on le trouve dans le commerce est très-variable. Cependant, tandis qu'il n'y a encore que quelques années le sucre de fécule du commerce ne contenait que 50 pour 100 de glucose, 32,5 pour 100 de matières étrangères et 17,5 pour 100 d'eau, on rencontre maintenant ce produit dans un état de pureté assez grand: ainsi *Gschwaendler* (1870) a trouvé en analysant quelques espèces de sucre de fécule :

	1.	2.	3.	4.	5.
Glucose.	67,5	64,0	67,2	75,8	62,2
Dextrine.	9,0	17,4	9,1	9,0	8,8
Eau.	19,5	11,5	20,0	13,1	24,6
Substances étrangères.	4,0	7,1	3,7	2,1	4,4
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

Usage de la glucose. — La glucose (de fécule) est employée, aussi bien à l'état solide que sous forme de sirop, comme succédané du sucre des raisins et du sucre produit dans le malt par l'action de la diastase, c'est-à-dire pour la préparation du vin (d'après le procédé de *Gall* et *Petiot*) et de la bière. 100 kilogrammes de sucre de fécule pourraient remplacer 300 kilogrammes de malt¹. On l'emploie aussi maintenant en très-grande quantité à la place du miel dans la confiserie et la fabrication du pain d'épice, et aussi pour falsifier la cassonade et le miel; on s'en sert en outre dans la préparation des bonbons, afin d'empêcher leur cristallisation, dans les fabriques de tabac et de moutarde de moût, et enfin pour la préparation de la *couleur de sucre*, qui est employée pour colorer en brun les liqueurs et le vinaigre, le rhum et le cognac et quelquefois la bière et le vin. On prépare la couleur de sucre en chauffant de la glucose dans une chaudière, jusqu'à formation d'une masse fondue brun foncé, que l'on dissout ensuite dans l'eau de manière à former un liquide épais brun foncé. Fréquemment on fait fondre le sucre en y ajoutant du carbonate de sodium ou de la soude caustique.

La préparation du sucre de fécule en Allemagne est surtout développée dans le Brandebourg, à Francfort-sur-l'Oder, à Kustrin, en Silésie, en Saxe et en Alsace. En 1874, soixante fabriques ont produit environ :

21,000,000	de kilogrammes de sirop de fécule,
22,500,000	— de sucre de fécule,
4,650,000	— de couleur de sucre.

[En France, la production annuelle du sucre de fécule peut être évaluée à 8 ou 10 millions de kilogrammes.]

DES FERMENTATIONS ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT

Généralités. — Les substances albuminoïdes ou les corps protéïques en décomposition, ainsi que certaines plantes occupant par leur organisation le rang le plus bas dans l'échelle végétale, les champignons ferments, peuvent, en présence de l'eau et dans certaines limites de température, produire par leur contact immédiat la décomposition ou le dédoublement d'une autre combinaison organique, sans que dans la plupart des cas les éléments de l'une des combinaisons abandonnent ou enlèvent quelque chose à l'autre. On nomme *fermentation* ce mode de décomposition d'une substance orga-

¹ Depuis quelques années, d'énormes quantités de sucre de fécule sont exportées d'Allemagne en Angleterre, où elles sont employées dans la brasserie.

nique. Un corps organique fermentescible peut se décomposer de différentes manières : il se dédouble en deux ou plusieurs combinaisons, comme cela a lieu pour la dextrose et la lévulose, qui dans la fermentation alcoolique se transforment en alcools homologues et en acides (acides carbonique et succinique), ou bien ses molécules se groupent autrement, comme dans la métamorphose du sucre de lait en acide lactique (dans la fermentation lactique), ou bien enfin l'oxygène de l'atmosphère se combine avec les éléments du corps organique en donnant naissance à de nouvelles combinaisons organiques ou à des composés organiques simples, l'acide carbonique, l'hydrogène carboné, etc. Lorsque ce dernier mode de décomposition se produit en présence de l'air simplement humide, il donne lieu à un résidu riche en carbone (humus ou acide ulmique), ou bien il ne reste que les éléments minéraux ; le phénomène est alors une sorte de *combustion lente*, à laquelle on a donné le nom d'*érémacausie* ; mais lorsqu'il s'effectue en présence de quantités d'eau plus grandes, il se change en la *putréfaction* dont l'apparition se manifeste par un dégagement de gaz d'une odeur désagréable et dont les produits ultimes sont des combinaisons *minérales*, — acide carbonique, ammoniaque, hydrogène sulfuré et eau, — tandis que les produits des décompositions que l'on met au nombre des fermentations sont toujours presque entièrement formés de composés *organiques*. Si dans la fermentation les corps albuminoïdes ne sont que les agents provocateurs de la décomposition qui s'étend aux autres substances organiques présentes, les matières albuminoïdes sont en majeure partie celles qui sont décomposées dans la putréfaction, et le plus souvent elles se trouvent dans ce cas en quantité prédominante.

Le corps qui est en état de provoquer la fermentation est appelé *ferment*, et il porte le nom de *levûre* dans la fermentation alcoolique. Le ferment est un être organisé, un champignon-ferment, comme la levûre, ou bien une substance protéique en décomposition.

Parmi les nombreuses espèces de fermentations que la chimie organique moderne est parvenue à découvrir, il n'y a que les suivantes qui méritent d'être prises en considération au point de vue technologique :

1° La *fermentation alcoolique*, sur laquelle reposent des industries très-importantes, la préparation du vin, de la bière et de l'alcool ;

2° La *fermentation lactique*, qui se manifeste dans le lait qui aigrit, dans la formation de la choucroute, etc., et qui à une température plus élevée se change facilement en

3° La *fermentation butyrique*.

À ces espèces de fermentations se rattache

4° La *fermentation putride* ou *putréfaction*, en tant que la chimie industrielle fournit des moyens pour empêcher la putréfaction ou pour l'arrêter lorsqu'elle a déjà commencé. Sur la connaissance et l'emploi de ces moyens repose la conservation des aliments (viande, lait, légumes) et des bois.

Fermentation alcoolique. — La *fermentation alcoolique* produit le doublement de certaines espèces de sucres : dextrose (glucose, sucre de

raisin), lévulose (chylarlose, sucre incristallisable) et galactose (lactose), en un certain nombre de produits, dont les principaux sont l'alcool et l'acide carbonique. On met aussi au nombre des sucres fermentescibles le sucre de canne et le sucre de lait en tant qu'ils sont en état de se transformer en sucre interverti (mélange de dextrose et de lévulose) et en galactose. A un certain point de vue, l'amidon et la fécule se rattachent à ces substances. D'après les recherches de *Lermer* et *v. Liebig* (1870), qui confirment les résultats autrefois obtenus par *Reischauer* et *Gschwändler*, la dextrine se transforme également, en présence du sucre, en alcool et en acide carbonique, en admettant toutefois qu'il existe dans le liquide de la levûre de bière dont les cellules peuvent, d'après *A. Schwarzér*, agir comme la diastase, ou de la diastase (comme dans le moût non cuit). Cependant *C. Barfoed* (1875) a observé que la dextrine exempte de sucre éprouve aussi la fermentation alcoolique sous l'influence de la levûre, sans se transformer préalablement en dextrose. Si l'on fait abstraction de tous les produits de la fermentation qui ne se forment qu'en petite quantité, 100 parties en poids

		ALCOOL	ACIDE CARBONIQUE	
de dextrose cristallisée.	$C^6 H^{14} O^7$	donnent 46,46	+	44,40 = 90,86
— dextrose anhydre.	$C^6 H^{12} O^5$	— 51,40	+	48,90 = 100,00
— sucre de canne.	$C^{12} H^{22} O^{11}$	— 53,80	+	51,46 = 105,26
— fécule.	$C^6 H^{10} O^5$	— 56,78	+	54,32 = 111,10
1 molécule de dextrose.	$C^6 H^{12} O^6 = 180$	} donne {	2 mol. d'alcool.	$2C^2 H^6 O = 92$
			4 — d'ac. carbonique.	$2CO^2 = 88$
				180

En 1859, *Pasteur* a montré que dans la fermentation alcoolique il ne se forme pas d'acide lactique, comme on l'admettait autrefois, mais que par contre l'acide succinique est un produit constant de la fermentation; la quantité de ce dernier acide s'élève à au moins 0,6 ou 0,7 pour 100 du poids du sucre. Il se forme en outre de la glycérine (dont la proportion est égale à plus de 3 pour 100 du poids du sucre), qui se rencontre dans tous les liquides fermentés, dans le vin notamment. Les 5 ou 6 pour 100 du poids du sucre, qui ne fournissent pas d'alcool, se dédoublent dans la fermentation alcoolique en :

Acide succinique.	0,6 à 0,7
Glycérine	3,2 à 3,6
Acide carbonique.	0,6 à 0,7
Cellulose, substance grasse, etc.	1,2 à 1,5
	5,6 à 6,5

Levûre. — Le ferment de la fermentation alcoolique, la levûre, dont la nature végétale, reconnue pour la première fois par *Cagniard-Latour*, a été parfaitement déterminée plus tard par *E. Mûscherlich*, *A. de Bary*, *J. Wiesner*, *Hoffmann*, *Bail*, *J. v. Liebig*, *Traube*, *Pasteur*, *A. Mayer*, *Lermer*, *A. Fitz* et *O. Brefeld*, se sépare pendant la fermentation sous forme d'une masse fine uniformément blanc sale aussi bien à la surface du liquide en fermentation

qu'au fond du vase où celle-ci s'effectue. Dans le premier cas elle porte le nom de *levûre superficielle*; elle se forme, par exemple, dans la fermentation des bières légères, que l'on fabrique dans un grand nombre de contrées de l'Allemagne du nord, en Angleterre et à Strasbourg; le ferment (levain) employé dans la fabrication du pain est aussi de la levûre superficielle; elle constitue en outre un élément de la pâte aigre, et dans ce dernier cas elle est mélangée avec du ferment lactique. La levûre superficielle offre une importance secondaire pour les industries basées sur la fermentation. La *levûre de dépôt* est le ferment de la fermentation du vin et de la fermentation du moût de bière, d'après le procédé bavarois et de Schwechat. Dans la fabrication de l'eau-de-vie, la levûre est généralement un mélange de levûre superficielle et de levûre de dépôt.

La levûre fraîche, qui se compose d'une quantité innombrable de cellules végétales, se présente sous forme d'une masse gris-jaune ou rougeâtre sale d'une odeur désagréable et à réaction acide. Au microscope, les deux espèces de levûres peuvent être facilement distinguées. La *levûre superficielle* (de la bière de froment, préparée par fermentation superficielle) se compose de cellules sphéroïdales ou ellipsoïdales à peu près d'égale grosseur et dont les diamètres n'ont que $0^{\text{mm}},0095$ — $0^{\text{mm}},0120$ et $0^{\text{mm}},0085$ — $0^{\text{mm}},0071$ (*O. Brefeld*); elles flottent dans le liquide soit isolément, soit réunies avec d'autres cellules d'égale grosseur ou des cellules secondaires plus petites, qui sont accolées aux cellules plus grandes, de telle sorte qu'on ne remarque entre elles aucune ligne de séparation. La levûre superficielle se présente sous forme d'une cellule munie d'une paroi, qui est si transparente que l'on peut observer nettement une cellule sous-jacente; dans le milieu se trouve un noyau foncé (*grains de protoplasma*), qui se compose de une ou de plusieurs parties. La *levûre de dépôt* (de la bière de garde de Bavière) est bien également formée de cellules, dont quelques-unes ressemblent par leur grandeur aux cellules de la levûre superficielle, mais qui ne sont pas soudées les unes aux autres comme celles-ci; la plupart des cellules de la levûre de dépôt sont beaucoup plus petites et de dimensions très-différentes; ces petites cellules adhèrent par groupes aux plus grandes ou sont accolées les unes aux autres ou bien, et c'est ce qui a lieu le plus fréquemment, elles flottent isolées dans le liquide. Les cellules de la levûre de dépôt n'adhèrent que mécaniquement les unes aux autres, une secousse suffit pour les séparer. À l'intérieur des grandes cellules on aperçoit nettement des cellules plus petites, qui ont le même aspect que les grandes; on en compte trois, quatre et plus, ou bien elles sont en nombre tel qu'elles forment une masse confuse.

Des expériences m'ont démontré l'exactitude de l'opinion de *Mitscherlich*, qui avance que la *multiplication de la levûre superficielle* a lieu par expansion de l'enveloppe des cellules (par bourgeonnement), et qu'une cellule nouvellement formée ne peut continuer à se développer que lorsqu'il s'est produit à l'intérieur un noyau qui ne provient pas de la cellule-mère. Il arrive presque toujours que des cellules adultes se séparent de la cellule

primitive avec une partie de leurs rejetons. Pour observer la *multiplication de la levûre de dépôt*, j'ai placé sous le microscope dans du moût de bière concentré une cellule dans laquelle on remarquait un noyau granuleux. La température resta constamment à 7 ou 10°. Je ne parvins pas à débarrasser la grande cellule des petites qui flottaient à côté d'elle et encore moins à observer le mode de multiplication. Le contenu des cellules se mouvait et avec le temps il devint granuleux; les petites cellules et les spores qui se trouvaient à côté de la grande cellule s'accrurent et leur nombre augmenta jusqu'à ce que 30 ou 40 petites cellules au moins se fussent développées. Ces cellules (grains de Leptotrix) s'étaient échappées de la cellule-mère par suite de la déchirure de ses parois, ou bien elles s'étaient développées aux dépens des spores qui se trouvaient déjà dans le moût de bière, mais qu'on n'apercevait pas au microscope. Le contenu des cellules séparé des parois donna :

	LEVURE DE BIÈRE SUPERFICIELLE.	LEVURE DE BIÈRE DE DÉPOT.
Carbone	44,57	49,76
Hydrogène	6,04	6,80
Azote	9,20	9,17
Oxygène, soufre, cendre	40,38	34,26

La levûre superficielle contenait 2,5 pour 100 de cendre et la levûre de dépôt 5,29 pour 100. La teneur en soufre s'élève en moyenne à 0,5 ou 0,8 pour 100. La cendre de la levûre se compose essentiellement de potasse, d'acide phosphorique, de silice et de magnésie.

En ce qui concerne le rôle de la levûre dans la fermentation alcoolique, les opinions des chimistes et des botanistes (*v. Liebig, Pasteur, Berthelot, O. Brefeld, Traube, etc.*) sont encore partagées. Pour le moment, on peut cependant admettre que les réactions chimiques de la fermentation alcoolique sont en rapport très-intime avec les fonctions biologiques de la levûre, et que cette fermentation repose essentiellement sur la formation de cellules de levûre, sur le développement d'une substance organisée. Il y a ici deux cas à distinguer. La levûre, et spécialement la levûre de bière, avec son nom de botanique de *Saccharomyces cerevisiæ* ou de *Hormiscium cerevisiæ*, — rejeton des champignons *Penicillium glaucum, Ascophora mucedo, Ascophora elegans* et *Periconia hyalina*, dont les spores se rencontrent partout dans l'atmosphère¹, — la levûre agit sur une dissolution de sucre pure ne contenant pas de corps protéiques, ou bien son action se fait sentir en présence de substances albuminoïdes. Ce dernier cas se présente lorsque une solution de sucre fermentescible est mêlée avec des corps albuminoïdes et abandonnée à elle-même, de manière que l'accès de l'air atmosphérique ne soit pas complètement entravé. Les spores de levûre répandues partout dans l'air et

¹ [La fermentation du jus de raisin, du jus de pommes et de poires, est provoquée par les *Saccharomyces conglomeratus, exiguus, pastorianus* et *apiculatus*, qui se rencontrent à côté d'autres champignons à la surface des fruits, et sont ainsi introduits dans le jus qu'on en exprime. Voy. *J. Sachs*, Traité de botanique, traduit par *Van Tieghem*, p. 352. Paris, 1874.]

notamment dans les locaux où l'on effectue des fermentations trouvent dans cette dissolution un sol propre à leur végétation, et, en y donnant naissance à des cellules de levûre, elles produisent la fermentation alcoolique, qui, dans ce cas, est nommée *fermentation spontanée*. Que maintenant, dans le deuxième cas, la culture de la levûre ait été effectuée par renouvellement artificiel (ce que l'on peut comparer à la culture par plantation des agriculteurs) ou à l'aide des spores de l'air (méthode par ensemencement), on pourra toujours récolter lorsque la fermentation sera terminée, c'est-à-dire qu'on recueillera plus de levûre qu'on n'en a employé. Dans le premier cas, où l'eau sucrée a été mélangée avec la levûre, sans qu'on ait ajouté la substance protéique nécessaire comme aliment à la petite plante de la levûre, la levûre est épuisée et n'est plus en état de produire la fermentation. Pendant la fermentation alcoolique la levûre est par conséquent consommée, et par suite aussi dans le deuxième cas mentionné, où la levûre est récoltée; mais, comme à la faveur des matières albuminoïdes il se forme une grande quantité de cellules de levûre, le poids de la levûre disparue est couvert par l'augmentation de poids de la levûre régénérée. La vitalité de la levûre est détruite par l'acide sulfureux; d'après les recherches de G. Jüdel (1871), il suffit pour cela que l'air ne contienne que 1/4 pour 100 d'acide sulfureux.

Conditions de la fermentation alcoolique. — Les conditions de la fermentation alcoolique sont les mêmes que celles de la végétation de la petite plante de la levûre, avec cette différence cependant que dans la fermentation alcoolique on veut produire la quantité la plus grande possible d'alcool. Si la fermentation alcoolique n'a pas pour but la production de l'alcool, mais la production de la levûre, il peut arriver qu'il ne se forme qu'une petite quantité d'alcool.

Les conditions suivantes doivent être remplies pour que la fermentation alcoolique se produise; il faut :

1° Une *solution aqueuse de sucre*, solution contenant 1 partie de sucre pour 4 ou 10 parties d'eau. Le sucre peut être un sucre fermentescible comme la dextrose et la lévulose, ou un sucre non fermentescible comme le sucre de canne ou le sucre de lait; dans ce dernier cas, il doit y avoir en même temps un acide ou un autre agent, qui transforme ces sucres en sucres fermentescibles;

2° La *présence de la levûre*, des champignons ou des spores. Dans le premier cas, on admet que 1 partie de levûre pour 5 parties de sucre est suffisante pour produire une fermentation vive et normale. Si la fermentation doit être produite par des spores (*fermentation spontanée*), les conditions du développement des spores — corps protéiques et phosphates alcalins et terreux, — doivent être réalisées. Si par conséquent *il n'y a pas de levûre*, il faut ajouter aux conditions de la fermentation alcoolique :

3° L'*air atmosphérique*, en tant que celui-ci fournit les germes nécessaires pour provoquer la fermentation;

4° Une certaine température comprise entre 5° et 30°. La fermentation

alcoolique a lieu cependant entre 9° et 25°. Plus la température est basse, plus la fermentation est lente, et réciproquement. A une température plus élevée que 30° la fermentation alcoolique se change facilement en d'autres espèces de fermentation, en la fermentation butyrique notamment.

La levûre a, comme toutes les plantes, besoin, pour croître et se multiplier, du concours de l'oxygène libre; à l'abri du contact de l'air, en dehors de l'oxygène libre, la levûre ne peut pas se développer dans le liquide qui doit la nourrir. *Pasteur* avance que la levûre peut prendre pour son accroissement, au lieu de l'oxygène libre, l'oxygène combiné aux composés riches en ce corps simple, au sucre, par exemple; cette opinion, de même que la théorie de la fermentation à laquelle elle sert de base, ne peuvent guère être admises, parce que les expériences de *Brefeld* ont démontré que les cellules de levûre, s'accroissant en dehors du contact de l'oxygène libre, ne produisent pas la fermentation alcoolique dans des solutions sucrées, la levûre tombe alors peu à peu dans un état pathologique particulier et ne s'accroît plus. Dans des conditions appropriées la levûre s'accroît donc avec une nourriture normale sans provoquer de fermentation; d'un autre côté, il est démontré que la fermentation a lieu sans que la levûre croisse. L'accroissement de la levûre et la fermentation doivent par conséquent être considérés comme des phénomènes indépendants. La production de levûre par ensemencement doit par conséquent avoir lieu en présence d'une abondante quantité d'air, la fermentation, au contraire, en présence d'une quantité d'air aussi faible que possible et d'un ferment suffisamment sain et énergétique¹.

Industries basées sur la fermentation alcoolique. — Les quatre industries qui reposent sur la fermentation alcoolique sont :

La *préparation du vin*, dans laquelle on cherche à transformer en alcool et en acide carbonique seulement une partie du sucre. L'alcool n'est pas séparé du liquide fermenté. La plus grande partie de l'acide carbonique se dégage. Une petite portion de celui-ci reste dans le liquide et est nécessaire à sa conservation. Dans la fermentation sous pression une partie de l'acide carbonique formé est absorbée par le liquide et elle se dégage lorsque la pression cesse, en produisant de la mousse (vins mousseux).

La *préparation de la bière*, dans laquelle la substance qui produit l'alcool est généralement de l'amidon; une partie de celui-ci se transforme en dextrine non fermentescible; une autre partie, la plus grande, se convertit en dextrose, dont la décomposition a lieu au milieu d'une fermentation énergétique. Une petite portion de la dextrose est réservée; elle sert pour l'entre-

¹ [Un autre physiologiste allemand, *Traube*, repousse également l'idée que la levûre puisse vivre au moyen du sucre en l'absence de l'oxygène libre; en France, plusieurs savants se sont aussi élevés contre la théorie de *Pasteur*. Cette divergence d'opinions a donné lieu à une discussion dans laquelle *Pasteur* s'est efforcé de montrer que les expériences qui semblent contredire sa manière de voir sont tout à fait inexactes, et il maintient toujours cette opinion, que la fermentation est la conséquence de la vie sans gaz oxygène libre. Voy., pour plus de détails, *Moniteur scientifique*, année 1876, p. 358, 440, 878 et 979.]

tien de la fermentation complémentaire, qui est rendue aussi lente que possible par un abaissement de température et qui, par suite du dégagement d'acide carbonique qui en résulte, rend la bière susceptible de se conserver. De même que pour le vin l'alcool n'est pas séparé du liquide fermenté.

Tandis que dans la préparation de la bière on ne transforme en dextrose qu'une partie de l'amidon employé comme matière première et qu'on ne convertit que peu à peu la dextrose en alcool et en acide carbonique, dans la *fabrication de l'alcool*, on a au contraire pour but de produire dans le moins de temps possible avec la matière donnée — amidon ou sucre — la plus grande quantité possible d'alcool, qui est séparé par distillation du liquide fermenté. Le but de la préparation du vin est toujours de produire du vin, celui de la préparation de la bière de fabriquer de la bière ; dans la fabrication de l'alcool, au contraire, il arrive souvent que la production des résidus de distillation comme engrais pour le bétail occupe le premier rang, et ces résidus constituent le produit principal, tandis que la production de l'alcool se trouve reléguée au second rang et ce liquide n'est alors que le produit secondaire. La fabrication de l'alcool est souvent un moyen employé dans le but de préparer un engrais concentré.

La *préparation du pain* appartient aussi sous un certain rapport aux industries basées sur la fermentation, en tant qu'il se produit une fermentation pendant que la pâte lève. Seulement dans ce cas l'alcool n'est pas pris en considération, on ne tient compte que de l'acide carbonique, dont la production est le but de la fermentation produite par de la pâte aigre ou levain.

Dans les industries qui précèdent on se propose de produire de l'alcool ou de l'acide carbonique, ou les deux corps à la fois. Mais le but de la fermentation alcoolique peut être de former de la levûre, et dans ce cas c'est à peine si l'on tient compte de l'alcool produit, d'autant plus que la levûre, comme l'ont montré les travaux de *O. Brefeld*, croît dans certaines conditions avec une nourriture normale sans produire de fermentation. Pour cette raison la *fabrication de la levûre* se rattache aux industries qui reposent sur la fermentation alcoolique.

PRÉPARATION DU VIN, DU CIDRE ET DU POIRÉ.

A. — PRÉPARATION DU VIN.

Sous le nom de *vin*, on comprend, dans le sens le plus strict du mot, un liquide alcoolique, qui a été obtenu par fermentation spontanée du jus de raisin et sans distillation. Dans une acception plus générale, on met au nombre des vins tout liquide alcoolique produit par fermentation d'un jus de fruits (pommes, poires, etc.).

La vigne et le raisin. — La *vigne*, plante de la famille des sarmentacées, ne croît ni dans la zone glaciale, ni dans zone tropicale, et elle ne se développe dans la zone tempérée que dans certaines conditions, qui se

rattachent au climat et à la qualité du sol. En général, elle prospère sur le continent européen jusqu'au 50^{me} degré de latitude nord et, cultivée dans des conditions particulièrement favorables, elle donne encore du vin potable jusqu'aux 51^{me} et 52^{me} degrés (Saxe et Silésie). Elle exige une température annuelle moyenne de 10 à 11° et une température moyenne estivale de 18 à 20°. La température annuelle n'offre pas une importance aussi grande que la température estivale, parce que la formation du sucre s'effectue sous l'influence simultanée de la chaleur de l'été et de la lumière solaire. Un climat avec des hivers rigoureux et des étés chauds est, par conséquent, plus favorable pour la culture de la vigne qu'un climat avec des hivers et des étés tempérés. L'Angleterre avec une température annuelle de 11° est par suite tout à fait impropre à la culture de la vigne. La manière dont se comporte le temps pendant l'année exerce une grande influence sur la qualité du vin : pendant la période de croissance, c'est l'humidité qui est la condition la plus favorable, tandis que pendant la maturation, c'est la chaleur solaire.

La vigne croît dans presque tous les sols, en tant que ceux-ci contiennent la quantité de potasse nécessaire à la végétation du cep; une terre chaude et légère est le sol qui lui convient le mieux, un sol siliceux lui convient moins et une terre lourde et humide avec sous-sol humide est celle qui lui convient le moins. La vigne réussit particulièrement dans les terrains formés de roches feldspathiques désagrégées (granit, syénite, gneiss), et dans les sols volcaniques. Le schiste argileux, la marne argileuse, le gypse et les sols calcaires et crayeux sont très-favorables à la culture de la vigne.

Les applications du raisin sont extrêmement variées : outre qu'il sert pour la préparation du moût et du vin, il est employé en nature comme aliment; il sert aussi pour la préparation du sucre de raisin véritable, de l'eau-de-vie française (cognac), du vinaigre de vin, etc. Le marc de raisins sert pour la préparation de l'huile de marc, les pépins pour la fabrication d'une autre huile, la lie de vin pour la préparation de la potasse et de l'acide tartrique. Les raisins préparés par dessiccation, de manière qu'ils puissent se conserver pendant longtemps, portent le nom de *raisins de Damas* et de *raisins de Corinthe*.

[**Production du vin.** — D'après les statistiques établies sur une année moyenne, avant l'apparition du phylloxera, il était récolté annuellement dans toute l'Europe 157 millions d'hectolitres de vin, ainsi répartis :

France.	70 millions d'hectolitres ¹		
Italie.	30 —	—	
Espagne	20 —	—	
Autriche-Hongrie	20 —	—	
Portugal	5 —	—	
Turquie et Russie mérid.	2 —	—	

¹ [Depuis 1875, la production a subi une diminution considérable; le phylloxera fait des ravages si effrayants sur les vignobles du Midi que certains départements ont renoncé tout à fait à la culture de la vigne. La récolte totale des vins, qui était en 1875 de 83 millions

La France, comme on le voit, fournit à elle seule plus de la moitié de la récolte totale de l'Europe : mais ce n'est pas seulement au point de vue de la quantité qu'elle est supérieure aux autres pays, les vins français occupent en effet le premier rang relativement à la qualité. Si l'on excepte certains crus d'Italie, d'Espagne et de Portugal, dont le rendement total ne dépasse pas 2 ou 3 millions d'hectolitres, les vins des autres pays ont un goût désagréable et ne peuvent guère pour la plupart être employés qu'à des usages industriels, tandis que les vins français peuvent être consommés directement et servir à des emplois des plus variés.

La production de la France est répartie d'une manière très-inégale sur le territoire. La plus abondante se trouve dans les départements situés le long du littoral de la Méditerranée ; elle ne s'élève pas à moins de 25 millions d'hectolitres. A côté de ces vins, connus sous le nom de vins du Midi, se trouvent les vins plus délicats du Bordelais, dont la production se centralise dans le département de la Gironde et les départements voisins et dont la récolte dans les années moyennes ne dépasse pas 15 millions d'hectolitres. Au-dessus du Bordelais, on rencontre les importants vignobles des Charentes, avec une production à peu près égale. Entre les Charentes et le Midi s'étendent un grand nombre de départements centraux qui produisent des vins plus légers que les vignobles de l'Hérault, mais moins estimés que ceux de la Gironde. Le rendement total de cette région est d'environ 7 à 8 millions d'hectolitres. Enfin, dans les régions de l'Est, depuis la Lorraine jusqu'au Dauphiné, se trouvent les deux crus de la Champagne et de la Bourgogne. Celle-ci ne produit pas plus de 6 millions d'hectolitres, mais ce sont des vins de premier choix et d'un prix élevé. Quant à la Champagne, la récolte n'y dépasse pas sensiblement ce chiffre.

Sur les 70 millions d'hectolitres de vin produits en France, 3 millions seulement sont exportés, mais ce sont des vins d'excellente qualité et d'un prix considérable. Les vins ordinaires sont consommés dans le pays sous deux formes différentes : les trois quarts environ sont bus à l'état naturel et le reste est employé pour la fabrication de l'eau-de-vie. La consommation totale des vins, répartie sur la population, donne pour chaque habitant une moyenne de 180 litres par an ; mais il existe sur ce point d'énormes différences entre les diverses régions : ainsi, tandis que dans la Bretagne et dans le Nord la consommation par habitant n'est que de 5 à 10 litres, elle atteint au contraire dans l'Hérault le chiffre de 487 litres.]

Récolte du raisin. — La formation du sucre dans les raisins commence de bonne heure, et à mesure que la teneur en sucre augmente, l'acide

d'hectolitres, est tombée, en 1876, à 43 millions, mais elle s'est un peu relevée en 1877 et a atteint le chiffre de 56 millions. On a bien indiqué plusieurs agents chimiques (notamment le sulfocarbonate de potassium et le sulfure de carbone) pour la destruction du phylloxera, mais jusqu'à présent leur emploi n'a pas donné de résultats pratiques, et l'insecte (*Phylloxera vastatrix*), auteur de ces désastres, continue à se propager d'une manière effrayante ; il a paru dans le Bordelais, dans les Charentes ; sa présence a été signalée récemment aux environs de Vendôme, et quelques parties de la Bourgogne en sont déjà atteintes.]

diminue. A cette exception près, les éléments minéraux éprouvent une augmentation toujours croissante. Les analyses effectuées par C. Neubauer (1868), sur des raisins du Neroberg, près de Wiesbaden, ont donné les résultats suivants :

27 juillet	0,6	0/0	de sucre et	2,7	0/0	d'acide libre.
9 août	0,9	—		2,9	—	
17 août	2,3	—		2,8	—	
28 août	8,2	—		1,9	—	
7 septembre	11,9	—		1,2	—	
17 septembre	18,4	—		0,95	—	
28 septembre	17,5	—		0,8	—	
5 octobre	16,9	—		0,8	—	
12 octobre	18,6	—		0,9	—	
22 octobre	17,9	—		0,6	—	

Comme les raisins renferment d'autant plus de sucre qu'ils sont plus mûrs, et qu'ils donnent un vin d'autant plus riche en alcool qu'ils renferment plus de sucre, la *récolte des raisins* (les vendanges) ne doit avoir lieu que lorsque les baies sont aussi mûres que possible. La maturité se reconnaît à ce que les baies des raisins blancs ne sont pas vertes du côté exposé au soleil, mais qu'elles sont devenues jaune-brunâtre et transparentes, et les raisins rouges et bleus, lorsqu'ils sont mûrs, paraissent noirs. A ce moment, les deux espèces commencent à se flétrir, les pépins se séparent facilement de la chair et les pédoncules brunis sont fanés et se détachent facilement de leur point d'insertion. [En France, les vendanges se font du 8 au 20 septembre dans les départements du Midi, du 20 au 30 septembre dans ceux du Centre, et au commencement d'octobre dans la région plus au Nord. Pour faire certains vins, comme le muscat de Rivesaltes, celui de Tokay, les vins liquoreux d'Espagne, on laisse le raisin se faner sur le cep; à Arbois et à Château-Châlon (Jura) on ne vendange qu'à la fin de décembre.]

Les raisins sont ou ne sont pas égrappés. L'*égrappage* (ou dérapage) s'effectue soit avec la main seule, soit avec une claie d'osier, dont les interstices sont larges de 18 à 20 millimètres, et à travers lesquels on laisse tomber les baies détachées dans une cuve sous-jacente, ou bien à l'aide de la râpe, qui est une grille en bois ou en laiton, dont les barreaux sont à angle aigu en dessous, et entre lesquels se trouvent des intervalles qui peuvent laisser passer les baies et non la rafle, ou enfin à l'aide d'une fourche consistant en un morceau de bois long de 0^m,50 à 0^m,60, qui en son milieu se partage en trois doigts. Les rafles contiennent beaucoup d'acide tannique, aussi doit-on généralement recommander de séparer toutes les baies de leur pédicule avant de les écraser, même pour les vins rouges, afin que ceux-ci soient plus moelleux et puissent être bus plus vite. Dans quelques cas isolés, lorsque les baies renferment trop peu d'acide tannique et trop d'éléments muqueux, on doit conseiller de ne pas séparer les baies de la rafle; les vins se clarifient alors plus facilement et plus rapidement, et se conservent mieux.

Pressage des raisins. — Les baies encore adhérentes aux rafles ou séparées de celles-ci sont écrasées; elles sont ainsi ouvertes et le jus qu'elles

renferment est mis en liberté. Ordinairement, on commence d'abord par les écraser et ce n'est que plus tard qu'on les presse. L'écrasage ou foulage, pratiqué quelquefois immédiatement dans la vigne elle-même, s'effectue dans une cuve, par foulage avec un pilon de bois, au moyen de meules ou à l'aide des pieds. Une disposition très-convenable pour le foulage des raisins est une machine à presser, composée de deux cylindres cannelés, placés à une certaine distance l'un de l'autre, que l'on peut faire tourner en sens contraire à l'aide d'une manivelle. Si l'on veut séparer immédiatement le jus obtenu (*moût*) des rafles, des pépins et des pellicules, on emploie une cuve percée de trous au fond et sur les côtés, dans laquelle restent les rafles et les pellicules, lorsque le jus s'est écoulé. La cuve à fouler peut être disposée au-dessus de la cuve à fermentation. Il faut faire attention à ce que toutes les baies soient ouvertes et écrasées, afin de mettre tout le jus en liberté et de le disposer à entrer en fermentation spontanée. Si le moût doit fermenter sur les rafles et les pellicules, on laisse le tout ensemble et l'on ne sépare le jus des rafles que lorsque la fermentation est plus ou moins avancée. Lorsque le jus a fermenté seul, le moût donne un vin moins coloré, d'une saveur plus franche, mais se conservant moins bien. Si on laisse fermenter le moût avec les pellicules, le vin se charge, lorsque les raisins sont bleus et rouges, d'une couleur rouge et des éléments aromatiques qui sont contenus dans les pellicules et qui se dissolvent, pendant la fermentation, sous l'influence de l'alcool produit; un tel vin est beaucoup plus tôt potable, parce que l'acide tannique cède au liquide par les pépins produit une séparation beaucoup plus rapide des corps protéiques qui troublaient le vin. On obtient le même résultat, si l'on mélange la totalité ou seulement une partie des rafles pressées avec le moût en fermentation.

Les *pressoirs* sont construits très-différemment; un appareil ordinairement employé, mais n'offrant pas une disposition convenable, est le *pressoir à arbre*, dans lequel la pression est produite au moyen d'une longue barre (d'un levier); fréquemment cette barre a une longueur de 12 à 16 mètres, et elle se compose de 4 ou 6 madriers de chêne. Ces pressoirs exercent une pression très-considérable, mais ils travaillent avec une très-grande lenteur, et ils sont malpropres et peu commodes. Le *pressoir à levier*, dans lequel la barre qui produit la pression est abaissée par un levier, est, il est vrai, plus simple que la presse à arbre, mais aussi moins énergique. Dans le *pressoir à chariot*, usité en Hongrie, la pression est produite par un chariot chargé de pierres. La caisse du pressoir elle-même est formée de quatre planches percées de trous, entre lesquelles la pression est exercée, non pas comme dans une presse à vis ou dans une presse à cartes à l'aide d'une tige à vis, mais au moyen d'une traverse qui, par son extrémité postérieure, s'appuie entre deux chevilles de bois, mais dont l'extrémité antérieure s'élève un peu au-dessus du chariot chargé de pierres. Les *pressoirs à vis*, qui sont mus par un long levier, sont en bois ou mieux en fonte; un des meilleurs pressoirs de ce genre est celui de *Orthlieb*, dans lequel le corps à presser est disposé sous forme d'une longue colonne, parce que

dans cette position il se laisse écraser beaucoup plus facilement, et l'écoulement du jus, de dedans en dehors, peut avoir lieu par la voie la plus courte. [Dans le pressoir en usage dans le pays de Cognac, la pression est effectuée au moyen d'un disque de bois épais que l'on fait mouvoir dans une cuve sur une tige centrale filetée, en tournant une manivelle ; la transmission du mouvement de celle-ci au disque s'effectue à l'aide d'engrenages coniques et de roues dentées ; on obtient avec cet appareil une pression considérable. La *presse à percussion* de Révillon, de Mâcon, se compose d'une grande caisse horizontale en bois fermée aux deux bouts par des plateaux mobiles, qu'on peut approcher ou éloigner l'un de l'autre au moyen de vis engagées dans des écrous fixes et munies extérieurement de grandes roues destinées à les mettre en mouvement ; entre les planches qui forment les parois inférieure, supérieure et latérale de la boîte, on a laissé des espaces suffisants pour permettre la sortie du jus des raisins pressés entre les plateaux.]

100 parties en poids de raisins donnent de 60 à 70 parties en poids de moût. Ce qui s'écoule en premier lieu dans le pressoir est le jus des raisins les plus mûrs ; la partie qui s'écoule plus tard sous une pression plus forte est toujours plus riche en acide et en tannin, provenant soit des baies non mûres, qui ne sont écrasées que maintenant, soit aussi des rafles et des pellicules. D'après cela, on distingue le *vin goutte* (mère-goutte), le *vin de pressurage*, le *vin de marc* (piquette), etc. Les résidus du pressage, le *marc*, qui contiennent encore, outre l'acide tartrique et le tannin, des substances qui forment le bouquet, sont arrosés avec un peu d'eau et pressés de nouveau ; on obtient ainsi une espèce de petit vin — *piquette*. Depuis quelque temps, on arrose le marc, d'après le procédé de Pétiot, avec de l'eau sucrée, et on laisse celle-ci fermenter sur le marc ; le liquide vineux ainsi obtenu se nomme *vin d'eau sucrée*, *vin pétiotisé* ou, d'après Maumené, *vin raisin-sucréux* (voy. plus loin).

Extraction du jus des raisins avec les machines centrifuges. — En 1862, v. Steinbeis, de Stuttgart, et Reihlen, ont proposé d'employer la *machine centrifuge* (à la place du pressoir) pour l'extraction du jus des raisins. Des expériences en grand ont montré que l'on peut, à l'aide d'une machine centrifuge (turbine), séparer en moût et en marc de 50 à 60 kilogrammes de raisins dans l'espace de 8 ou 10 minutes (y compris le chargement et le déchargement de l'appareil). Les expériences comparées effectuées en 1869 par Balard et Alcan, sur le turbinage et le pressurage du jus, ont donné les résultats suivants :

	Turbine.	Pressoir.
Moût.	79,141	77,086
Marc.	20,214	18,601
Perte.	0,645	4,513

Par conséquent, au moyen de la turbine, le jus peut être séparé au moins tout aussi complètement, et dans tous les cas beaucoup plus rapidement qu'à l'aide du pressoir.

Éléments chimiques du moût. — Le raisin se compose des rafles, des pellicules, des pépins et du jus. Nos connaissances sur la composition de toutes ces substances, excepté seulement le jus du raisin, sont encore incomplètes. On sait seulement que les rafles contiennent, outre la cellulose, beaucoup d'acide tannique et un acide à saveur fortement acide, que dans les pellicules se trouve la matière colorante des raisins, avec de petites quantités d'acide tannique, qu'enfin les pépins renferment, indépendamment d'une grande quantité d'un tannin particulier, une grande proportion d'une huile grasse (huile de raisins), dont les acides gras, combinés avec des éthers, contribuent à la formation du bouquet du vin. D'après *Erlenmayer*, on trouve dans le jus de raisin une petite quantité d'acide glycolique, ainsi qu'un peu d'inosite, suivant *Lindonborn* (1867) et *A. Hilger*, d'Erlangen (1871).

Richesse en sucre des raisins. — Les baies des raisins sont de toutes les espèces de fruits celles qui renferment le plus de sucre ; la teneur en sucre, — mélange de dextrose et de lévulose, — s'abaisse rarement au-dessous de 12 pour 100, mais elle s'élève aussi quelquefois jusqu'à 26 ou 30 pour 100. La proportion de l'acide par rapport à celle du sucre est, d'après *Fresenius*, dans les bonnes années, et pour les bonnes espèces, comme 1 : 29, mais dans les années moyennes, et pour les espèces médiocres, elle est comme 1 : 16. Si la proportion entre l'acide et le sucre est encore moins favorable, par exemple, comme 1 : 10, les raisins ne sont pas mûrs et ont une saveur acide. La grande richesse en sucre et cette circonstance que l'acide du jus de raisin est fourni en majeure partie par du bitartrate de potassium, qui avec le temps se sépare presque entièrement du vin sous forme de tartre, rendent le raisin beaucoup plus propre à la préparation du vin que tout autre fruit, et, en outre, les éthers qui se forment pendant la fermentation surpassent tous les autres par la suavité de leur odeur. La proportion entre l'acide et le sucre du moût d'une seule et même espèce de raisin caractérise mieux les années que toute autre indication : ainsi des raisins Sylvain ont offert, d'après *Fresenius* :

Dans l'année très-peu abondante de 1847.	la proportion	1 : 12
— la meilleure année de 1854.	—	1 : 16
— la bonne année de 1848.	—	1 : 24

Le jus du raisin ou le moût (*Al. Classen*, 1869, a obtenu pour chaque kilogramme de baies mûres de 557 à 688 grammes de jus) contient toutes les parties solubles renfermées dans les baies et il est rendu trouble par les particules végétales qui s'y trouvent en suspension. Un litre de jus de raisin contient :

Eau	860 à 830 gr.
Sucre (dextrose et lévulose).	150 à 300
Autres substances (pectine, gomme, substances extractives, substances protéiques, acides organiques et substances minérales).	50 à 30
	<hr/>
	1040 à 1150 gr.

D'après une analyse de *Al. Classen*, 1,000 parties de jus de raisins mûrs (du Rhin) contenaient (année 1868) :

	1.	2.	3.
Éléments solides.	164,4	189,7	204,6
Sucre	149,9	162,4	174,0
Acide libre.	7,2	6,8	4,8
Cendre.	2,7	3,0	4,0

Dans 100 parties de cendre il y avait :

	1.	2.	3.
Acide phosphorique	10,6	10,1	14,0
Potasse.	64,2	66,5	71,4
Magnésie.	4,7	2,8	2,6

Comme exemple de la composition du moût, nous citerons les analyses suivantes effectuées par *C. Neubauer* (1868) :

	Riesling de Neroberg.	Raisin de choix de Steinberg.
Degrés du pèse-moût	95	115
Sucre.	18,06	24,24
Acide libre	0,42	0,43
Corps albumineux	0,22	0,18
Éléments minéraux (potasse, acide phosphorique, etc.).	0,47	0,45
Acides organiques combinés et principes extractifs.	4,17	3,92
Somme des éléments dissous	23,28	29,22
Eau.	76,72	70,78
	100,00	100,00

Fermentation du jus de raisin. — La fermentation du jus de raisin est spontanée, c'est-à-dire qu'elle s'effectue d'elle-même par la seule exposition du jus au contact de l'air, sans qu'on ait besoin d'ajouter de levûre. Les substances albuminoïdes du moût produisent, avec le concours des spores de certains champignons ferments qui se trouvent à la surface des raisins et dans l'atmosphère, des cellules de levûre dont la formation est la cause du trouble qui ne tarde pas à se manifester dans le moût. Dès que la levûre apparaît, la fermentation commence et dans la plupart des cas elle se continue avec une température convenable jusqu'à ce que la fermentation principale soit achevée. La fermentation peut être arrêtée par un abaissement de température, par l'acide sulfureux, ainsi que par certaines combinaisons du soufre, comme, par exemple, par le sulfocyanure d'allyle contenu dans les graines de moutarde et enfin par l'acide salicylique. Comme on l'a déjà mentionné, on laisse fermenter le jus exprimé soit seul, soit avec le marc, soit enfin avec le marc et les rafles. La fermentation vineuse est une fermentation avec dépôt et elle commence à 10 ou 15°. On distingue trois périodes dans la fermentation, savoir :

a. La première ou fermentation principale, qui en général est achevée en 3 ou 4 semaines;

b. La seconde ou fermentation complémentaire (fermentation insensible), qui dure jusqu'au printemps;

c. La troisième, qui dure jusqu'à ce que le vin soit complètement fait.

La fermentation s'effectue d'autant plus uniformément et plus sûrement que la quantité du liquide en fermentation est plus grande; les vases à fermentation sont des cuves en bois ou en pierre ou en terre cuite; les cuves en bois exigent, il est vrai, une plus grande dépense pour leur entretien, et elles sont influencées d'une manière fâcheuse par la sécheresse et l'humidité, mais elles conduisent moins facilement la chaleur et elles sont d'un usage presque général en France et en Allemagne. Les cuves sont ouvertes ou fermées. Lorsque le moût est préparé sans marc ni rafles, la fermentation s'établit peu à peu à 9 ou 12°, et au bout de 4 ou 5 jours elle est en activité; le moût se trouble et de l'acide carbonique se dégage avec formation d'une couche d'écume hémisphérique, appelée le *chapeau*, dont l'épaisseur est d'autant plus faible que la fermentation s'effectue plus lentement. En même temps le liquide en fermentation prend une odeur alcoolique et le moût perd la saveur sucrée qu'il avait au début. Vers le septième jour, les phénomènes de la fermentation deviennent moins intenses, et au bout de 10 ou 14 jours le liquide commence à se clarifier, le dégagement de l'acide carbonique cesse et le chapeau s'affaisse. La levûre produite pendant la fermentation s'est déposée au fond du vase et le vin nouveau, qui a subi la fermentation principale, éprouve dans les tonneaux la fermentation complémentaire.

Suivant l'opinion de *O. Brefeld*, d'après laquelle (voy. page 159) la levûre peut dans certaines circonstances croître sans provoquer de fermentation, et la fermentation se déclarer sans production de levûre, les cuves ouvertes sont nuisibles; il considère aussi comme irrationnel l'aération du moût fréquemment pratiquée dans ces derniers temps, parce que la levûre (sans l'aération du moût) suffit parfaitement pour produire la formation complète du vin; l'aération du moût consiste à mettre ce liquide en mouvement à l'aide d'une roue à palettes ou du *fouet à moût de Babo*, de façon que l'air le traverse pendant longtemps en se mettant en contact avec lui aussi intimement que possible. [L'emploi des cuves ouvertes présente d'ailleurs différents inconvénients: si l'atmosphère est sèche, le chapeau se dessèche, l'air le pénètre, et il se forme de l'acide acétique, et, quand on le foule ou qu'on le plonge, comme cela se fait quelquefois lorsque la marche de la fermentation se ralentit, et surtout lorsque celle-ci a lieu sur le marc et les rafles, il communique au vin une tendance à devenir aigre. Si l'air est humide, le chapeau s'imprègne d'eau, il se développe une fermentation putride et des moisissures, et ce chapeau, si l'on vient à l'immerger dans le vin, ne pourra produire que de mauvais effets. Enfin, si la température varie, la durée de la fermentation variera également. Avec les cuves fermées presque tous ces inconvénients disparaissent, mais elles ne per-

mettent pas aisément le foulage du chapeau, que du reste on peut éviter, aussi bien dans les cuves ouvertes que dans les cuves fermées, en procédant comme l'indique *Maumené* : au moyen de filets de cordes, maintenus par des crochets renversés fixés à l'intérieur de la cuve, on partage celle-ci suivant sa hauteur en plusieurs compartiments ; de cette façon le chapeau ne peut jamais se former d'une seule masse, il s'en fait un sous chaque filet ; chacun d'eux est alors d'une faible épaisseur et ne s'oppose pas sensiblement aux mouvements du vin.]

Décuvage et soutirage du vin. — Lorsque sous l'influence de la fermentation principale la plus grande partie du sucre du moût a été transformée en alcool et en acide carbonique, il se produit dans le liquide en fermentation un abaissement de température qui, conjointement avec l'augmentation de la teneur en alcool, ralentit la fermentation, de telle sorte qu'il n'est pas possible d'observer sûrement le moment où celle-ci est complètement terminée. Cette deuxième fermentation, qui se manifeste après la fermentation tumultueuse, se nomme *fermentation complémentaire*. Si l'on attendait que celle-ci fût complètement terminée dans les cuves à fermentation, le vin s'aigrirait infailliblement, parce que maintenant, contrairement à ce qui avait lieu pendant la fermentation tumultueuse, le vin n'est plus protégé contre l'action de l'air par une couche d'acide carbonique. Dès que le dégagement de l'acide carbonique n'est plus qu'à peine perceptible et que la température du liquide en fermentation est descendue à peu près au degré de celle du local où s'effectue la fermentation, on introduit le vin dans des tonneaux, où a lieu la fermentation complémentaire, sans que l'on ait à craindre la formation d'acide acétique. Le marc n'est pas introduit dans les tonneaux. Ceux-ci sont remplis jusqu'à la bonde, que l'on ne bouche qu'incomplètement.

[Au lieu de laisser le tonneau ouvert, il est préférable de le fermer avec une bonde hydraulique ou à soupape, qui laisse dégager l'acide carbonique sans mettre le liquide en contact avec l'air ; la bonde de *Sébille-Auger*, qui se recommande par sa grande simplicité, consiste en une bonde de bois ordinaire percée à son centre d'un trou évasé supérieurement, où se loge une soupape en os ; celle-ci est guidée par une bride en fer étamé fixée sur la partie supérieure de la bonde et est maintenue par un ressort ou par un bout de tube de caoutchouc, comme dans le dispositif *Maumené* ; sous l'effort de l'acide carbonique, la soupape se soulève, laisse échapper le gaz et retombe immédiatement, sans permettre la rentrée de l'air extérieur.]

Tous les jours ou tous les deux jours on achève de remplir (on *ouille*), afin que le tonneau reste toujours plein. On préfère pour la fermentation complémentaire les grands tonneaux aux petits, non-seulement parce que de grandes masses de liquide fermentent plus facilement et plus uniformément, mais encore parce que les grands tonneaux offrent proportionnellement moins de surface à l'action de l'oxygène atmosphérique. Pendant la fermentation complémentaire il se dépose sur les parois internes des tonneaux du tartre et de la levûre : celui-là sous forme cristalline et celle-ci sous forme d'une

masse spongieuse, désignée sous le nom de *lie*, de laquelle le vin doit être séparé par *soutirage*, dès que la fermentation complémentaire est terminée. Suivant les conditions climatologiques et l'usage, on soutire le vin dans les tonneaux où il doit être conservé en février ou en mars, quelquefois même dès la fin de décembre. Quelquefois le vin reste même pendant un an sur la lie avant d'être soutiré.

Pendant que le vin reste dans les tonneaux où on le conserve, il se produit encore une sorte de fermentation complémentaire (troisième fermentation) et le vin s'améliore, non-seulement parce que sous l'influence de la fermentation la richesse alcoolique augmente un peu, mais encore parce que les éléments du vin, aux dépens desquels se développe le bouquet, réagissent les uns sur les autres, et en outre le vin se clarifie par la précipitation de toutes les particules de levûre qu'il tenait en suspension et il se dépose encore du tartre. Dans certains vins, l'acide libre augmente quand ils sont dans les tonneaux et sous l'influence de l'ouillage; ce phénomène se produit quelquefois d'une manière assez prononcée pour que le vin ne puisse pas être employé. Les vins les moins fins sont, après avoir été conservés dans les tonneaux, soutirés dans des barriques, qui ont été préalablement soufrées; les meilleures espèces de vins sont mises en bouteilles, que l'on bouche bien et que l'on conserve couchés.

Composition du vin. — Le vin contient presque tous les éléments du moût et les produits de sa décomposition partielle; comme éléments caractéristiques du vin qui ne se trouvent pas dans le moût, on rencontre l'alcool, les principes odorants, l'acide succinique et la glycérine. La fermentation du vin est complètement terminée et tout le sucre décomposé, dans lequel cas on obtient des vins *secs* ou *acides*, ou bien il y a encore dans le vin une partie du sucre non décomposée, parce que la fermentation n'a pas pu s'achever, soit par suite de manque d'eau ou de substances albumineuses, soit à cause d'une température trop basse. Ces derniers vins se nomment *vins doux* ou *sucrés*, les vins sucrés et en même temps sirupeux sont appelés *vins de liqueur*. Les vins sucrés artificiels sont obtenus par évaporation partielle du moût (*vins cuits*), par mélange du moût avec environ 20 % d'alcool, par traitement à l'aide de l'acide sulfureux ou par addition de sucre. Lorsque le vin a fermenté avec les pellicules des raisins bleus et rouges, il se charge de la matière colorante contenue toute formée dans les pellicules ou qui n'a pris naissance que pendant la fermentation, et il se nomme, s'il est coloré en rouge, *vin rouge*, s'il est rouge clair, *vin clair*, et s'il n'est que rougeâtre, *vin paillet*. On fabrique maintenant par la méthode de *Pétiot* (voy. plus loin) beaucoup de vin rouge, dont on rehausse la couleur avec des baies de myrtille, des fleurs de mauve ou des baies de sureau et de l'alun; sa teneur trop faible en matière tannante est aussi corrigée par une addition de tannin. Le vin obtenu à l'aide d'un chauffage artificiel et de la fermentation plus rapide qui en résulte est désigné sous le nom de *vin chauffé*; le vin jeune est appelé *vin nouveau* (dans la première année vin doux), et l'on nomme *vin vieux* celui qui est préparé depuis plusieurs années. L'odeur

agréable du vin constitue ce que l'on appelle son *parfum* ou son *bouquet*; le bouquet, qui diffère avec chaque espèce de vin, ne se développe que pendant la fermentation. Lorsque le vin est riche en alcool et en principes extractifs, on dit *qu'il a du corps*; s'il contient beaucoup d'alcool et de substances étherées, on dit qu'il est fort.

La composition moyenne du vin est la suivante :

Dans 1,000 parties il y a :

Eau	900 à 891	
Alcool (ordinaire), F.	20 à 79	
Alcools homologues (alcools propylique et butylique), F.	}	
Éthers (éther acétique, éther cœnanthique), F.		
Huiles étherées		
Sucre de raisin (dextrose et lévulose).		
Glycérine, F.		
Gomme.		
Pectine.		
Matière colorante et substance grasse.		
Corps protéiques		20 à 30
Acide carbonique, F.		
Acide tartrique et racémique.		
Acide malique.		
Acide tannique.		
Acide acétique, F.		
Acide lactique (?), F.		
Acide succinique, F.		
Sels minéraux		

Les substances désignées par *F* ne se sont produites que pendant la fermentation.

[En prenant pour base la composition chimique, *Bouchardat* partage les vins en deux grandes classes, dont l'une renferme les vins dans lesquels domine un des éléments constitutifs, et dont l'autre contient ceux où l'on n'observe la prédominance d'aucun de ces éléments. Les vins de la première classe sont *alcooliques*, *astringents*, *acides* ou *mousseux*. Les *vins alcooliques* se subdivisent à leur tour en *vins secs*, tels que le Madère et le Marsala, où l'alcool est en très-forte proportion, et en *vins sucrés*, dont les plus renommés sont le Malaga, le Bagnols, le Frontignan et le Lunel. Parmi les vins astringents, les uns sont sans bouquet comme le Cahors, et les autres avec bouquet comme l'Hermitage. La même distinction s'applique aux *vins acides*; on peut citer comme exemples les vins du Rhin, qui ont un bouquet, et ceux d'Argenteuil, qui en sont dépourvus. La catégorie des *vins mousseux*, qui sont caractérisés par le gaz acide carbonique qu'ils contiennent, comprend les vins de Champagne et leurs imitations. Les vins de la seconde classe, appelés par *Bouchardat* *vins mixtes* ou *complets*, sont ceux qui conviennent le mieux pour l'usage ordinaire. On distingue parmi ces vins des sortes sans bouquet, comme le Bourgogne et le Bordeaux ordinaires, et des variétés avec bouquet, telles que les vins de Langlade et de Saint-Georges dans les départements du sud; ceux de Clos-Vougeot et de Montrachet en Bourgogne, de Sauternes et de Château-Laroze dans le Médoc.]

La *richesse alcoolique* du vin est très-variable et elle dépend soit de la quantité du sucre qui se trouvait dans le moût, soit de la quantité des substances albumineuses qui produisent le ferment. L'alcool contenu dans le vin est l'alcool ordinaire (alcool éthylique), mais dans certaines circonstances non encore déterminées il se forme en outre pendant la fermentation du moût de petites quantités des alcools propylique et butylique. Le poids spécifique du vin ne peut pas servir pour la détermination de sa richesse en alcool, parce que de même que dans le lait, la bière et un grand nombre d'autres liquides mixtes, il se trouve dans le vin outre l'alcool, qui est plus léger que l'eau, des substances qui sont plus lourdes. Le moyen le plus simple d'arriver à connaître la quantité de l'alcool du vin consiste à *distiller* l'alcool, à déterminer la richesse alcoolique dans le produit de la distillation à l'aide du picnomètre ou de l'alcoomètre et à en déduire celle du vin.

La détermination quantitative de l'alcool du vin peut aussi être effectuée avec le *vaporimètre de Geissler* de Bonn, dans lequel la force expansive des vapeurs est mesurée par une colonne de mercure. La tension de la vapeur de l'alcool absolu est, à 78°,5, égale à une atmosphère, tandis que la vapeur d'eau n'exerce qu'à 100° une pression d'une atmosphère. Par conséquent la richesse alcoolique d'un liquide peut être mesurée par la hauteur d'une colonne de mercure qui, à une température exactement déterminée (dans le cas présent la température d'ébullition de l'eau), est soulevée par les vapeurs qui se dégagent du liquide. Les éléments non volatils du vin (principes extractifs, sucre, etc.) n'exercent aucune influence sur l'exactitude du résultat. Mais il n'en est pas de même de l'acide carbonique, qui doit être éliminé avant l'expérience, des éthers volatils et des alcools homologues de l'alcool éthylique qui se trouvent également dans le vin; de sorte que les indications fournies par le vaporimètre ne sont pas absolument exactes et ne peuvent l'être que lorsqu'il s'agit de mélanges d'eau et d'alcool éthylique¹.

L'*essai par distillation* donne de meilleurs résultats: dans ce but on soumet à la distillation un volume déterminé de vin, on ramène le produit distillé à ce volume en y ajoutant de l'eau, et du poids spécifique du liquide on déduit la richesse alcoolique du vin. [L'opération peut être exécutée d'une manière très-commode et très-exacte à l'aide de l'appareil imaginé par *J. Salleron*. Cet appareil se compose d'un ballon B (fig. 502) qui sert de chaudière et que l'on chauffe avec la lampe à esprit-de-vin A; ce ballon communique par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc D avec un serpentin contenu dans un réfrigérant en cuivre c supporté par 3 pieds. L'éprouvette L, dans laquelle on recueille le produit de la distillation, porte deux divisions: l'une a sert à mesurer le vin à essayer; l'autre, marquée 1/2, a pour but d'évaluer le volume du liquide condensé. Pour faire un essai on verse dans

¹ Voy. pour la description du vaporimètre et la manière de procéder: *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française, traduite par *L. Gautier*, p. 852.

le ballon A le vin exactement mesuré au moyen de l'éprouvette (en se servant, s'il y a lieu, de la pipette H, fig. 305), et, après avoir fermé le vase avec le bou-

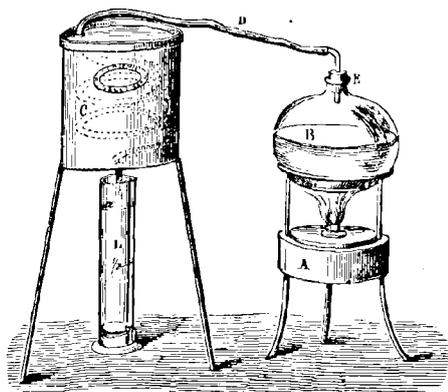


Fig. 302. — Alambic de Salleron.

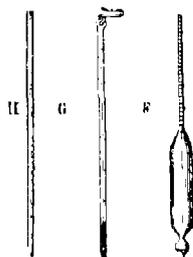


Fig. 305. — Pipette, thermomètre et alcoomètre.

chon B et versé de l'eau froide dans le réfrigérant, on procède à la distillation. . Quand on a recueilli une quantité de liquide s'élevant jusqu'au trait 1/2 de l'éprouvette L, on éteint la lampe et l'on verse de l'eau distillée dans celle-là, jusqu'à ce que le niveau s'élève exactement au trait a. On a ainsi un liquide occupant le même volume et contenant la même quantité d'alcool que le vin qu'on a distillé, et le représentant, par suite, exactement au point de vue de la richesse spiritueuse. On agite le mélange et l'on y plonge simultanément un aréomètre F (fig. 305), dont les indications se rapportent à celles de l'alcoomètre de *Gay-Lussac*, et un thermomètre G ; on note les indications des deux instruments, et on cherche dans le tableau ⁴ qui accompagne l'appareil quelle est la force réelle du liquide.]

L'ébullioscope de *Tabarié* (fig. 304) est aussi quelquefois employé pour la détermination de l'alcool du vin. L'eau bout à $+ 100^{\circ}$ sous la pression barométrique de 760 millimètres, l'alcool à $+ 78^{\circ},3$. Par conséquent le point d'ébullition d'un liquide alcoolique se rapprochera d'autant plus du nombre $78^{\circ},3$ que le liquide sera plus riche en alcool. Pour opérer avec l'ébullioscope de *Tabarié*, on introduit le vin à essayer dans le vase CC', sur lequel est soudé l'entonnoir EH faisant fonction de couvercle ; le liquide est chauffé à l'aide de la lampe L. Les vapeurs qui se dégagent chauffent le thermomètre U', et la richesse alcoolique est indiquée par la hauteur de la co-

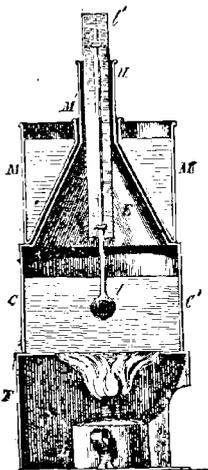


Fig. 304. — Ébullioscope de Tabarié.

⁴ Voy. P. Bolley; loc. cit., p. 825 et 1076.

bonne mercurielle. Le vase MM' rempli avec de l'eau froide est destiné à empêcher les vapeurs de se dégager trop vivement. Si le point d'ébullition de l'eau pure est en un lieu donné égal à 99°,4, le point d'ébullition d'un liquide alcoolique correspond aux quantités suivantes d'alcool (en poids pour 100) :

94°,4	3 0/0 d'alcool.	91°,1	9 0/0 d'alcool.
95°,3	4 —	90°,2	10 —
94°,3	5 —	89°,7	11 —
93°,5	6 —	89°,3	12 —
92°,7	7 —	88°,8	13 —
91°,9	8 —	88°,4	14 —

[*Malligand et Vidal* ont construit récemment (1875) un nouvel ébullioscope qui, d'après *Thénard*, fournit des résultats d'une très-grande exactitude. Cet appareil se compose d'une bouillotte F (fig. 305), destinée à recevoir le vin à essayer et chauffée au moyen d'un thermo-siphon; celui-ci consiste en un anneau métallique creux qui reçoit la chaleur de la lampe à alcool L, placée sous la cheminée S, et dans lequel circule le vin. Un thermomètre T coudé horizontalement plonge dans la bouillotte; la portion horizontale indique les degrés alcooliques compris entre zéro et 25 degrés. Ces degrés sont inscrits sur une règlette E parallèle à la tige, et qui est appliquée à glissement contre la règle principale servant de support au thermomètre. Cette

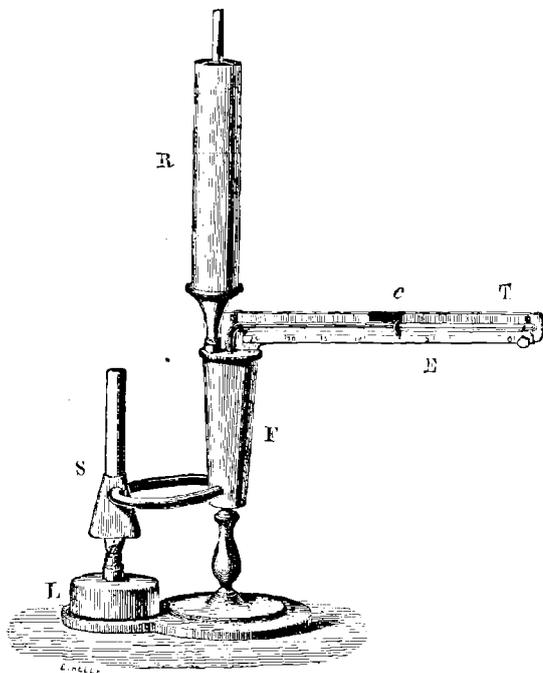


Fig. 305. — Ébullioscope de Malligand et Vidal.

disposition est due à ce que, le zéro alcoométrique correspondant au degré d'ébullition de l'eau, il faut chaque fois que le baromètre varie ramener à ce point le zéro alcoométrique. Le curseur c sert pour aider à accor-

der le point d'ébullition de l'eau ou des liquides alcooliques avec les degrés marqués sur la règlette; R est un réfrigérant composé de deux tubes concentriques, dont l'intérieur traverse le couvercle de F et vient s'ouvrir en bec de flûte à sa partie supérieure; dans l'intervalle compris entre les deux tubes, on verse de l'eau pour produire la condensation des vapeurs dégagées par le vin contenu dans la bouillotte, où elles retombent à l'état liquide; à l'aide de cette disposition, le titre du vin essayé se maintient pendant le temps nécessaire pour l'observation du point d'ébullition. Voici maintenant comment on se sert de l'appareil: on verse dans le vase F de l'eau ordinaire jusqu'au niveau d'un trait marqué intérieurement; on met le couvercle en place avec le thermomètre et le réfrigérant rempli d'eau froide et on allume la lampe. L'eau entre en ébullition au bout de 10 minutes. On amène alors le curseur au droit du point où s'est arrêté le mercure, en vérifiant si ce point reste stable. On fait alors glisser la règlette de manière à faire correspondre la ligne marquée zéro avec le point d'ébullition et on la fixe solidement à l'aide d'un écrou. On démonte ensuite l'appareil, on jette l'eau de la bouillotte, on la lave avec le vin à titrer et ensuite on la remplit avec ce dernier, puis on procède comme précédemment sans toucher à la règlette. Lorsque l'ébullition a lieu, on ramène le curseur au point où le mercure s'est arrêté dans le thermomètre; on lit le chiffre correspondant au curseur et l'on a ainsi le titre alcoométrique. Un titrage de vin dure de 25 à 30 minutes, et n'exige que 100 c. c. de liquide.

La pipette compte-gouttes, proposée par *Duclaux* et *Salleron* pour le titrage de l'alcool, est basée sur certains phénomènes capillaires présentés par les liquides alcooliques. Si l'on mélange de l'alcool avec de l'eau, la densité de celle-ci est diminuée, et en même temps aussi la tension superficielle; par conséquent le mélange laissera écouler, par un petit orifice, plus de gouttes que l'eau pure, et le nombre des gouttes s'accroîtra à mesure que la proportion de l'alcool ajouté deviendra plus grande. Avec des orifices d'un même diamètre, ce nombre de gouttes est invariable pour chaque proportion du mélange alcoolique, et les différences d'un mélange à un autre sont suffisamment grandes pour que la méthode basée sur ce principe offre une grande exactitude et une grande précision. *Duclaux* emploie une pipette de 5 centimètres cubes, il la remplit avec le vin à essayer (préalablement filtré), il fait écouler celui-ci, et, d'après le nombre de gouttes, il évalue la force du vin à l'aide de tables construites pour diverses températures¹.]

Les vins de France contiennent de 9 à 14 pour 100 d'alcool (en volume). [Voici, d'après *E. Houdart* (1877)², quelle est la richesse alcoolique centésimale des vins des meilleurs crus (ainsi que leur teneur par litre en extrait sec):

¹ Voy. pour plus de détails *P. Bolley*, Manuel de recherches chimiques, 2^e édit. française, p. 826.

² *Nouvelle méthode pour le dosage de l'extrait sec des vins par l'aréométrie*, par *Houdart*, 1877. F. Savy.

		ALCOOL.	EXTRAIT SEC.
<i>Vins bordelais :</i>			
Château-Yquem	1871	13,3	140,70
—	1865	15,0	82,84
Barsac	1876	8,0	120,88
Château-Dubrassier	1874	10,0	23,64
Côtes Bassens	1870	10,9	22,24
Sainte-Eulalie	1875	10,5	19,96
Montferrant	1875	10,2	20,52
Entre-deux-Mers	1874	9,2	16,80
<i>Vins de Bourgogne et du Centre :</i>			
Chambertin	1858	10,5	24,24
Richebourg	—	12,5	24,64
Beaujolais	1874	10,5	20,72
Fleury	1870	10,5	19,62
Petit bourgogne (Coulange)	1875	7,8	15,52
Cher	1875	9,5	18,74
Vouvray	1874	9,7	153,80
Chablis	1872	9,8	14,56
<i>Vins du Lidi (plâtrés) :</i>			
Beaufort (viné)	1874	14,9	23,48
— — — — —	1075	10,5	24,72
— — — — —	1876	12,6	26,41
Lézignan	1875	10,8	24,08
— — — — —	1876	12,0	27,20
Petit-Narbonne	1876	7,8	22,64
Roussillon (viné)	1875	15,0	25,51
— — — — —	1876	14,7	27,28
Villeprac [Héraull] (viné)	1875	15,0	25,51
Loupian (non viné)	1876	10,0	19,12
— (viné)	1876	15,0	17,08
Vins de coupage		11,1	21,08
— — — — — vieux		10,2	16,58]

D'après *Blankenhorn et Rösler*, les vins allemands offrent la richesse alcoolique centésimale suivante :

Vins de Saxe	5,4
— de Silésie	5,5
— de la Moselle et de la Sarre	9,9
— du Rhin	10,9
— de la Hesse	10,2
— du Palatinat	10,7
— de Franconie	11,7
— de Wurtemberg	11,4
— de Bade	11,8

Les vins de Champagne contiennent 8 à 12 pour 100 d'alcool, le Xérés 17 pour 100, le Madère 17 à 23, 7 pour 100.

Les *acides*, qui se trouvent dans tous les vins, sont, outre l'acide carbonique, les acides succinique, tartrique, malique, tannique, acétique, métacétique ou propionique, butyrique et valériannique. [Ces quatre derniers acides sont, d'après les récentes recherches de *Duclaux* (1875), en proportion très-

faible, 1 ou 2 décigrammes par litre ; c'est l'acide acétique qui est prédominant, et il est mélangé avec 1/12 ou 1/16 d'acide butyrique ; l'acide valériannique n'est jamais qu'en proportions infinitésimales (quelques milligrammes par litre.) Les acides du vin se rencontrent soit à l'état libre, soit sous forme de sels, l'acide tartrique notamment est sous forme de *crème de tartre* et d'autres tartres acides.

Indépendamment d'une espèce de gomme particulière (désignée par *Fauré* sous le nom d'*œnanthine*), qui tiendrait le milieu entre la gomme arabique et la bassorine et qui, malgré la faible proportion dans laquelle elle se trouve, communiquerait à différents vins une certaine consistance sirupeuse, la *glycérine* a été indiquée par *Pasteur* pour la première fois, en 1858, comme constituant un élément normal du vin. *Pohl* a trouvé (1863) dans des vins d'Autriche jusqu'à 2,6 pour 100 de glycérine¹. La richesse en glycérine diminue à mesure que le vin vieillit, il est même probable que dans les vins très-vieux il ne se trouve plus de glycérine, ce qui peut expliquer (d'après *Pohl*) la sécheresse des vins vieux. Lorsqu'on essaie le vin au point de vue de la glycérine, il ne faut pas oublier que maintenant beaucoup de vins sont additionnés de glycérine.

Relativement aux *matières colorantes du vin*, il n'y a que celles des vins rouges qui offrent de l'intérêt ; les matières colorantes des vins colorés en brun-jaune sont des principes extractifs oxydés, qui, par leur nature et leur composition, se rapprochent des substances humiques. [Les vins rouges contiennent trois matières colorantes : une rouge, une bleue et une jaune. La matière *rouge* a été isolée et analysée par *A. Glénard* (1858), qui lui a donné le nom d'*œnoline* (C¹⁴H¹⁰O⁵) ; à l'état sec, l'*œnoline* est presque noire, sa poudre est d'un beau rouge violacé ; elle est peu soluble dans l'eau, plus soluble dans l'alcool avec une couleur rouge cramoisi, mais elle est insoluble dans l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, la benzine et l'essence de térébenthine. La matière *bleue*, qui se rencontre principalement dans les vins foncés d'Espagne, du Roussillon et du Midi, a été désignée sous le nom d'*œnocyanine* par *Mulder* (1856) ; l'*œnocyanine* est d'un bleu noirâtre, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, le chloroforme et l'essence de térébenthine, mais elle se dissout dans l'alcool contenant de l'acide acétique ou tartrique.] Avec une trace d'acide acétique la solution est d'un bleu magnifique ; lorsqu'on ajoute des quantités plus grandes de cet acide, la couleur du liquide passe au rouge ; neutralisée avec un alcali la solution redevient bleue. Les alcalis en excès décomposent l'*œnocyanine* avec formation d'humus. [D'après *A. Gautier*, l'*œnoline* et l'*œnocyanine* dérivent l'une de l'autre, la première provient de la seconde par suite d'une oxydation lente. La matière colorante *jaune*, encore mal étudiée, est soluble dans

¹ *Pasteur* a trouvé dans 1 litre de vin :

	Glycérine.	Acide succinique.
Vieux bordeaux.	7 ^{gr} ,4	1 ^{gr} ,48
Bordeaux ordinaire.	6 ^{gr} ,9 — 7,3	1 ^{gr} ,3 — 1,4
Bourgogne ordinaire.	4,3 — 6,7	0,8 — 1,35

l'éther, à l'inverse des deux autres; cette matière résiste très-longtemps à l'oxydation et persiste presque indéfiniment dans les vins; c'est elle qui, en devenant avec le temps relativement plus abondante, par suite de la précipitation des autres pigments, communique aux vins la teinte pelure d'oignon que ces liquides prennent en vieillissant.]

Lorsqu'on évapore le vin à sec, ses éléments non volatils forment le résidu, qui constitue ce qu'on appelle l'*extrait*; celui-ci se compose d'un mélange des acides non volatils, des sels à acides organiques et minéraux avec de l'œnanthine, des matières colorantes, du sucre, des substances protéïques et des principes extractifs, dont la nature n'est pas connue. La quantité de l'extrait est très-variable et elle dépend de l'espèce du vin et du degré de fermentation du sucre. *Fresenius* a trouvé dans les vins du Rhin comme maximum d'extrait 106 grammes par litre et comme minimum 42 grammes, *Fischern* dans les vins du Palatinat de 107 à 19 grammes, *Schubert* dans le vin des environs de Wurtzbourg de 72 à 11 grammes, *Pohl* dans les vins de Bohême 22^{gr},6, dans ceux de la Basse-Autriche 26^{gr},4 et dans ceux de Hongrie 26^{gr},2. [*Vergette-Lamotte* a obtenu 41^{gr},9 pour le Madère, 97^{gr},8 pour le Champagne Moët, 162^{gr},3 pour le Liban et 187^{gr},8 pour le Malaga; enfin, *E. Houdart*, analysant les vins des meilleurs crus de France, est arrivé aux résultats consignés dans le tableau donné précédemment (p. 176). *J. Maumené* admet comme moyenne pour le poids de l'extrait les chiffres suivants :

Vins ordinaires.	20 à 30 grammes.
Vins fins et sucrés.	20 à 50 —
Vins de liqueur.	50 à 100 —

Suivant *A. Gautier* (1877), le poids moyen des extraits des vins rouges français non plâtrés varie de 13^{gr},5 à 25 grammes par litre; quand les vins ont été plâtrés avant la fermentation, le poids de l'extrait augmente de 3^{gr},50 par litre; le collage diminue un peu (de 0^{gr},35 en moyenne) la quantité de l'extrait; dans les vins conservés en fûts le poids de l'extrait augmente en un an d'environ 1 gramme à 1^{gr},20; les vins vinés jusqu'à 15° perdent par litre environ 1^{gr},35 d'extrait; enfin le mûtage (arrêt de la fermentation au moyen de l'acide sulfureux, de l'alcool ou de l'acide salicylique) augmente très-notablement le poids de l'extrait sec.]

Les *éléments minéraux* du vin sont en petite quantité; en moyenne ils s'élevaient dans quatre vins de Madère à 2^{gr},5, dans quatre vins du Rhin à 1^{gr},2, dans quatre vins de Porto à 2^{gr},35. *Van Gockom, Veltmann* et *Mösmann* ont trouvé dans 1 litre des vins suivants :

Madère.	2 ^{gr} ,55 de cendre.
Ténériffe.	2 ^{gr} ,41 —
Rhin.	1 ^{gr} ,95 —
Porto.	2 ^{gr} ,35 —

Pohl dans les vins suivants d'Autriche :

Bohême	1 ^{er} ,97	Esclavonie	1 ^{er} ,91
Croatie	1 ^{er} ,68	Styrie	1 ^{er} ,63
Carniole	1 ^{er} ,81	Tyrol	1 ^{er} ,84
Basse-Autriche	2 ^{es} ,00	Hongrie	1 ^{er} ,80

La cendre se compose de potasse, de chaux, de magnésic, de carbonate de sodium, d'acide sulfurique, d'acide phosphérique et de chlore.

[*Filhol* a obtenu pour le poids total des sels organiques et minéraux les résultats suivants pour quelques vins de Lot-et-Garonne :

Villandric	1844	1 ^{er} ,710	Lardène	1844	1 ^{er} ,485
Fronton	1842	2 ^{es} ,151	Cognaux	1844	1 ^{er} ,495
Villemur	1844	1 ^{er} ,646	Martres	1843	1 ^{er} ,894
Grenade	1844	1 ^{er} ,835	Carbone	1844	1 ^{er} ,998
Vieille-Toulouse	1844	2 ^{es} ,056	Saint-Gaudens	1844	2 ^{es} ,042
Portet	1844	1 ^{er} ,879	Villefranche	1844	1 ^{er} ,926

Relativement aux *éléments odorants* du vin, qui souvent lui donnent sa valeur, on ne sait encore que peu de chose de certain. La substance qui communique au vin son odeur vineuse particulière est un mélange d'*éther œnanthique* avec de l'alcool. L'éther œnanthique est, d'après une analyse de *C. Neubauer*, un mélange de différents corps, parmi lesquels les éthers caprilique et caprique sont de beaucoup les plus importants, et il est un produit de la fermentation du moût. En ce qui concerne l'*arome* ou le *bouquet* du vin on peut admettre avec une certitude presque complète qu'il est aussi formé par des éthers produits pendant la fermentation, mais qui, à cause de leur quantité extrêmement faible, n'ont pas encore été reconnus avec certitude et ne peuvent être distingués les uns des autres⁴. On sait que dans la fermentation du sucre il se forme, outre l'alcool ordinaire, de l'alcool propylique et de l'alcool butylique; l'acide succinique est en outre un produit constant de la fermentation; ces corps, de même que les acides contenus dans le jus du raisin (acides tartrique, malique, racémique), ainsi que ceux qui se forment dans le vin conservé (acides acétique, propionique, butyrique, et les aldéhydes de ces acides) et ceux qui sont produits aux dépens de l'huile des pépins, etc. (acides oléique et palmitique), peuvent donner naissance à un grand nombre d'éthers qui, suivant les proportions des composants, peuvent produire les différentes odeurs des diverses espèces de vins.

Maladies du vin. — Pendant et après sa fabrication le vin subit souvent certaines altérations, ayant pour conséquence d'amener des changements dans les proportions de ses éléments et de produire des décompositions qui nuisent à sa qualité normale, et que l'on désigne sous le nom de *maladies du*

⁴ *C. Neubauer* (*Chemie des Weines*, Viesbaden, 1870, p. 97) dit avec raison : « Tout ce que l'art a produit jusqu'à présent pour imiter le bouquet du vin n'est qu'une mauvaise besogne, malgré les noms pompeux, comme ceux de perle du Rhin, de bouquet de Moselle, etc., sous lesquels on recommande ces préparations. Nos connaissances chimiques sur le bouquet sont extrêmement restreintes, et avec les moyens qui, jusqu'à présent, sont à sa disposition, la science est impuissante à éclaircir ce sujet. »

vin. D'après *Pasteur*¹, ces maladies sont provoquées par des ferments organiques, par des organismes microscopiques, dont les germes tombent dans le vin, où ils trouvent des conditions favorables à leur développement.

La *graisse* est une des maladies les plus fréquentes ; cette altération rend le vin visqueux, épais comme un mucilage de graine de lin ou de racine de guimauve ; la graisse se rencontre principalement dans les vins pauvres en tannin, par conséquent beaucoup plus fréquemment dans les vins blancs que dans les vins rouges, et elle se développe facilement dans ceux qui ont été mis trop tôt en bouteilles. La teneur en sucre diminue, c'est pourquoi il est probable que la glucose se transforme en mucus végétal et en mannite comme dans la fermentation muqueuse. [Le ferment qui produit la graisse des vins blancs se compose, d'après *Pasteur*, de chapelets de petits globules sphériques, dont le diamètre varie sensiblement avec les espèces de vin.] Dans les vins généreux, riches en alcool et en acide tartrique, la maladie disparaît quelquefois d'elle-même, elle disparaît quelquefois aussi subitement lorsqu'on agit fortement le vin au contact de l'air, et la plupart du temps lorsqu'on provoque une nouvelle fermentation en ajoutant du sucre. Pour préserver le vin de la graisse, on a recommandé d'y ajouter de l'acide tannique. *François* indique pour 250 litres de vin 15 grammes de tannin, qui forme une combinaison insoluble avec certains éléments muqueux, qui se trouvent en quantité considérable dans les jeunes vins notamment. L'*acidité* ou *acescence* du vin provient de la transformation de son alcool en acide acétique. La cause de cette maladie est le *Mycoderma aceti*, champignon que *Pasteur* est parvenu à découvrir dans tous les échantillons de vins devenus acides. Le vin est très-fréquemment exposé à devenir acide ; une faible richesse en alcool, une température élevée, le contact de l'air atmosphérique, sont les causes de l'acescence du vin. Lorsque cette maladie a commencé à se développer, on peut l'arrêter en augmentant, au moyen d'une nouvelle fermentation, par une addition de sucre, la richesse alcoolique et l'acide carbonique ; c'est le meilleur préservatif contre l'acidité. Lorsqu'un vin a acquis un degré d'acidité déjà assez sensible, et qu'il n'est pas possible d'y remédier, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est de laisser ce vin se transformer complètement en vinaigre. Le soufrage peut s'opposer pendant quelque temps à la formation du vinaigre, mais il ne peut pas l'empêcher complètement. Dans quelques localités on cherche, par une addition d'acide tartrique, à transformer peu à peu l'acide acétique en éther acétique, dont le goût n'est pas acide et qui rehausse l'arôme du vin. Il est à peine besoin de mentionner que l'on ne peut pas éliminer l'acide acétique par neutralisation avec des alcalis ou des terres alcalines, parce que les acétates sont tous facilement solubles.

L'*amertume des vins* est produite par différentes causes. Il peut arriver que le ferment, dans des conditions non encore parfaitement déterminées (notamment sous l'influence d'une élévation de température et lorsque les vins sont très-vieux), se transforme en un corps amer, qui rend le vin pres-

¹ *Études sur le vin, ses maladies*, 2^e édit., Paris, 1873 (pages 41 et suivantes).

que impotable. *Maumené* propose de précipiter cette substance par une addition de chaux éteinte (de 25 à 50 centigr. par litre). La formation d'une certaine quantité de résine-aldéhyde brune, produite aux dépens de l'aldéhyde avec le concours de l'ammoniaque et de l'air, peut aussi communiquer au vin une saveur amère. On a aussi pensé que la production d'une certaine proportion d'éther citrique, combinaison qui dans tous les cas possède un goût amer intense, pourrait être la cause de la saveur amère de certains vins. [Suivant *Duclaux* (1875), dans la maladie de l'amertume il se développe beaucoup d'acide acétique (1^{er}, 850 par litre), un peu d'acide butyrique (0^{er}, 190), ainsi que des acides gras fixes.] Lorsqu'à la surface des vins pauvres en alcool il se forme une pellicule de champignons blanchâtres (fleur du vin, *Mycoderma vini*), on dit que ces vins sont *piqués*; ces champignons sont toujours un obstacle au développement de l'acidité. Les fleurs peuvent être éliminées en versant du vin dans le tonneau, à l'aide d'un tube, jusqu'à ce qu'elles arrivent à la bonde; si les fleurs sont suspendues dans le vin, on coule le liquide à travers une toile et on le boit le plus promptement possible. Quand l'alcool disparaît et que les acides se décomposent, on dit que le vin est *tourné* ou *poussé*; il prend alors un goût fade et une couleur forcée. Lorsque la maladie est à un degré plus avancé, le vin devient trouble, il répand une odeur désagréable et finit par se transformer en un liquide acide. Le bitartrate de potassium se convertit en carbonate de potassium qui transforme en substances humiques la matière colorante du vin et le tannin qu'il renferme. [Suivant *Pasteur*, le trouble du vin tourné est toujours dû à la présence de champignons filamenteux d'une extrême ténuité, qui ont souvent moins de 1/1000 de millimètre de diamètre et une longueur très-variable, et la maladie du tourné consiste en une fermentation provoquée par ces champignons. D'après *Duclaux*, il se forme dans la maladie du tourné des quantités à peu près égales d'acide acétique et d'acide métacétique ou propionique (2^{es}, 55 à 2^{es}, 60 de chaque par litre), sans mélange d'autres acides.] Au début, cette maladie peut être enrayée par une addition d'une petite quantité d'éther sulfurique. Le *goût de fût*, l'*odeur de fût* et l'*odeur de moisi*, sont occasionnés par les vieilles douves pourries des tonneaux, ou bien par des moisissures développées à l'intérieur des tonneaux dans des caves humides et mal aérées. En traitant le vin par du charbon de bois fraîchement calciné, ou bien en l'agitant avec de l'huile d'olives, on enlève bien le goût désagréable, mais on lui ôte en même temps une grande partie de ses éléments aromatiques. La manière la plus simple d'enlever aux tonneaux l'odeur de moisi consiste à y injecter de la vapeur d'eau bouillante. Un grand nombre de phénomènes pathologiques, qui se produisent pendant les différents traitements que l'on fait subir au vin, peuvent être prévenus par une addition de tannin.

[**Mûtage des vins.** — Le mûtage consiste à imprégner le vin d'acide sulfureux, afin d'en assurer la conservation. Cette opération se pratique de la manière suivante : On fixe à l'extrémité d'un fil de fer une mèche soufrée (obtenue en fondant du soufre et y plongeant une bande de toile ou de coton),

on enflamme celle-ci et on l'introduit dans le tonneau, et lorsque la combustion est terminée, on verse dans le tonneau 25 à 30 litres de vin, on met la bonde et on remue dans tous les sens pour faire dissoudre le gaz acide sulfureux par le vin. On brûle ensuite une autre mèche et on verse 25 à 30 litres de vin, et ainsi de suite jusqu'à remplissage complet. Comme à partir de la seconde mèche l'atmosphère du tonneau ne contient pas d'oxygène, il faut chaque fois qu'on enlève la bonde souffler fortement dans le tonneau avec un soufflet pour renouveler l'air. L'acide sulfureux ainsi dissous dans le vin enlève à ce dernier, en se transformant en acide sulfurique, tout l'oxygène qu'il peut contenir, et empêche par suite l'acétification de l'alcool ou toute autre fermentation.

A Marseillan, dans l'Hérault, et en Espagne, on soufre fortement du moût collé de raisins blancs et l'on obtient un liquide désigné sous le nom de *muet*, qui peut se conserver pendant plusieurs années sans fermenter ; il offre une saveur douceâtre et une forte odeur de soufre. On l'ajoute aux vins que l'on veut empêcher d'aigrir, à la dose de deux à trois bouteilles par tonneau.

Le soufrage ou *méchage* des tonneaux, qui consiste, comme le mûtage, à brûler une mèche soufrée dans les tonneaux, a pour but de détruire les ferments de mauvaise nature, qui ont pris naissance par suite d'une altération de la lie.]

L'*acide salicylique* (préparé avec le phénol), qui possède des propriétés éminemment antiseptiques, est également employé depuis quelque temps pour le mûtage des vins. [Quatre grammes de cet acide dissous dans un hectolitre suffisent pour empêcher les fermentations secondaires du vin et le préserver de l'acétification et des autres maladies.] D'après les expériences de *C. Neubauer*, l'acide salicylique est appelé à jouer un très-grand rôle dans le travail des vins.

Chauffage des vins. — La *méthode de conservation* imaginée par *Pasteur* constitue un grand progrès dans le traitement des vins. Ce procédé, au moyen duquel on peut empêcher le développement de la plupart des maladies, notamment celui de l'amertume des vins rouges, consiste à *chauffer le vin* jusqu'à la température de 60°. [Le chauffage peut s'effectuer soit sur le vin en bouteilles, soit sur le vin en fûts.

Pour chauffer le vin en bouteilles (pour le *pasteuriser*, comme disent les Allemands), on peut se servir d'un bain-marie comme celui qui est représenté par la figure 306. Les bouteilles, après avoir été bouchées, sont ficelées avec soin, puis placées dans un panier en fer que l'on introduit dans le bain-marie. L'eau doit s'élever jusqu'à la cordeline. Parmi les bouteilles, on en place une pleine d'eau, dans la partie inférieure de laquelle plonge la boule d'un thermomètre. Quand celui-ci marque 60°, on retire le panier. La dilatation du vin pendant son échauffement tend à faire sortir le bouchon, mais la ficelle le retient, et le vin suinte entre le bouchon et les parois intérieures du goulot. Pendant le refroidissement des bouteilles, le volume du vin diminue, on frappe sur les bouchons pour les renfoncer, on ôte la ficelle, et l'on met le vin en cave, ou dans un cellier quelconque, ou au rez-de-chaussée ou au premier étage, à l'ombre ou au soleil. Il n'y a pas à craindre que ces

diverses manières de le conserver le rendent malade, elles n'auront de l'influence que sur son mode de vieillissement, sur sa couleur, etc.

De nombreux appareils ont été imaginés dans ces dernières années pour le chauffage du vin en fûts. Dans les uns le chauffage est effectué dans le fût lui-même (appareil de *C. Tellier*), dans les autres le vin subit l'action de la chaleur dans une cuve spéciale où il est transvasé tout exprès pour cette opération. Parmi ces derniers nous mentionnerons les appareils de *Rossignol*, de *Terrel des Chênes*, de *Giret et Vinas*, et de *Périer frères*.]

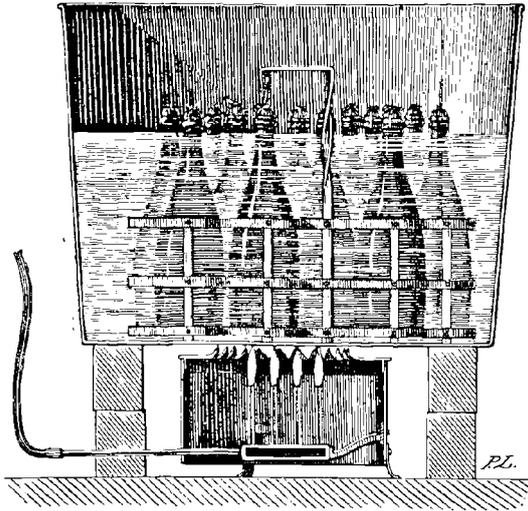


Fig. 306⁴. — Appareil de Pasteur pour le chauffage des vins en bouteilles.

L'appareil de *Rossignol* (fig. 307 et 308) se compose d'un tonneau TT dont on a enlevé un des fonds pour le remplacer par une chaudière en cuivre C. La partie inférieure de cette chaudière, établie dans le fourneau FF, a la forme d'un cône tronqué; sur le bord de celui-ci est placée la partie supérieure en forme de trompette, qui se termine par une tube H ouvert supérieurement et dont la surface externe est étamée. Le vin à chauffer est introduit dans le tonneau; la chaudière est remplie avec de l'eau et chauffée par le foyer P, au-dessus duquel elle se trouve. L'eau transmet au vin la chaleur absorbée; elle n'est jamais chauffée jusqu'à l'ébullition, et c'est à peine si elle acquiert une température plus élevée que le vin. La chaudière n'a pas besoin d'être vidée ni remplie, on se sert toujours de la même eau. Le mieux est d'introduire dans la chaudière autant d'eau qu'il en faut pour que le tube H soit rempli à moitié ou aux trois quarts, lorsque le liquide a atteint la température maxima. Lorsque le vin a acquis la température nécessaire, qui est indiquée par un thermomètre *t*, on le fait écouler par un robinet V

⁴ Les fig. 306 à 311 sont tirées des *Études sur le vin de Pasteur*, 1875, gr. in-8°, avec 32 pl. en couleur à fig. dans le texte, 2^e édition.

placé au bas du tonneau, puis on le reçoit dans le tonneau T' où il doit être conservé, et dans ce but on le fait communiquer à l'aide d'un tube de caout-

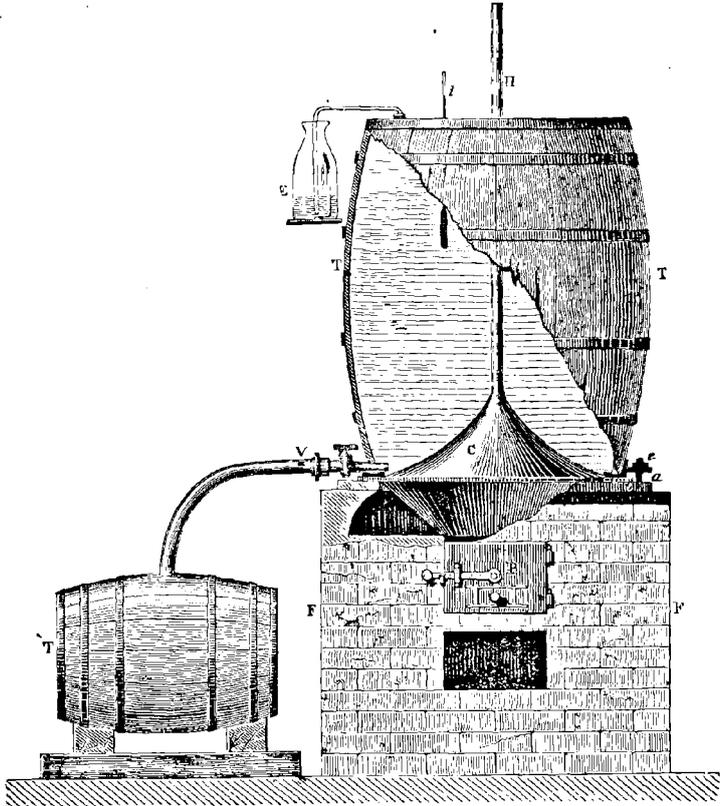


Fig. 307. — Appareil de Rossignol pour le chauffage des vins en fûts.

chouc avec le robinet. Lorsque le tonneau est vide, on le remplit avec une autre portion de vin, afin d'utiliser la chaleur du foyer et de l'eau.

La figure 308 montre de quelle manière la chaudière ferme hermétiquement la partie inférieure du tonneau. Sur la chaudière est soudé un anneau plat *a* en cuivre étamé ; cet anneau se trouve entre deux autres anneaux, l'un *b* en fer assez épais, et l'autre *d* en caoutchouc épais de 1 ou 2 centimètres. En outre, à la partie inférieure du tonneau se trouve un anneau de fer *e*, qui pénètre un peu dans les douves du tonneau et sur lequel sont fixées des équerres, qui sont réunies avec l'anneau *b* à l'aide de boulons. En serrant fortement les boulons, on comprime l'anneau de caoutchouc et l'on obtient ainsi une fermeture hermétique.

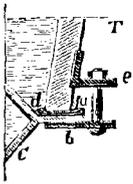


Fig. 308. — Fermeture du tonneau de l'appareil Rossignol.

Comme le vin se dilate lorsqu'on le chauffe, on ne remplit pas complètement le tonneau, et il en résulte que le vin contenu dans celui-

ci se trouve en contact avec une certaine quantité d'air. *Pasteur* a montré que l'on doit éviter cet inconvénient, lorsqu'il importe que le vin ne soit pas altéré dans sa couleur ou dans son goût par une oxydation rapide qui le vieillit artificiellement. En général il vaut mieux éviter ce vieillissement artificiel, d'autant plus qu'en même temps le vin acquiert ordinairement un *goût de cuit*, ce qui n'arrive jamais lorsqu'on le chauffe pendant très-peu de temps à l'abri de l'air. Le chauffage ainsi effectué rend le vin inaltérable, sans modifier sa couleur, qui souvent devient seulement plus éclatante, et sans changer essentiellement son goût (par suite du dégagement de l'acide carbonique pendant le chauffage, le goût devient seulement un peu plus moelleux). [Afin de pouvoir remplir complètement le tonneau avec le vin et éviter ainsi le chauffage au contact de l'air, on adapte sur le fond supérieur du tonneau un petit tube de verre recourbé que l'on fait plonger dans le vase E (fig. 307) ; le vin peut alors se dilater en toute liberté, et le liquide en excès s'échappe par le tube et est reçu dans le vase E.

L'appareil de *Rosignol* est un *appareil intermittent*, c'est-à-dire que, lorsqu'on a chauffé le vin contenu dans le tonneau, on est obligé d'arrêter le travail avant de pouvoir procéder à un nouveau chauffage. Les appareils dont il va maintenant être question sont à *circulation continue*, on peut y chauffer sans interruption une quantité quelconque de vin.

L'appareil de *Terrel des Chênes* (fig. 309) se compose : 1° D'une boîte à feu F, dont le foyer occupe la partie inférieure ; on introduit le combustible d'abord par la porte P, et, lorsque l'appareil est en marche, par une petite porte P', pratiquée dans le tuyau de la cheminée MF. 2° D'un bain-marie B, qui occupe tout l'espace compris entre la boîte à feu et le cylindre extérieur CC ; v est un robinet de vidange ; au-dessus du bain-marie est un réservoir ouvert à l'air libre, constamment rempli d'eau, séparé du bain-marie par une cloison horizontale, et communiquant avec lui par une soupape o attachée à un levier ; ce levier lui-même est relié au robinet v, à l'aide d'une chaîne ; lorsque par une cause accidentelle le bain atteint une température trop élevée, les gaz sortent par la soupape o, l'eau rentre et le bain est ramené à la température normale en même temps qu'il s'alimente ; si par une cause quelconque on est obligé d'arrêter pendant quelque temps la marche de l'appareil et que la température du bain s'élève trop, on obtient le même résultat en ouvrant le robinet v, qui force la soupape o à s'ouvrir ; l'eau froide que l'on a soin d'entretenir dans le réservoir ouvert pénètre alors dans le bain-marie, qu'elle refroidit. 3° D'un serpentín ss, destiné à la circulation du vin : ce serpentín est formé de 40 petits tubes en cuivre de 4 millimètres de diamètre intérieur, qui viennent tous aboutir d'une part à la bouche N, d'autre part à la bouche K, après avoir fait près de deux fois le tour du bain-marie. Ces trois parties, la boîte à feu, le bain-marie et le serpentín, constituent le *caléfacteur*. 4° D'un réfrigérant RR formé d'un très-gros tube qui entoure le reste de l'appareil et qui contient dans son intérieur 40 petits tubes parallèles s' de 4 millimètres de diamètre, semblables à ceux du serpentín ; ces tubes aboutissent d'une part à une boîte H, où plonge un thermomètre t,

pour indiquer la température, d'autre part à une cavité, en R, à l'autre extrémité du gros tube. La voie suivie par le vin dans l'appareil en fonction est

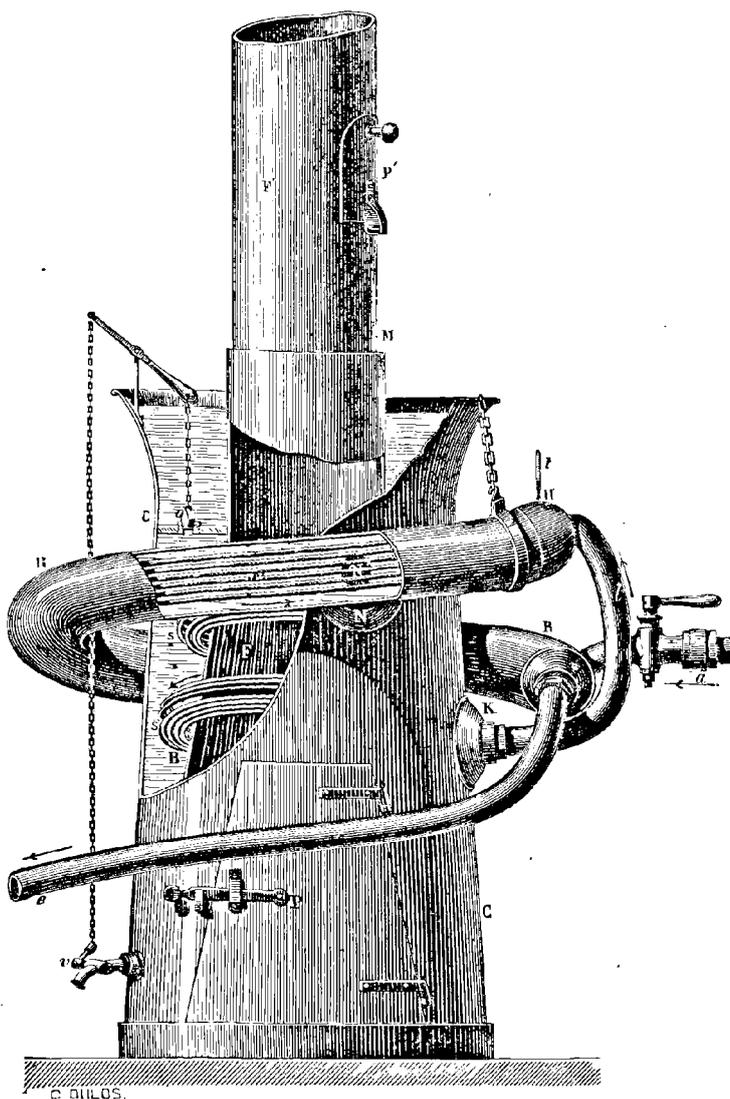


Fig. 508. — Appareil de Terrel des Chênes pour le chauffage des vins.

la suivante: le vin froid arrive par le tube *a*, pénètre en R dans le réfrigérant, où il circule, en sort en N' par une tubulure, pour pénétrer immédiatement dans le serpentin en N, puis il parcourt les 40 tubes *ss* de ce dernier

vient sortir en K, rentre par le tube *l* dans le réfrigérant, parcourt les 40 petits tubes *s's'* de celui-ci pour se rendre en dehors de l'appareil par le tube *e*. Pour faire marcher l'appareil, on emplit d'eau le bain-marie, et on lance le vin dans l'appareil au moyen d'une pompe à air en communication avec le tonneau, dont on veut chauffer le vin, à l'aide d'un tube adapté à la bonde du tonneau; ce dernier est muni à sa partie inférieure d'un autre tube par lequel le vin se rend dans l'appareil à chauffage, où il pénètre par *a*; un troisième tube *e* dirige le vin chauffé de l'appareil dans un tonneau vide. Lorsque le bain-marie paraît assez chaud, on ouvre légèrement le robinet que porte la tubulure *a*; le thermomètre monte; dès qu'il atteint 60°, on ouvre davantage le robinet, et c'est alors seulement qu'on reçoit le vin dans le tonneau vide. Un homme fait manœuvrer la pompe, pendant qu'un autre s'occupe de l'appareil à chauffage et règle l'écoulement du vin à l'aide du robinet en surveillant le thermomètre.

Les *appareils de Giret et Vinas et de Perrier frères* offrent entre eux beaucoup d'analogie, tant au point de vue de la forme que sous le rapport des propriétés. L'appareil de *Perrier frères* (fig. 310) se compose : 1° D'un foyer P surmonté de tubes droits FFF, qui communiquent avec la cheminée de dégagement G, munie du registre *i*. 2° D'un bain-marie CC qui entoure complètement les tubes et le foyer et pourvu du thermomètre *t*. 3° D'un serpent S', qui communique inférieurement avec le cylindre central M. 4° D'un réfrigérant RR, dont la partie principale est un serpent S semblable à S'; ce serpent est placé entre les deux cylindres RR et DD, de sorte que l'espace compris entre ses spires forme un deuxième serpent parallèle au premier. Pour mettre l'appareil en marche, on remplit le cylindre C d'eau par l'entonnoir *e*. On allume le feu. Le vin amené à l'aide d'une pompe ou de tout autre moyen dans le réservoir T est chassé par sa propre pression dans l'appareil, pourvu qu'on ouvre le robinet dont est muni le tube AA à sa partie inférieure, et les deux robinets *r', r''*, qui servent à laisser échapper l'air; il pénètre en A dans le serpent S, passe de là dans le serpent S' par le tube de communication B; puis il monte dans la colonne M; celle-ci remplie, on ferme le robinet *r'*; le liquide redescend alors par le tube B' entre les spires du serpent S; ces spires étant remplies, on ferme le robinet *r'*. Lorsque l'eau du bain-marie paraît suffisamment chaude, on ouvre légèrement le robinet E; le thermomètre *t'* monte; quand il atteint 60°, en ouvrant plus ou moins le robinet E, on le maintient à cette température; mais comme les premières portions du vin qui sortent n'ont pas subi l'action de la chaleur, on ne recueille le vin dans les fûts que lorsqu'on a laissé écouler une portion du vin correspondant au volume compris entre les spires du serpent S. Les flèches marquées sur la figure indiquent suffisamment la marche du vin. L'opération terminée, on ouvre les robinets E, *r', r''*, et on dévisse le tube en A pour vider complètement de vin le caléfacteur et le réfrigérant, après avoir eu soin d'éteindre le feu; on vide le bain-marie par le robinet *r*.

Dans l'appareil de *Giret et Vinas* (fig. 311) la boîte à feu P avec les tubes

FF est identique pour la forme à celle de l'appareil précédent; il en est de même du bain-marie C; mais le cylindre de ce dernier est fixé sur le foyer

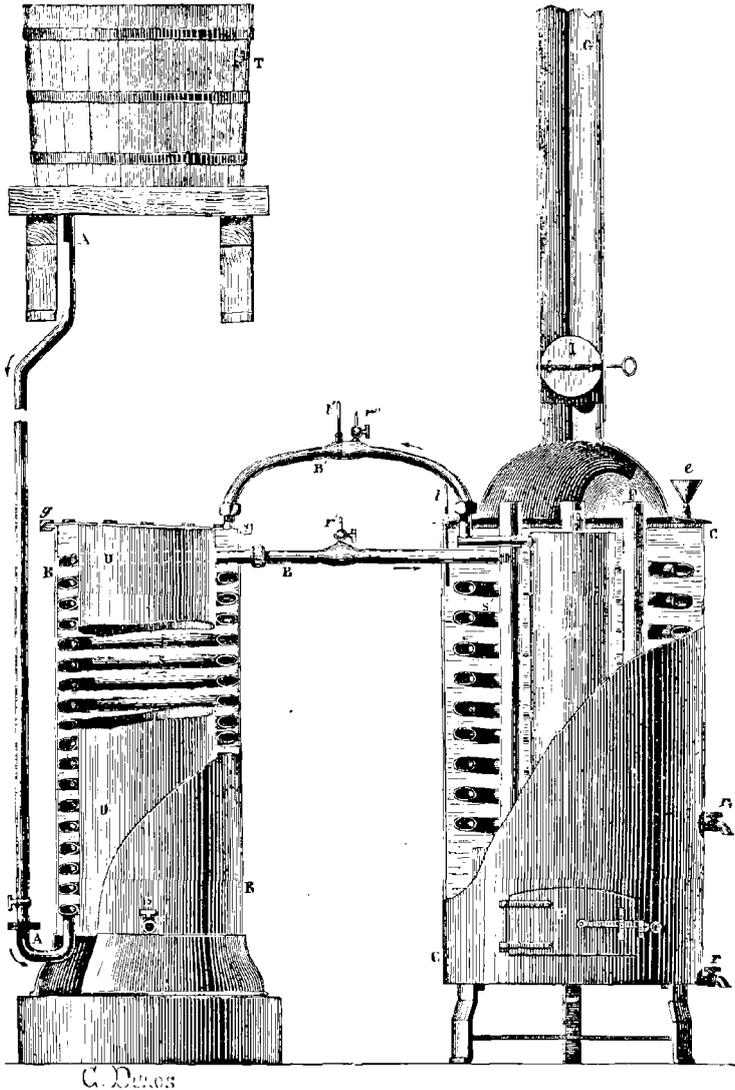


Fig. 510. — Appareil de Perrier frères.

au moyen de deux rebords entre lesquels est une bande de toile trempée dans de la colle de farine : ces deux rebords sont pressés par des pinces de fer *g*, de sorte que ce cylindre peut se démonter facilement. La caisse MM où circule le vin est simplement formée de deux cylindres concentriques re-

liés en haut et en bas par deux rondelles annulaires. Le réfrigérant RR est formé d'un cylindre contenant une caisse intérieure NN, identique à la pré-

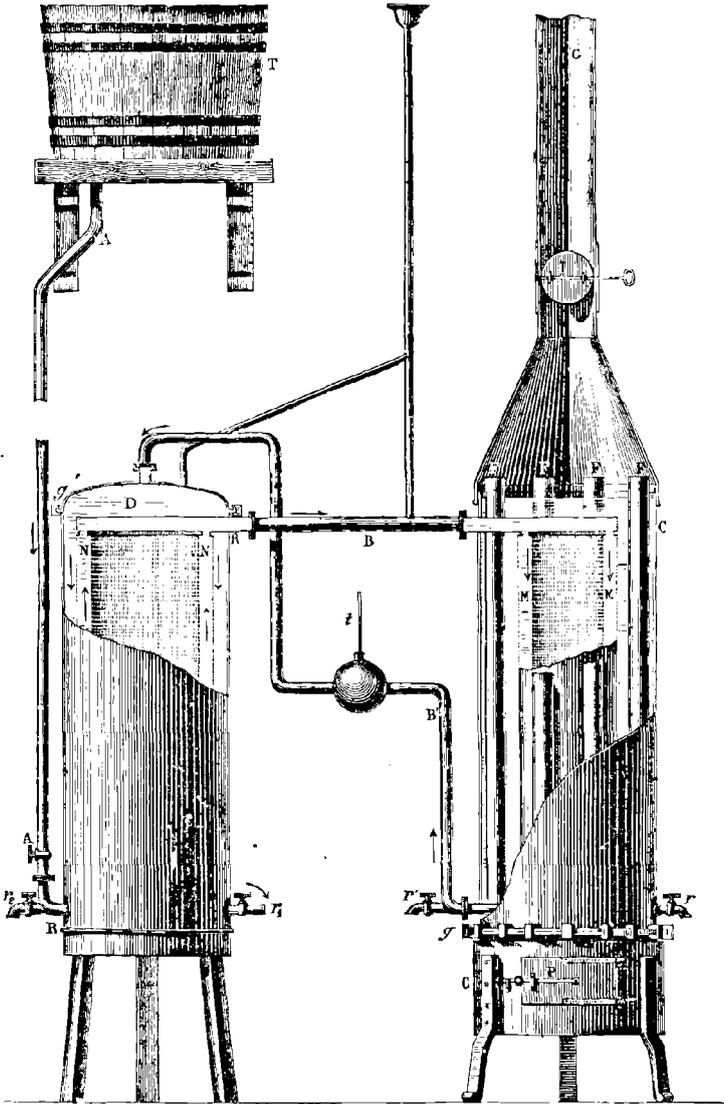


Fig. 514. — Appareil de Giret et Vinas.

cédente. Le couvercle du cylindre extérieur est mobile, et fixé à celui-ci par une disposition *g'* semblable à celle qui relie le foyer au bain-marie C. Toutes les surfaces en contact avec le vin sont étamées. Le vin sort du réservoir T par le tube AA pour se rendre dans la caisse NN, qu'il parcourt de

bas en haut ; puis il passe par le tube B dans la caisse MM, sort en B' après avoir été chauffé, rencontre le thermomètre t qui en indique la température maxima, repasse dans le cylindre D, où il se refroidit en parcourant de haut en bas la boîte extérieure et sort en r^1 pour se rendre au tonneau.]

Collage et plâtrage du vin. — Dans la plupart des vins la clarification s'effectue d'elle-même ; les particules de ferment se précipitent au fond du liquide, dès que la fermentation est terminée. Les vins secs, c'est-à-dire ceux qui ont fermenté complètement et qui ne contiennent plus de sucre, se clarifient avec une grande facilité. Ils n'ont pas besoin d'être clarifiés artificiellement. Au contraire, pour les vins sucrés et sirupeux qui, indépendamment du sucre, renferment une grande quantité de matières albuminoïdes et dans lesquels les particules insolubles ne peuvent pas se déposer à cause de la consistance épaisse du liquide, il est nécessaire de procéder à la clarification ; le meilleur moyen de clarification est le *collage*, qui consiste à ajouter au vin un corps gélatineux ou albumineux, qui se mêle d'abord avec les particules insolubles, se coagule et se précipite avec celles-ci. Il ne faut pas oublier que les matières colorantes du vin rouge sont des dérivés de l'acide tannique, qu'elles se comportent vis-à-vis de la gélatine comme l'acide tannique et qu'elles sont précipitées. Les corps employés pour la clarification sont des *substances gélatineuses*, comme la colle de poisson et la gélatine, le *blanc d'œuf*, le *sang*, le *lait* ou sa *crème*, et des mélanges qui renferment une des substances nommées. [Parmi les mélanges employés pour le collage, nous citerons les *poudres de Jullien*, dans lesquelles il n'entre que des sels et des substances animales et végétales très-salubres, combinées et préparées avec le plus grand soin ; ces poudres, employées depuis longtemps, sont d'un excellent usage ; elles sont au nombre de trois : l'une pour clarifier les vins rouges, l'autre pour clarifier les vins blancs, et la troisième pour décolorer et clarifier les vins, les eaux-de-vie et les liqueurs ; on a également proposé pour coller les vins l'*atumine* obtenue sous forme de gelée en décomposant une solution d'alun par le carbonate de sodium cristallisé.]

Le *plâtrage* du vin, qui se pratique dans différentes localités, est fait dans des buts différents. Dans la préparation du vin rouge l'addition du plâtre dans le moût est destinée à rehausser la couleur. L'expérience montre que la couleur rouge du vin se développe d'autant plus énergiquement que les pellicules des raisins noirs restent plus longtemps en contact avec le liquide en fermentation ; mais en même temps la fermentation doit être modérée ; c'est ce que l'on fait en ajoutant du plâtre, qui, d'après *Maumené*, agit de différentes manières. Si l'on emploie le plâtre à l'état cuit, il absorbe de l'eau et de cette façon il augmente la quantité de l'alcool, qui, comme on le sait, possède la propriété d'affaiblir l'action de la levûre. En outre, il transforme les sels solubles de potassium du vin en sels de calcium insolubles et en sulfate de potassium¹, transformation qui dans le fait peut avoir quelque

¹ [D'après une circulaire ministérielle du 16 août 1876, le vin destiné au service des hô-

utilité, si l'on considère que l'on attribue à la crème de tartre la propriété de maintenir le ferment dissous, et cette propriété manque probablement au sulfate de potassium, qui du reste se dépose en majeure partie à l'état insoluble.

Fabrication des vins mousseux. — Le vin mousseux est déjà connu et apprécié depuis des siècles. Sur les peintures des maîtres hollandais du dix-septième siècle, on rencontre quelquefois le verre à champagne avec un contenu mousseux¹. Cependant la fabrication en grand des vins mousseux en Champagne ne date que de la première moitié du siècle dernier, et plus tard en Bourgogne, avec les vins de la Côte-d'Or, ainsi que dans le Bordelais et la Gascogne, on fabriqua aussi des vins mousseux² : il n'y a donc rien d'étonnant que l'on ait aussi tenté en Allemagne de communiquer aux vins du pays la propriété de produire cette mousse agréable et piquante ; et l'on a la preuve que l'expérience a réussi par l'état florissant de l'industrie des vins mousseux sur les bords du Rhin, de la Moselle, du Mein, du Neckar, de l'Ahr et de la Nahe, et même sur les bords de l'Elbe (près Dresde), de l'Unstrut et de la Saale, et à Grüneberg en Silésie, industrie qui, dans un grand nombre de contrées de l'Allemagne et de l'Autriche, a diminué beaucoup la consommation du vin mousseux français, bien que les produits de quelques fabriques du Zollverein laissent encore beaucoup à désirer. En Allemagne, on compte maintenant (1875) environ 50 fabriques de vin mousseux, avec une production de 4 millions à 4 millions 1/4 de bouteilles, sur lesquelles 1 million 8 à 2 millions sont exportées. En France, la production annuelle est évaluée à 18 ou 20 millions de bouteilles. De nombreuses fabriques de vins mousseux existent aussi en Autriche-Hongrie, notamment dans la Basse-Autriche, en Styrie et en Hongrie ; ce dernier pays fournit les vins les plus

pitiaux doit contenir tout au plus 2 grammes de sulfate de potassium par litre. Le vin contient par litre, à l'état normal, de 0^r,409 à 0^r,528 d'acide sulfurique, quantités qui, transformées en sulfate de potassium, représentent 0^r,494 et 0^r,583 de ce sel. Pour reconnaître si le vin a été plâtré, il faut donc commencer par précipiter l'acide sulfurique normal, avec un volume correspondant de liqueur barytique titrée, et rechercher ensuite s'il renferme encore de l'acide sulfurique. Voy. à ce sujet *M. Marty*, *Moniteur scientifique*, 1877, p. 990.]

¹ Ainsi, par exemple, sur une peinture de *Rembrandt* de 1650, qui se trouve dans la galerie de Dresde (*Hübner's Verzeichniss*, 1862, p. 290, n° 1225). Si nous nous en rapportons à l'interprétation que certains commentateurs donnent aux vers de *Virgile* :

Ille impiger hausit
Spumantem pateram....

les Romains eux-mêmes semblent avoir connu le vin mousseux. — *Brillat-Savarin*, dans sa *Physiologie du goût*, dit que le champagne était connu dès le quatorzième siècle. On aurait appris à le connaître dans le banquet que le roi de France Charles VII donna à Reims en mai 1397 à l'empereur romain et au roi de Bohême Wenceslas. — D'après d'autres écrivains, le frère cellier de l'abbaye de Haut-Villers, Dom Pérignon, aurait découvert le champagne entre 1670 et 1715.

² [On fabrique également des vins mousseux en Lorraine, en Anjou, dans l'Aude, à Limoux, dans le Gard, à Saint-Ambroise, dans le Jura, à Arbois, dans l'Ardèche, à Saint-Jean et à Saint-Péray.]

lourds de tous les vins mousseux, l'Italie produit au contraire les plus légers dans son *vin d'Asti spumante*.

Tous les vins à l'état naturel sont dépourvus de la propriété de mousser, mais cette propriété peut leur être communiquée, si l'on retient le gaz acide carbonique qui se forme lors de la deuxième fermentation produite dans les bouteilles par addition de sucre. Lorsqu'on débouche les bouteilles, ce gaz se dégage et produit ce pétilllement et cette mousse si agréables à l'œil. La source de l'acide se trouve par conséquent dans tout vin, et tous les vins peuvent être transformés en vins mousseux, mais en général les vins sucrés doivent être préférés à ceux qui sont secs et pauvres en sucre et en alcool. La manière dont se comportent les vins mousseux peut être considérée sous deux points de vue différents : dès que le bouchon de la bouteille est enlevé, le vin commence par produire une *explosion* et ensuite dans les verres il produit le *pétilllement* caractéristique. Ces deux effets ne sont pas proportionnels, l'explosion peut être extrêmement vive et le pétilllement très-faible, et réciproquement. Représentons-nous deux bouteilles remplies avec la même espèce de vin, avec cette seule différence cependant que dans une bouteille on a ajouté une substance qui a essentiellement modifié le pouvoir dissolvant du vin pour l'acide carbonique. Les effets produits par ces vins seront alors tout à fait différents. Comme dans les deux bouteilles la richesse en sucre était la même, il s'y est formé la même quantité d'acide carbonique. Si par exemple dans une bouteille le gaz exerce une pression de 5 atmosphères, et si le pouvoir dissolvant du vin de la deuxième bouteille est plus faible de $\frac{1}{20}$, par exemple, ce vingtième de gaz non absorbé se rassemblera dans l'espace situé au-dessous du bouchon, dans la chambre, et augmentera considérablement la pression sur le vin. Le vin renferme en moins de gaz dissous cette quantité d'acide carbonique qui se trouve dans la chambre, l'explosion sera très-vive et le bouchon sera lancé au loin, au contraire, le pétilllement sera proportionnellement faible, parce que le gaz dissous est en quantité moins grande.

[Les vignobles de la Champagne sont ceux qui fournissent les meilleurs raisins pour la fabrication des vins mousseux, dont les plus renommés sont les vins d'Aï, d'Épernay, etc. On emploie l'espèce de raisin noir qui produit le vin le plus généreux et le plus délicat.] Sur les bords du Rhin on se sert des raisins noirs bourguignons hâtifs, d'Ingelheim, de la Moselle, du Mein et de la Nahe, et d'un grand nombre de vins rouges de Wurtemberg (Heilbronn et Esslingen) et du duché de Bade (surtout ceux de Kaiserstuhl en Brisgau). [En Champagne on vendange de très-grand matin par la rosée, en choisissant les raisins les plus mûrs et les plus noirs et en rejetant avec soin ceux qui sont gâtés, verts ou pourris. Quand la vendange a été apportée sous le pressoir, on serre et on laisse couler le jus pendant 15 ou 20 minutes; on évite ainsi la dissolution de la matière colorante. Le marc qui sort du pressoir est pressé une deuxième fois et l'on obtient alors un vin ayant une légère teinte rouge et qui est très-recherché (*vin rose*). Le moût obtenu par la première pression est généralement incolore; on le reçoit dans des cuves où on

le laisse pendant 24 ou 30 heures, afin que les substances terreuses et les autres impuretés puissent se déposer.] On fait ensuite écouler le moût en le recevant dans des tonneaux qui sont dans une cave froide, afin que la fermentation s'effectue aussi lentement que possible. Tant que dure la fermentation tumultueuse il faut tous les jours remplir (ouiller) les tonneaux. Lorsqu'on met en tonneau, il est convenable d'ajouter pour 100 litres de moût 1 litre d'eau-de-vie de Cognac; cette addition a pour but non-seulement d'augmenter la teneur en alcool et la solubilité du gaz acide carbonique, mais encore et surtout de modérer la fermentation. Lorsque la fermentation principale est terminée, les tonneaux sont de nouveau remplis et ensuite bondés. Vers la fin de décembre, on met le vin dans des barriques souffrées, on le colle avec de la colle de poisson (15 grammes pour 200 litres), et on le laisse reposer pendant un mois environ, après quoi on le soutire de nouveau. Vers la fin de février, on le colle une seconde fois et on le laisse reposer jusqu'aux premiers jours du mois d'avril, et on le met en bouteilles. Les vins qui conviennent le mieux pour la fabrication des vins mousseux, doivent, au moment où on les soutire, contenir par bouteille: *a.* 16 à 18 grammes de sucre, *b.* 11 à 12 pour 100 en volume d'alcool, *c.* un équivalent de 3 à 5 grammes d'acide sulfurique en acide libre. Par coupage ou mélange avec des vins d'origine différente il est possible de donner au vin, destiné à la fabrication, la composition normale précédente; on nomme ce mélange la *cuvée*. Comme le vin nouveau ne contient pas plus de 0,5 à 0,8 pour 100 de sucre, quantité insuffisante pour produire par fermentation une mousse abondante, il faut ajouter du sucre, ce que l'on fait en ajoutant de la *liqueur*.]

Les bouteilles destinées à contenir le vin mousseux (bouteilles à parois épaisses connues sous le nom de bouteilles à Champagne) doivent être faites avec beaucoup de soin, les matériaux employés pour leur fabrication doivent être purs et elles doivent être recuites avec un soin tout particulier. Le contenu liquide d'une bouteille s'élève à 800 ou 810 centimètres cubes, l'espace vide au-dessous du bouchon à 15 ou 16 centimètres cubes. En général, on exige d'une bouteille qu'elle pèse de 850 à 900 grammes, que ses parois soient d'une épaisseur uniforme dans tous les points qui se trouvent à la même hauteur, et que leur pâte ne renferme pas de grains de sable; le goulot doit être conique et il doit aller en s'élargissant peu à peu de haut en bas; par cette disposition, le bouchon est plus solide, le vin se conserve mieux et l'explosion est augmentée. Autrefois la casse des bouteilles s'élevait à 15 ou 25 pour 100 et même plus; mais maintenant la fabrication des bouteilles et la préparation des vins mousseux sont tellement perfectionnées que c'est à peine si la casse s'élève en moyenne à 6 ou 8 pour 100. Le prix de 100 bouteilles est de 25 francs.

Avant de mettre le vin dans les bouteilles, on verse dans celles-ci une petite quantité de *liqueur*; cette liqueur se compose ordinairement de 150 kilogrammes de sucre candi blanc, de 125 litres de vin et de 10 litres de cognac. Le liquide est clarifié avec de la colle de poisson, puis tiré au clair et conservé à la cave pour être employé toutes les fois que c'est nécessaire.

Comme *Fr. Mohr* l'a indiqué, le sucre de canne de la liqueur est au bout de peu de temps entièrement transformé en sucre de raisin (c'est-à-dire en sucre interverti?). Le sucre de la liqueur serait depuis quelque temps remplacé partiellement par de la *glycérine*. Dans quelques fabriques françaises on ajouterait (d'après *Chapelle*) de la gomme arabique aux vins des meilleures marques. Suivant le goût des consommateurs et l'espèce du vin mousseux à fabriquer, on ajoute quelquefois à la liqueur précédente du porto, du madère, de l'essence de muscat, du kirsch, de l'esprit de framboises, etc. Toutes ces différentes liqueurs sont rarement employées à l'état pur, mais mélangées au moment où l'on s'en sert avec une mixture composée de 60 litres d'eau, 20 litres d'une solution saturée d'alun, 40 litres d'une solution d'acide tartrique et 80 litres d'une solution de tannin. On ajoute pour une barrique de liqueur 2 litres de ce liquide. Quatre ouvriers différents sont employés à la *mise du vin dans les bouteilles* (le *tirage*) et au bouchage de celles-ci: l'un met en bouteilles, l'autre bouche, le troisième ficelle et enfin le quatrième fixe le bouchon avec un fil de fer. Le bouchage est effectué à l'aide d'une machine, qui fait pénétrer le bouchon dans la bouteille suivant une direction parfaitement verticale. On emploie des bouchons fins et de première qualité, qui coûtent 80 à 100 francs le mille. Lorsque les bouteilles sont remplies, bouchées et ficelées, on les transporte dans un cellier, dont la température est à 20 ou 24°, et on les couche de manière à ce que le col soit incliné sous un angle de 20° environ, afin que la levûre produite pendant la fermentation lente arrive dans le col et se dépose sur le bouchon. Au bout de 8 ou 10 jours on augmente l'inclinaison dans le même sens et l'on porte l'angle à environ 45°; deux ou trois jours après on élève encore plus le fond de la bouteille, afin que la plus grande partie du dépôt se rassemble sur le bouchon; enfin les bouteilles sont placées verticalement avec le bouchon dirigé en bas. Sous l'influence de la fermentation et du séjour du vin dans les bouteilles, il s'est formé dans celles-ci un précipité composé de levûre, de substances albumineuses, etc., qui naturellement doit être éliminé des bouteilles, pour que le vin soit parfaitement clair. Dans ce but, les bouteilles sont placées le goulot en bas sur des tables percées de trous. Afin que le dépôt descende dans le col, jusque sur le bouchon, chaque bouteille doit pendant 14 jours environ être agitée bien régulièrement. Il arrive quelquefois que le dépôt adhère comme une pellicule sur les parois du vase et ne peut pas être détaché; dans ce cas le vin n'est pas vendable et il doit être versé dans la cuve à fermentation. Le meilleur moyen de rendre le dépôt pulvérulent consiste indubitablement dans l'emploi du tannin et de l'alun, et c'est seulement pour cette raison que l'on ajoute à la liqueur, comme il a été dit plus haut, une petite quantité d'un liquide, qui contient ces substances. Le dépôt qui se forme renferme du tannate de gélatine et les substances protéïques du vin; par suite de l'addition d'alun, il est toujours pulvérulent et il donne un vin parfaitement clair. Lorsque tout le dépôt s'est rassemblé sur le bouchon, on procède à son élimination, opération à laquelle on donne le nom de *dégorgeage*. Dans ce but, l'ouvrier saisit une bouteille par le col et la

tenant le bouchon en bas il examine si le vin est limpide ; si cela est, il détord le fil qui maintient le bouchon. Le bouchon étant alors chassé, une petite quantité de vin (de 40 à 60 centimètres cubes) est vivement expulsée de la bouteille. L'espace vide est rempli avec de la liqueur, cette opération porte le nom de *dosage*. Chaque fabricant compose sa liqueur d'après une méthode particulière qu'il considère comme son secret. Par la liqueur le vin est rendu plus fort ou plus doux, plus âpre ou plus sucré, suivant le goût des consommateurs auxquels il est destiné. La liqueur est versée soit à l'aide d'une mesure en fer-blanc, soit au moyen d'une machine ingénieuse qui introduit dans sa chaque bouteille exactement le même volume sans en perdre une goutte. Si le vin doit recevoir une couleur, on l'ajoute à la liqueur. A l'aide d'une autre machine, le *recouleur* remplit ensuite la bouteille dosée avec la quantité nécessaire de vin mousseux non dosé et limpide de la même qualité ; la pression qui se produit alors, empêche toute perte d'acide carbonique. Le *boucheur* introduit ensuite par pression à l'aide d'une machine le bouchon préalablement préparé, après quoi le *ficelleur* fixe le bouchon au moyen d'une ficelle disposée en croix, enfin le *ficelleur au fil de fer* applique une nouvelle ligature en fil de fer recuit, et par là se terminent les opérations de la fabrication du champagne. Le bouchon et le goulot sont enveloppés d'une feuille d'étain.

Le vin mousseux contient environ 6 à 7 volumes d'acide carbonique et il possède un arôme particulier, qui paraît se former par l'action de l'acide carbonique sur les éléments du vin et qui est peut-être dû, en partie, à une certaine quantité d'éther carbonique. Comme l'acide carbonique est développé par une fermentation secondaire et qu'une richesse alcoolique au-dessus de la moyenne est nuisible à une fermentation de ce genre, il faut faire bien attention à la teneur en alcool du vin qui doit servir à remplir les bouteilles. Le vin mousseux, préparé d'après la méthode précédente, peut ordinairement être bu au bout de 18 à 20 mois, suivant que le temps a été plus ou moins favorable à la fermentation. L'analyse de six espèces de vins mousseux — 1867 et 1875 — a donné les résultats suivants :

	1	2	3	4	5	6
Densité.	1,036	1,029	1,041	1,046	1,059	1,041
Acide libre p. 1000.	5,3	5,9	7,0	7,8	6,2	5,6
Alcool 0/0	8,4	9,5	8,5	8,4	9,8	8,4
Sucre 0/0	8,2	4,3	6,9	9,1	7,5	5,4
Extrait 0/0.	11,1	7,5	9,8	12,0	11,6	15,2

1. Vin de Châlons; 2, 3 et 4. Vins mousseux de Wurtzbourg (2, destiné pour l'exportation dans l'Inde; 3, vin de *J. Oppman* et 4. de *Silligmüller*, tous deux recherchés en Allemagne); 5. Vin de *Sutaine et C^{te}*, de Rheims; 6. Vin mousseux d'une compagnie rhénane renommée, dans lequel une partie du sucre était remplacée par de la *glycérine*.

La teneur en alcool et en sucre du champagne est du reste très-variable, parce que chaque pays a adopté un goût tout particulier pour cette sorte de vin. En France même, où le champagne n'est pris qu'au dessert, on ne l'aime

ni trop fort, ni trop doux, c'est pourquoi, suivant l'idée qu'on se fait à l'étranger, on préfère les espèces inférieures. En Autriche et dans l'Allemagne orientale on exige qu'il soit surtout sucré. De même le champagne fabriqué pour la Russie doit être doux et sucré. Celui qui est expédié en Angleterre ne reçoit que très-peu de liqueur, parce que dans ce pays on aime un vin ayant du corps et d'une saveur forte. En général, on distingue trois qualités de vins de champagne : le *crémant*, le *mousseux* et le *grand mousseux*. Le crémant est le plus léger, celui qui mousse le moins et ne dégage qu'une crème légère de bulles de mousse (d'où son nom); le mousseux produit une forte effervescence et lorsque le bouchon a sauté il s'élève en pétillant au-dessus du goulot de la bouteille; le grand mousseux chasse le bouchon avec une explosion encore plus forte et monte encore légèrement dans le verre. Des expériences effectuées avec le manomètre ont montré que la force expansive dans le mousseux est égale à 4 ou 4,5 atmosphères et dans le grand mousseux 4,5 ou 5 atmosphères; dans le crémant la force expansive est au-dessous de 4 atmosphères; la plus grande force élastique que ce gaz pourrait atteindre est 6 atmosphères, à 7 ou 8 les bouteilles éclatent. On distingue ordinairement entre le vin ordinaire (qui était vendu autrefois sous le nom général de *Sillery mousseux*), le *grand vin* ou *qualité supérieure* et le *vin de cabinet*, le *vin royal*, le *vin impérial*, la *fleur* ou *qualité exquise*. Le champagne coloré reçoit une légère coloration rose à l'aide de la *teinte de Fismes*¹, matière colorante préparée en grand dans la ville de ce nom, et l'on obtient alors le vin appelé *rosé*; la coloration brunâtre dite *œil de perdrix* n'est plus usitée et lorsqu'elle se rencontre, elle n'indique plus qu'un vin défectueux.

[D'après les renseignements statistiques publiés récemment (1874) par la Chambre de commerce de Rheims sur la production des vins mousseux en Champagne, le département de la Marne renferme 16,956 hectares de vignobles, ainsi répartis :

Arrondissement de Rheims	7,624 hectares.
— d'Épernay	5,587 —
— de Vitry-le-Français	2,465 —
— de Sainte-Ménéhould	700 —
— de Châlons	555 —

La quantité de vin de Champagne produite va toujours en augmentant, comme le montre le tableau suivant :

ANNÉES.	NOMBRE DES BOUTEILLES		
	fabriquées.	consomm. en France.	exportés.
1845.	6,635,652	2,255,438	4,380,214
1850	6,706,776	1,705,755	5,001,044
1866	13,196,122	2,782,777	10,413,455
1870	17,487,300	3,628,461	13,858,839
1872	20,568,661	3,367,557	17,001,124
1873	22,581,383	3,464,059	18,917,779

¹ [La teinte de Fismes s'obtient en mélangeant 250 à 500 grammes de baies de sureau, 30 à 60 grammes d'alun et 500 à 800 grammes d'eau, faisant digérer et soumettant au pressoir.]

La valeur des vins mousseux fabriqués annuellement en Champagne, s'élève à au moins 60 millions de francs.

La production des vins mousseux dans les 50 fabriques de l'Empire d'Allemagne, s'est élevée, en 1873, aux chiffres suivants :

Prusse (vallée du Rhin, Coblenz, Cologne, Francfort-sur-le-Mein, Kreuznach, Fribourg, Neuhaus, Gröneberg, etc.)	2,500,000	bouteilles.
Hesse (Mainz, Bingen)	680,000	—
Bavière (Wurtzbourg, Neustadt)	600,000	—
Bade (Mannheim, Offenbourg)	400,000	—
Wurtemberg (Stuttgart, Esslingen)	230,000	—
Saxe	100,000	—
Total	4,210,000	bouteilles.

Amélioration du moût et du vin. — La valeur d'un vin ne dépend pas seulement de sa richesse alcoolique et de son arôme, mais aussi de sa teneur en acide libre. Moins un vin renferme de celui-ci, l'alcool et les principes aromatiques étant dans des proportions convenables, plus il est apprécié et plus il a de valeur. La proportion entre les éléments principaux du jus de raisin, sucre, acide et eau, est assez constante dans les bons moûts, et l'on peut bien admettre que cette proportion n'est pas accidentelle, mais qu'elle appartient en propre à un bon moût. On n'envisagerait la question que d'un côté, et en même temps on serait en contradiction avec l'expérience, si l'on voulait déduire la valeur d'un vin en se basant seulement sur la proportion respective entre l'alcool, le sucre et l'acide libre de ce liquide, parce que les éléments aromatiques eux-mêmes et la glycérine, qui ne fait jamais défaut, ont une influence aussi grande sur le goût et la valeur, et cependant on est néanmoins généralement d'avis que les bons vins exigent une certaine proportion assez exactement déterminée entre l'alcool, le sucre, l'acide libre et l'eau. Les raisins qui ne conviennent pas pour obtenir un bon vin peuvent être traités de deux manières différentes. Ou bien on laisse fermenter le jus tel qu'il est extrait par expression, et dans ce cas on obtient un vin inférieur ou mauvais; ou bien, s'appuyant sur l'analyse chimique, on cherche à donner ou à enlever au moût défectueux les éléments qu'il renferme en trop faible ou en trop grande quantité, ou, en d'autres termes, on produit artificiellement entre les éléments du vin une proportion telle que celle-ci se rapproche de celle qui existe dans le bon moût. Cette amélioration artificielle du vin doit être distinguée de la falsification, qui ajoute au vin des substances étrangères ou nuisibles à la santé.

Parmi les méthodes actuellement employées pour l'amélioration du moût et du vin, les suivantes doivent être considérées comme les plus importantes ;

1^o Addition de sucre au moût pauvre en sucre et élimination de l'acide en excès par de la poudre de marbre (procédé de *Chaptal*) ;

2^o Addition de sucre et d'eau au moût pauvre en sucre et riche en acide (procédé de *Gall*) ;

3° Fermentation du marc avec de l'eau sucrée (procédé de *Pétiot*) ;

4° Élimination d'une partie de l'eau au moyen de la congélation et du plâtre ;

5° Élimination de l'acide par des moyens chimiques ;

6° Addition d'alcool aux vins trop faibles ;

7° Mélange du vin fabriqué avec de la glycérine (procédé nommé *scheé-lisage*, d'après le nom de l'auteur de la découverte de la glycérine, *Scheele*).

Le *sucrage* ou l'*addition de sucre* au moût pauvre en sucre appartient aux méthodes les plus anciennement employées pour améliorer le vin. Ce procédé était déjà connu des Romains et des Grecs, mais comme dans ce temps le sucre de canne était encore inconnu et que l'on connaissait seulement le miel, qui communiquait au vin un goût particulier, et le moût épais, qui dans les années où l'addition du sucre était nécessaire faisait également défaut, la méthode ne fut que peu employée. En 1800, *Chaptal*, dans son traité de la fabrication des vins, recommanda de dissoudre du sucre dans le moût faible, jusqu'à ce que celui-ci ait acquis la consistance de celui qui est fourni par les mêmes raisins dans les meilleures années. L'addition du sucre, combinée avec l'élimination de l'acide libre du moût trop acide au moyen de poudre de marbre, fut peu à peu adoptée et depuis on a donné à cette méthode le nom de *chaptalysage*¹.

Bien qu'il ne soit pas difficile de donner au moût ce que la nature n'a pas pu produire en quantité suffisante par suite de manque de chaleur solaire, la dépense qu'exige l'addition du sucre s'est cependant opposée à l'emploi général de ce procédé. Il donnait, il est vrai, un vin plus riche en alcool, et par conséquent d'une conservation plus facile, seulement ces avantages, quand bien même ils indemniserait de la dépense nécessaire pour les obtenir, ne sont pas précisément ceux que l'on désire le plus dans les pays où, comme en Allemagne, presque tous les vins offrent, indépendamment d'une faible richesse en sucre, un excès d'acide. Par suite de l'addition du sucre et de la richesse alcoolique plus grande qui en résulte, la séparation du bitartrate de potassium sous forme de tartre se produit, il est vrai, bien plus abondamment, mais les raisins incomplètement mûrs contiennent beaucoup plus d'acide malique que d'acide tartrique ; l'acide malique n'est pas séparé et c'est pour cela que lorsqu'on ajoute simplement du sucre, le

¹ Pour le bourgogne, pour la préparation duquel on se sert encore beaucoup maintenant du *chaptalysage*, on admet généralement que ce vin ne doit pas contenir plus de 6 p. 1000 d'acide libre. Par conséquent, si l'essai du moût indique par exemple 8 p. 1000, on doit en éliminer 2 p. 1000, et l'on part de ce principe que 50 parties de poudre de marbre (carbonate de calcium) éliminent 60 parties d'acide libre. Lorsque l'excès d'acide est enlevé, on ajoute le sucre (sucre de canne ou sucre de fécule de qualité inférieure, ou encore mieux sucre de raisin véritable sous forme de sirop, préparé comme il est dit page 149), dont la quantité dépend de la richesse alcoolique que l'on veut donner au vin. Si, par exemple, on a trouvé dans le moût 15 0/0 de sucre, la richesse alcoolique du vin s'élèvera à 7,5 0/0. Si, maintenant, cette richesse doit être élevée à 10 0/0, on doit ajouter par 1000 kilogrammes de moût la quantité de sucre correspondante, c'est-à-dire dans le cas qui nous occupe 50 kilogrammes. On part de cette supposition que 100 parties de sucre donnent 50 parties d'alcool.

où la teneur en acide s'élève à 12 ou 14 pour 100, l'augmentation va jusqu'à 100 ou 115 pour 100 et même plus.

Le *pétiotisage*, proposé en 1857 par *Pétiot* (de Chamigny en Bourgogne), est basé sur ce fait, que le jus de raisin préparé d'après le procédé ordinaire ne s'est pas chargé de tout ce que le raisin renferme de matières colorantes et aromatiques, et sur ce que le résidu du pressurage : le marc, les pépins, les râfles, contient encore de ces substances une quantité suffisante pour donner avec de l'eau sucrée un liquide possédant le goût, l'arôme et les autres propriétés du jus de raisin. [En laissant fermenter ce liquide comme le moût véritable, on obtient un *vin d'eau sucrée* ou *vin raisin-sucréux de Maumené*, ressemblant par tous les points essentiels aux vins naturels; les principaux éléments s'y trouvent et à peu près comme dans le produit naturel de la vigne; les principes secondaires, les moins importants, ceux qui souvent deviennent nuisibles, y sont au contraire en moindre quantité, ce qui est une condition tout à fait favorable.] Un grand nombre d'œnologues en renom n'ont pas hésité à proclamer le procédé de *Pétiot*, comme reposant sur une base rationnelle et scientifique, à le patronner et à le recommander chaudement¹. [L'avenir des vins raisin-sucréux, dit *Maumené*, est certainement immense. On ne peut voir sans une grande joie s'étendre une méthode dont les produits augmenteront les ressources de notre principale industrie, celle du vin, remédieront à la pénurie du raisin dans les mauvaises années, et permettront de livrer en tout temps, aux classes pauvres, une boisson saine, peu coûteuse et aussi exempte que possible de toute sophistication.]

On a en outre proposé pour l'amélioration du vin l'*emploi de la congélation*, qui a pour effet de diminuer l'élément aqueux. D'après les expériences de *Vergnette-Lamotte* et *Boussingault*, les effets du froid sur le vin sont très-compliqués. Lorsqu'on refroidit le vin à une température de 0 à 6°, il se produit d'abord des précipités de substances, qui à cette température ne sont plus solubles. Ces substances se composent de crème de tartre, de matières colorantes et azotées et d'un liquide qui possède la propriété de se solidifier à 6°. Si l'on sépare les vins avec précaution de ces substances, ils sont plus forts, plus généreux, plus riches en alcool; mais leur valeur principale consiste en ce qu'ils ont perdu leur aptitude à subir la fermentation complémentaire et à donner lieu à des dépôts dans les barriques et dans les bouteilles. Pour effectuer la congélation du vin, *C. Melsens* (1873) place ce liquide dans un mélange réfrigérant, et le vin se prend en une masse demi-solide qui est un lacs de glaçons d'eau pure emprisonnant du vin liquide comme une neige qui serait imprégnée d'eau colorée. La partie solide est ensuite séparée au moyen d'une petite turbine à force centrifuge. [On peut recueillir ainsi une masse de glaçons presque incolores, même avec le vin rouge; le liquide provenant de la fusion de cette glace est sans saveur; il ne renferme pas ou presque pas d'alcool, avec un peu de matière organique soluble

¹ D'après *Beyse*, les raisins verts conviendraient encore mieux pour le pétiotisage que les raisins tout à fait mûrs; avec ces raisins l'augmentation du vin pourrait parfaitement s'élever jusqu'à 500 0/0.

dans l'eau.] *Melsens* pense que la congélation peut, dans beaucoup de cas, remplacer le vinage. La congélation conserve les vins en les rendant plus riches en alcool; le chauffage les met à l'abri des maladies¹.

L'élimination de l'acide du vin par les moyens chimiques ne s'effectue pas seulement à l'aide du *carbonate de calcium* (poudre de marbre, craie), on se sert aussi dans ce but de *saccharate de calcium* et de *tartrate neutre de potassium*. Une addition de carbonate de calcium au moût ou au vin n'est pas nuisible, en tant que le vin n'absorbe pas des sels de chaux ou seulement une très-petite quantité de ceux-ci; c'est à peine s'il est besoin de mentionner que le carbonate de calcium ne peut pas servir pour neutraliser l'acide acétique produit par fermentation acide, dans lequel cas le vin contiendrait de l'acétate de calcium et ne mériterait plus le nom de vin. En principe le moyen d'éliminer l'acide proposé par *v. Liebig* (1848), moyen qui consiste dans l'emploi du *tartrate neutre de potassium*, offre beaucoup d'analogie avec le procédé dans lequel on se sert du carbonate de calcium. *v. Liebig* est parti de ce fait que beaucoup de vins allemands, les vins du Rhin notamment, sous l'influence du séjour en barrique et de l'ouillage que celui-ci nécessite, gagnent d'une part en bouquet et en goût et d'autre part en acide, dont la quantité devient assez grande pour nuire à la potabilité du liquide. Au début se produit la séparation de l'acide tartrique, qui par suite de l'évaporation et de la formation continue de l'alcool a perdu de sa solubilité à peu près dans la même proportion qu'il est augmenté par l'ouillage du tonneau. Seulement avec le vin employé pour l'ouillage le contenu du tonneau reçoit en même temps de l'acide tartrique libre, dont la quantité s'accroît également et au bout d'un certain temps la solubilité du tartre augmente de nouveau. De là vient l'énorme quantité d'acide que contiennent les vins du Rhin très-vieux. La neutralisation de l'acide libre par le tartrate de potassium pourra être pratiquée sans nuire aucunement à l'odeur et au goût du vin. La neutralisation de l'acide de ces vins, qui ne contiennent pas d'acide acétique, peut être convenablement effectuée avec le *saccharate de calcium*. On arrose de la chaux éteinte avec dix fois son poids d'eau, on brasse bien, on laisse la chaux se déposer et au bout de quelques heures on décante l'eau de chaux limpide, qui contient une grande partie des impuretés de la chaux; on fait ensuite un lait de chaux en étendant avec de l'eau la chaux précipitée, et dans ce lait de chaux on dissout du candi ou du raffiné, jusqu'à ce qu'il se produise un liquide clair, que l'on verse dans le vin en ayant soin d'agiter. La chaux est précipitée à l'état insoluble par l'acide du vin, tandis que le sucre reste dans le liquide. Dans cette opération il faut procéder avec précaution, parce que le saccharate de calcium ne précipite pas seulement l'acide libre comme le fait la chaux caustique, mais aussi l'acide combiné.

Une pratique généralement usitée, dans le but de rendre le vin plus fort

¹ *Mignon et Rouart*, de Paris, ont déjà (1874) construit des appareils pour la congélation du vin.

et d'une conservation plus facile, consiste à y ajouter de l'alcool (1 à 2 p. 100 ou plus). On donne à cette pratique le nom d'*alcoolisage* ou de *vinage*. Lorsque le vinage n'est effectué que depuis peu de temps, un palais exercé peut découvrir l'alcool qui ne s'est pas encore mêlé intimement avec les éléments du vin. Mais au bout d'un long temps, lorsque l'alcool s'est intimement uni avec le vin, on ne peut plus séparer, ni même reconnaître par le goût l'alcool ajouté, en supposant qu'on n'en ait pas mélangé une trop grande quantité¹ n'est pas douteux qu'une légère addition d'alcool au vin n'a aucune action nuisible sur la santé des consommateurs et en outre que certaines espèces de vins ont besoin d'être mélangées modérément avec de l'alcool pour qu'elles puissent se conserver pendant un certain temps. [Mais le vinage donne lieu à beaucoup d'abus, parce qu'on le pratique sur des vins qui n'en ont pas besoin, et qu'en outre on fait usage d'alcool de mauvais goût provenant de la fécule des grains et de la betterave.] *W. v. Babo*, qui recommande beaucoup le vinage dans certaines circonstances, propose d'ajouter l'alcool au moût avant qu'il commence à fermenter.

L'addition de la *glycérine* au vin fait, dont la fermentation est achevée, est usitée depuis 1868; elle a pour but de communiquer à ce liquide, suivant le degré que l'on désire, une saveur sucrée insuffisante pour nuire au bon goût, sans que pour cela on ait à craindre que le vin ne se conserve pas, puisque la glycérine n'est pas fermentescible. Les quantités de glycérine que l'on peut ajouter varient entre 1 et 3 litres par hectolitre de vin. A l'aide de la glycérine et par suite du bas prix de cette substance, il est possible d'améliorer les vins faits, même ceux qui sont bons à mettre en bouteilles, ce que jusqu'à présent l'œnologie n'avait pu réaliser. — On prétend (d'après *P. Rumine*, de Saint-Petersbourg) qu'il est possible de vieillir artificiellement les vins au moyen d'un courant électrique, ainsi que par l'emploi de l'ozone ou de l'air ozonisé.

[**Falsifications des vins.** — La coloration artificielle et le mouillage (addition d'eau) des vins ont pris dans ces derniers temps une extension considérable². Ces deux falsifications sont généralement pratiquées en même temps : l'une est ordinairement la conséquence nécessaire de l'autre; ainsi le plus souvent on commence par étendre le vin avec de l'eau et ensuite on en rehausse la teinte par addition de matières colorantes, ou bien on colore artificiellement le vin, et lorsque celui-ci a franchi les limites de l'octroi (dans les grandes villes où le droit d'entrée est très-élevé), le débitant le coupe avec de l'eau et obtient ainsi une quantité de liquide beaucoup plus grande que celle sur laquelle il a payé les droits. Les vins ainsi traités perdent naturellement de leur force; c'est pourquoi ils sont habituellement vinés par addition d'alcools de qualité inférieure, mais malgré cela, ils manquent complètement des autres éléments qui entrent dans leur compo-

¹ [En France le vinage des vins est autorisé par la loi jusqu'à 15%].

² [Pour d'autres falsifications (addition d'alun, d'acide sulfurique, de cidre ou de poiré, etc.) voy. *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, p. 846, 2^e édit. française traduite par *L. Gautier*. Paris, 1877.]

sition normale. La recherche de ces falsifications offrant une très-grande importance, tant au point de vue des transactions commerciales que de l'hygiène publique, nous allons indiquer les méthodes proposées tout récemment par différents chimistes pour la détermination des fraudes les plus fréquentes.

Avant de déterminer la nature et les propriétés de la matière colorante des vins, il peut être nécessaire, pour la comparaison des vins entre eux, ou pour contrôler l'identité du vin livré, d'en vérifier l'intensité colorante et la teinte. Cette vérification peut être effectuée au moyen des colorimètres de *Houton-Labillardière*, de *Salleron*, de *Collardeau*, etc., qui sont employés dans l'industrie pour mesurer l'intensité de la coloration des solutions des matières colorantes¹. Indépendamment de ces instruments, on peut aussi se servir du *chromatomètre*, imaginé tout récemment (1877) par *Andrieux*, grand propriétaire de vins près de Narbonne. Voici, d'après *Arm. Gautier*, en quoi consiste cet appareil : la couleur qui sert de terme de comparaison est obtenue dans le chromatomètre au moyen de la polarisation chromatique ; la lumière réfléchie sur une plaque de porcelaine blanche se polarise à travers un prisme de Nicol et tombe sur une plaque de quartz taillée perpendiculairement à l'axe ; la rotation d'un second nicol analyseur, porté par un disque gradué et superposé à la lame de quartz, permet d'obtenir des couleurs variables avec le degré de rotation. D'autre part, le vin à examiner est placé dans une petite auge, et la lumière réfléchie sur la porcelaine le traverse sous des épaisseurs que l'on peut faire varier en agissant sur un bouton à crémaillère, épaisseurs qui se mesurent avec une grande exactitude au moyen d'une aiguille qui se meut sur un disque gradué. Les deux faisceaux lumineux, celui qui a traversé le quartz et les nicols et celui qui a traversé le vin, sont réunis dans le même œil au moyen de prismes à réflexion totale ; on fait mouvoir les deux disques, celui où s'inscrivent les degrés de rotation de l'analyseur et celui qui indique l'épaisseur du vin traversé, successivement, jusqu'à obtenir des deux côtés l'identité des deux teintes et l'égalité des deux intensités de ces teintes. On obtient ainsi un double et précieux résultat. La rotation du disque correspondant au nicol analyseur donne sous forme de degrés, c'est-à-dire d'une façon absolue et que l'on peut toujours reproduire aisément, la nature de la teinte du vin qu'on examine ; la rotation du disque sur lequel est inscrite l'épaisseur du vin fait connaître l'intensité de cette teinte. On détermine donc à la fois, avec cet instrument ingénieux, et le ton exact de la couleur des vins et leur coefficient de coloration.

Les principales matières que l'on emploie pour colorer les vins sont les suivantes : la mauve noire (*Althea rosea*, variété *nigra*), et la rose trémière (*Althea rosea*), les baies de sureau et d'hyèble (*Sambucus nigra* et *ebulus*), dont le suc, marron très-foncé, devient rouge vineux quand il a fermenté et dont on relève le ton avec de l'alun ou de l'acide tartrique (teinte de Fismes, voyez page 196) ; l'extrait des baies de troëne (*Ligustrum vulgare*), qui com-

¹ Voy. *P. Bolley*, loc. cit., p. 592.

munique aux vins une couleur rouge cramoisi, l'extrait des *baies de Portugal* ou *raisin d'Amérique* (*Phytolacca decandra*), peu employé à cause de ses propriétés drastiques, les baies de l'*airelle myrtille* (*Vaccinium myrtillus*) servent surtout à colorer les vins blancs ; les décoctions de *bois de Campêche* et de *bois de Brésil*, la *cochenille* et ses dérivés (laque carminée et carmin ammoniacal) ; la *fuchsine*, les *sels de rosaniline*, les *rouges* et *violetts d'aniline*, substances souvent arsénicales, servent soit seules, soit mélangées à d'autres matières colorantes jaunes ou rouges, et spécialement à des sirops de glucose caramélisés ou à des extraits divers. Les résidus de fuchsine, connus dans le commerce sous le nom de *grenat*, sont aussi très-employés depuis quelque temps pour frauder les vins ; le *carmin d'indigo* en pâte est assez souvent mélangé aux vins ; enfin, on se sert également, mais beaucoup plus rarement de l'orcanette, de l'extrait aqueux ou de la décoction de betteraves rouges, de l'orseille, de la safranine et du brun d'aniline.

La fuchsine et les autres dérivés colorants du goudron de houille étant aujourd'hui les matières les plus employées pour la sophistication des vins, nous nous bornons à indiquer les réactions à l'aide desquelles on peut reconnaître ces substances et nous renverrons pour la détermination des autres principes colorants, au *Manuel de Bolley*¹.

Pour reconnaître la *fuchsine*, on procède de la manière suivante, d'après *Casali*, *Falières* et *A. Gautier* : on traite le vin suspect par l'ammoniaque ; on le chauffe légèrement et on l'agite avec trois fois son volume d'éther ; on évapore presque entièrement l'éther et on ajoute une goutte d'acide acétique ; il se produit une teinte rose ou violet-rose, s'il y a de la fuchsine. On peut aussi, comme l'ont proposé *Jacquemin* et *Ritter*, avant d'ajouter l'acide acétique, plonger dans la solution ammoniacale un flocon de laine qui se colore immédiatement sans intermédiaire en rouge ou en rose plus ou moins foncé. *Fordos* traite 10 centilitres de vin par l'ammoniaque et les agite avec 10 centilitres de chloroforme ; il décante, évapore le chloroforme qui s'empare de la rosaniline ammoniacale, reprend par l'eau et ajoute un échantillon de soie blanche ; celle-ci prend alors une teinte dont l'intensité est en rapport avec la quantité de fuchsine contenue dans le vin. *Romei* précipite le vin par le sous-acétate de plomb en excès, filtre et agite le liquide avec de l'alcool amylique qui se colore en rose.

Les substances vendues pour colorer les vins sous les noms de *colorine*, de *caramel*, de *purpurine*, de *scarlatine*, etc., ou tout simplement de *liqueurs colorantes* de tel ou tel fabricant sont des liquides sirupeux composés de glucose et de dextrine colorés avec des résidus de fuchsine et pouvant contenir les bases les plus diverses, telles que la mauvaniline, les violets divers, la chrysoluidine, la safranine, le brun d'aniline. Ces matières ne peuvent pas être découvertes à l'aide des méthodes indiquées pour la fuchsine ; pour leur recherche et leur distinction, il faut procéder de la manière suivante, d'après *Ch. Girard* : On prend 150 gr. de vin, que l'on sature par un léger

¹ *Manuel d'essais et de recherches chimiques*. Paris, 1877.

excès d'eau de baryte, on filtre et on ajoute 25 à 30 centimètres cubes d'éther acétique ou d'alcool amylique ; on décante l'éther ou l'alcool amylique et on évapore rapidement en présence d'un fil de laine ou de trois ou quatre fils de soie qui se colorent en rouge. On verse sur les fils quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré ; la *rosaniline* se décolore et donne une teinte feuille morte, que l'eau en excès ramène à sa teinte primitive. La *safranine* passe au vert clair, et par un lavage à l'eau, elle reprend également sa couleur première. Les *violettes solubles à l'eau* donnent par le même réactif une coloration bleu verdâtre, puis jaune ; l'eau en excès, une solution violette. La *mauaniline* fournit, avec l'acide chlorhydrique, une nuance d'abord bleu indigo, puis jaune ; l'eau fait virer la solution au violet rouge. La *chrysotoluidine* se reconnaît en faisant bouillir la solution ou le tissu teint avec un peu de poudre de zinc ; les bases donnent des dérivés incolores, tandis que celui produit par la chrysotoluidine reparait au contact de l'air. Le *brun d'aniline* ou *brun de phénylène-diamine* se fixe directement sur le tissu avec une couleur jaune-rouge ; au contact de l'air, et avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique étendu, la nuance vire au brun-rouge foncé. Enfin, pour distinguer la rosaniline et les autres matières similaires d'avec la cochenille, il suffit, d'après *Girard*, de verser quelques gouttes d'hydrosulfite de soude ; les sels de rosaniline sont entièrement décolorés, tandis que la teinte rose de la cochenille n'est détruite que très-lentement ¹.

La fuchsine mélangée aux vins se précipite assez rapidement ; un vin coloré avec cette substance, mis à la cave ou conservé à la lumière, se décolore promptement ; en même temps que la rosaniline se transforme en œnotannate insoluble, la matière colorante naturelle est entraînée et le vin reste beaucoup moins coloré que le même vin conservé sans addition de substances colorantes.

Pour reconnaître si un vin a été mouillé, c'est-à-dire étendu d'eau, on détermine le poids de l'extrait sec (voyez page 178) d'une certaine quantité de vin et l'on conclut au mouillage lorsque ce poids est notablement inférieur à la moyenne donnée par les vins de même année et de même cépage, ou pour les vins de coupage par les mélanges de vins authentiques faits dans les mêmes proportions. La détermination de l'extrait sec du vin est une opération délicate ; voici, d'après *A. Gautier*, le procédé qui donne les meilleurs résultats : dans un grand verre de montre pouvant être recouvert très-exactement d'un autre verre semblable, rodé sur ses bords, on verse à l'aide d'une pipette graduée, environ 5 centimètres cubes du vin à analyser. Les deux verres tarés d'avance étant superposés aussitôt et serrés par une pince, on pèse exactement à 1/2 milligr. près. Le verre de montre contenant le vin est alors placé pendant deux jours dans le vide de la machine pneumatique en présence d'acide sulfurique, puis deux jours encore en été et six en hiver, en présence d'acide sulfurique et d'acide phosphorique à la fois, ce dernier

¹ [Les dérivés colorants de la houille renfermant souvent de l'arsenic, il faudra également rechercher ce dernier, lorsqu'on aura constaté la présence de ces pigments.]

étant placé au-dessous du premier et séparé de lui par une toile métallique. Le vin se dessèche ainsi peu à peu, et au bout de quatre jours on pèse, les verres étant de nouveau superposés et serrés avec la pince.

*E. Houdart*¹ a indiqué récemment (1877) une méthode de dosage de l'extrait sec des vins, qui, tout en donnant des résultats suffisamment exacts pour la pratique, est beaucoup plus rapide que la précédente. L'expérience a démontré qu'il existe un rapport presque constant entre la densité d'un vin, à 15°, privé d'alcool par distillation et ramené à son volume primitif avec de l'eau distillée, et le poids d'extrait contenu dans la liqueur. Si donc l'on prend, au moyen d'un bon aréomètre la densité, avec trois décimales, de la liqueur vineuse exempte d'alcool et ramenée au volume initial et si l'on multiplie les deux dernières décimales par le coefficient 2,06, on obtient le poids de l'extrait sec correspondant à celui qu'aurait donné l'évaporation. Cette méthode, qui exige encore quelques manipulations difficiles à exécuter par les personnes peu habituées à ce genre de recherches, peut être simplifiée de la manière suivante : [On détermine le titre alcoolique du vin, et l'on cherche dans la table de *Gay-Lussac*, donnant les densités des mélanges d'eau et d'alcool à 15°, le poids correspondant du litre d'un mélange d'eau et d'alcool dans les proportions indiquées par le degré centésimal que l'on vient de constater. D'autre part on prend, avec un densimètre² donnant trois décigrammes par litre, la densité du vin. On fait la différence entre les deux densités, et si l'on multiplie cette différence par 2,06 on obtient le poids de l'extrait. Cette méthode peut être employée pour les vins avec 7 à 15 pour 100 d'alcool et quinze à trente grammes d'extrait par litre ; mais elle n'est pas applicable aux vins sucrés.]

Résidus de la préparation du vin. — Les résidus provenant de la préparation du vin se composent du *marc* (râfles, pellicules et pépins des baies), et de la *lie* (ferment et tartre).

Ces deux matières servent à des usages variés. Relativement au marc, il faut distinguer tout d'abord le marc lessivé avec de l'eau et le marc non lessivé, qui contient une quantité assez considérable de moût ; le premier sert : 1° pour la préparation du vin d'eau sucrée (vin raisin-sucré, voy. p. 200), qu'il ne faut pas confondre avec le vin de pressurage ; 2° pour fabriquer de l'eau-de-vie (eau-de-vie de marc) et dans ce cas il faut tenir compte, non-seulement du sucre renfermé dans le moût, mais probablement aussi de celui dont la formation a lieu par dédoublement de l'acide tannique, qui se trouve en si grande quantité parmi les éléments du marc (voy. page 148) ; 3° pour la préparation du vert-de-gris (voy. t. I, page 126) ; 4° pour la fabrication du vinaigre et pour favoriser la formation de celui-ci aux dépens des liquides alcooliques et sucrés ; 5° pour la nourriture du bétail, comme cela se pratique en France (chevaux, mulets, mou-

¹ *Nouvelle méthode pour le dosage de l'extrait sec des vins par l'aréométrie.* Paris, 1877.

² [Houdart a fait construire par *J. Salleron*, pour l'application de sa méthode, un densimètre pourvu d'une graduation particulière, et auquel il a donné le nom d'*œnobaromètre*.]

tons). 6° Le marc pressé ou déjà utilisé pour préparer de l'eau-de-vie ou du vinaigre peut être employé comme combustible ou comme engrais. 7° Les pépins des raisins peuvent servir pour préparer une huile grasse, qui s'y trouve contenue dans la proportion de 10 à 11 pour 100. 8° Les tourteaux débarrassés de l'huile grasse par expression ou par extraction à l'aide de la benzine ou du sulfure de carbone, peuvent, à cause de leur grande richesse en acide tannique, être employés pour le tannage, la teinture en noir, etc. On les utiliserait très-avantageusement en en extrayant le *tannin de pépins*, dont la proportion s'élève dans les tourteaux jusqu'à 7 pour 100 et qui dans le traitement des vins pourrait être employé dans tous les cas où l'on se sert maintenant du tannin étranger aux éléments du raisin¹. 9° Avec la lie, on prépare, par expression, dessiccation et combustion, des cendres qui, en Bourgogne et dans d'autres contrées, sont employés pour la fabrication des *cendres gravelées* (voy. t. I, page 282) ; le marc est aussi transformé de la même façon en potasse. On se sert également de la lie pour la fabrication du bitartrate de potassium et de l'acide tartrique. 10° Les râfles et les pépins donnent par carbonisation une matière colorante noire (noir de vigne). 11° La lie, qui se compose essentiellement de particules de levûre et de tartre, est employée dans les pays de vins, avant sa transformation en potasse ou en crème de tartre, pour préparer une eau-de-vie ayant une odeur particulière (*eau-de-vie de lie*), et dans laquelle se trouve une huile à odeur de cognac, qui se rencontre dans le commerce sous le nom d'*huile de lie* (*huile de vin, huile de cognac, huile de marc*). 12° Avec le *tartre brut*, qui forme avec un peu de tartrate de calcium, de matière colorante et de ferment, des croûtes plus ou moins épaisses qui se déposent sur les parois des tonneaux où l'on conserve le vin, on fabrique la crème de tartre (tartre purifié, bitartrate de potassium) et l'acide tartrique.

B. — PRÉPARATION DU CIDRE ET DU POIRÉ.

[Le *cidre* et le *poiré* sont des boissons alcooliques obtenues par la fermentation du jus sucré extrait de certaines espèces de pommes ou poires, et qui remplacent le vin dans les pays dont le climat n'est pas favorable à la culture de la vigne. En France, la fabrication de ces boissons a lieu sur une grande échelle dans les départements de la Seine-Inférieure, de l'Orne, du Calvados, de l'Eure, de la Manche, de l'Oise, de la Somme, de l'Aisne, de

¹ [Maumené indique, pour l'extraction du tannin des pépins, la méthode suivante : on fait bouillir pendant une demi-heure les pépins broyés dans de l'eau contenant par litre 2½ grammes d'acide tartrique, on neutralise une partie de la liqueur par du carbonate de potassium, et on ajoute l'autre moitié afin de transformer l'acide tartrique en bitartrate de potassium. On évapore presque à sec et on traite le résidu par l'éther ; la solution donne un tannin brillant, précipitant faiblement la gélatine et colorant les sels ferreux en vert sombre, sous forme de précipité. Ce tannin diffère de l'acide gallotannique et, contrairement à ce dernier, d'après son action sur la gélatine, il ne peut exercer aucune action nuisible sur l'estomac.]

Seine-et-Oise, de l'Ille-et-Vilaine, du Morbihan et de la Sarthe; on fait également usage du cidre et du poiré en Angleterre, en Allemagne, en Russie et dans l'Amérique du Nord. La quantité du cidre fabriqué en France annuellement s'élève à environ 11 millions d'hectolitres (moyenne de 1867 à 1876); en 1877, la production a été de 13,344,945 hectolitres. D'après Girardin, la quantité fabriquée dans la Normandie seule représente une valeur de plus de 40 millions de francs.]

[**Cidre.** — Les pommes que l'on emploie pour la fabrication du cidre peuvent être partagées en trois classes : 1° les pommes douces; 2° les pommes amères et 3° les pommes acides; les meilleures sont les pommes amères. Les fruits étant récoltés (en octobre ou en novembre, suivant les espèces), on les abandonne à eux-mêmes en tas, que l'on recouvre de paille, jusqu'à ce que leur maturation soit complète; à ce moment, ils renferment le maximum de matière sucrée et donnent par suite un cidre plus riche en alcool. La quantité du sucre contenu dans les pommes (ainsi que dans les poires), va en effet en augmentant à mesure qu'elles mûrissent : ainsi les pommes vertes ne renferment que 4 à 5 pour 100 de sucre, tandis que les pommes mûres en contiennent jusqu'à 11 pour 100¹; mais il faut bien faire attention à ne pas laisser blettir les pommes, parce que sous l'influence du bletissement la teneur en sucre peut s'abaisser à 7 pour 100.

Pour extraire le jus des pommes on commence par les écraser soit à l'aide d'une meule en bois dur, mise en mouvement par un cheval dans une auge circulaire (*tour à piler* de la Normandie), soit au moyen de deux cylindres horizontaux en fonte qui, dans la rotation qu'un ou deux hommes leur communiquent, saisissent et écrasent, au moyen des dents dont ils sont munis, les pommes versées dans une trémie établie au-dessus d'eux; ce dernier appareil, appelé *grugeoir*, est maintenant le plus répandu. La pulpe obtenue est ordinairement abandonnée à elle-même pendant environ vingt-quatre heures dans de grandes cuves en bois, où elle prend une couleur rougeâtre, qui communique au cidre la teinte ambrée que l'on recherche; elle est ensuite soumise, entre des lits de paille ou des toiles de crin, à l'action de pressoirs qui sont analogues à ceux employés dans la préparation du vin. On donne à la pulpe une pression graduée de plus en plus forte; et lorsqu'il ne s'écoule plus rien on délaye le marc avec le quart de son poids d'eau, on laisse macérer vingt-quatre heures et l'on presse une seconde fois, puis une troisième avec 55 pour 100 d'eau. Le jus provenant des deux dernières pressions forme le *petit cidre*, qui étant très-faible, ne peut se garder longtemps et doit être bu promptement. Le jus de première pression donne ce qu'on appelle le *gros cidre*. Pour convertir le jus de pommes ainsi obtenu en cidre, on le met dans de grands tonneaux, dont on couvre simplement la bonde avec un linge mouillé. Au bout de quelques jours, il se pro-

¹ [A. Truelle (1877), analysant six espèces de pommes à cidre, y a trouvé de 9,549 à 10,756 p. 100 de sucre.]

duit une fermentation tumultueuse qui, soulevant le linge placé sur le tonneau, rejette au dehors des écumes formées de matières fermentescibles; il se forme peu à peu un chapeau qu'il ne faut pas détruire. Au bout d'un mois, la fermentation tumultueuse étant terminée, on bouche les tonneaux hermétiquement et un mois après le cidre est bon à boire. Pour obtenir du cidre de qualité supérieure il faut le soutirer un mois après sa mise en tonneau et recommencer l'opération tous les mois, jusqu'à ce qu'il soit fait. A Jersey on procède d'une manière analogue, mais avec cette différence que la fermentation tumultueuse s'opère dans de grandes cuves ouvertes et que les soutirages ont lieu dans des futailles soufrées; on obtient ainsi un cidre qui se conserve et peut s'expédier par mer. Pour avoir du cidre mousseux, on ne le laisse fermenter que pendant un mois dans les tonneaux et on le met en bouteilles aussitôt qu'il s'est éclairci. Pour conserver le cidre à l'état doux, on dirige la fermentation de façon qu'une partie du sucre y échappe; dans ce but, on détruit le ferment par l'acide sulfureux, en souffrant le cidre dès qu'il est arrivé au point voulu et renouvelant cette opération aussitôt que la fermentation recommence.

Généralement le cidre ne peut pas se conserver longtemps; au bout de un à quatre ans, suivant sa qualité, le cidre préparé en France devient amer, aigre et piquant. La composition de cette boisson varie avec les espèces de fruits employés, les années et le soin apporté à sa préparation; la proportion de l'alcool dépend de la quantité de sucre contenue dans les pommes; elle est en général de 4 à 6 pour 100. Comme le vin, le cidre est sujet à certaines maladies, telles que la graisse, l'acidité, la pousse, etc.]

[**Poiré.** — Le poiré se prépare de la même manière que le cidre, mais en beaucoup moins grande quantité que ce dernier. Le jus des poires étant plus sucré que celui des pommes, il produit une boisson plus riche en alcool que le cidre. Le poiré préparé avec soin offre beaucoup d'analogie avec certains vins blancs, pour lesquels il est quelquefois vendu; il peut servir pour couper les vins blancs de médiocre qualité, qu'il rend plus forts et meilleurs; enfin, il donne un vinaigre qui est bien supérieur à celui du cidre.]

FABRICATION DE LA BIÈRE

Généralités. — Sous le nom de *bière* on désigne, dans l'acception ordinaire du mot, une boisson alcoolique incomplètement fermentée et encore en fermentation, qui a été obtenue par fermentation, mais sans distillation, avec des substances amylacées germées (orge et froment, plus rarement riz, maïs, pommes de terre et sucre de fécule) et du houblon. Elle contient les éléments de la céréale employée ou les substances qui se sont formées par la métamorphose de ces éléments (dextrose, dextrine et substances albuminoïdes, alcool, acide carbonique, petite quantité d'acide succinique et de glycérine, substances minérales comme des phosphates alcalins et alcalino-terreux), ainsi que certains principes extractifs du houblon.

DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

[La fabrication de la bière constitue maintenant une industrie d'une très-grande importance, comme on peut le voir d'après les chiffres suivants, empruntés à un travail dû à l'ingénieur autrichien *G. Noback* :

	NOMBRE de brasseries.	BIÈRE PRODUITE par an. Hectolitres.	POPULATION.	CONSUMMATION annuelle par hab. Litres.
Allemagne :				
Bavière	5,217	9,207,075	4,198,355	219
Wurtemberg	2,510	2,801,085	1,818,484	154
Saxe	757	1,345,279	2,556,244	60,5
Grand-duché de Bade.	—	418,955	1,461,428	56
Alsace-Lorraine	—	856,512	1,638,546	51
Prusse, Hanovre, etc.	8,326	9,721,902	21,693,066	39,5
Autres pays	5,168	2,002,989	4,116,551	48,5
Belgique	2,622	8,788,080	5,356,654	165
Angleterre et Irlande	2,671	35,682,591	50,858,210	118
Hollande	560	1,555,718	3,657,070	37
Autriche-Hongrie	2,656	12,211,999	55,644,858	54,5
Amérique du Nord	2,785	9,981,998	38,650,000	26
France	—	7,000,000	36,105,000	19,5
Suède	254	550,000	4,158,757	14,5
Norvège	54	255,400	1,701,408	12,5
Russie	—	9,740,000	65,650,000	14

Ces chiffres, qui se rapportent à l'année 1872, sont sans doute actuellement (1878) au-dessous de la vérité, la consommation de la bière allant toujours en augmentant. La quantité de bière consommée à Paris s'est élevée, en 1874, à 222,875 hectolitres].

Nous nous baserons pour la description du procédé de fabrication de la bière sur la méthode que l'on suit généralement dans un grand nombre de brasseries de la Bavière et de l'Autriche (par exemple, dans la brasserie *Dreher* à Schwechat) pour la préparation de la *bière brune*. Remarquons tout d'abord que l'on distingue la *bière d'hiver* ou *bière au détail* et la *bière d'été* ou *bière de garde*. En Bavière, on ne brasse que dans la saison froide, d'octobre à avril, lorsque le thermomètre indique tout au plus une température de 12 à 15°. Une partie de la bière, après un court séjour dans les tonneaux, est consommée pendant les mois d'hiver, elle constitue la bière d'hiver ou bien au détail. Une autre partie, pour la préparation de laquelle on a employé plus d'orge (malt) et de houblon, reste dans des caves spéciales jusqu'aux mois d'été et est à partir de ce moment, où cesse la fabrication, consommée jusqu'à ce que celle-ci recommence ; cette partie est appelée bière d'été ou bière de garde.

1 vol. de malt donne en moyenne 2,5 à 2,6 vol. de bière d'hiver,
1 — — 2,0 à 2,1 vol. de bière d'été.

Matières premières de la fabrication de la bière. — Les *matériaux de la préparation de la bière* sont les suivants : 1° une céréale ou des substances qui peuvent la remplacer, 2° du houblon, 3° un ferment, 4° de l'eau.

Céréale. — Bien que toute substance amylacée ou sucrée puisse être em-

ployée pour la production de l'alcool de la bière, dans la pratique on donne cependant la préférence aux céréales et parmi celles-ci on préfère l'orge, dont la teneur en amidon varie moins que celle des autres céréales et qui en outre donne le plus facilement un bon malt, dont la propriété saccharigène est plus développée que celle des autres grains maltés. En Bavière, on préfère à toutes les autres céréales la grande orge à deux rangs (*Hordeum distichon*), parce que à volume égal cette espèce fournit plus de bière de même qualité que l'orge commune ou carrée, les prix étant supposés les mêmes. 100 parties d'orge desséchée contiennent (d'après *Lermer*) :

Amidon	68,45
Substances protéiques	16,25
Dextrine	6,65
Matière grasse	3,08
Cellulose	7,10
Cendre et autres éléments	3,51

W. Pillitz (1872) a trouvé dans 100 parties d'orge (séchée à l'air) :

Eau	13,88
Amidon	54,04
Cendre insoluble	1,07
Matière grasse	2,66
Cellulose	7,76
Albuminates insolubles	12,43
Dextrine	1,70
Sucre	2,43
Albumine soluble	1,77
Cendre soluble	1,26
Substances extractives	1,50
	<hr/>
	100,53

La cendre de l'orge contient dans 100 parties : potasse 17, acide phosphorique 30, silice 33, magnésie 7, chaux 3, etc. Outre l'orge, les pommes de terre, le riz, le maïs, la glycérine et le sirop de fécule sont aussi employés dans quelques brasseries modernes.

Houblon. — On désigne dans la brasserie sous le nom de *houblon* les fleurs femelles (cônes, chatons) du *Humulus lupulus*, plante vivace de la famille des urticées. Sous les écailles ténues et disposées les unes sur les autres qui forment le cône du houblon se trouvent des grains (glandes) réniformes, de couleur jaune d'or, que par le battage et le tamisage on peut séparer des folioles. On a désigné ces glandules sous le nom de *farine de houblon* (on les nommait autrefois *lupuline* et l'on attribuait à elles seules l'action du houblon, mais on sait maintenant que les autres parties du cône contiennent aussi des éléments actifs). Tous les éléments du houblon, qui intéressent l'art du brasseur, n'ont pas encore été examinés d'une manière approfondie, nous ne possédons de recherches complètes que sur l'huile de houblon, l'acide tannique et les éléments minéraux. L'*huile volatile de houblon*, qui se trouve dans la proportion de 0,8 pour 100 dans le houblon séché à l'air, a une couleur

jaunâtre, une odeur forte, mais ne rappelant que peu celle du houblon, et une saveur brûlante et légèrement amère; elle est dépourvue d'action narcotique, son poids spécifique est 0,908, et elle rougit à peine le papier de tournesol. Elle exige plus de 600 fois son poids d'eau pour se dissoudre. Elle ne renferme pas de soufre et appartient au groupe des huiles volatiles qui contiennent comme élément commun et caractéristique une huile de la formule $C^3 H^8$; c'est un mélange d'un hydrogène carboné, $C^3 H^8$, isomère de l'essence de térébenthine et de l'essence de romarin, avec une huile oxygénée ($C^{10} H^{18} O$), qui avec le valérol possède la propriété de se transformer en acide valérianique ($C^8 H^{10} O^2$) sous l'influence des oxydants et même simplement par le contact de l'air. La transformation de l'élément oxygéné de l'huile de houblon en acide valérianique est la cause de l'odeur de fromage particulière au vieux houblon. L'huile de houblon est maintenant employée dans la préparation des bières destinées à l'exportation. Le *tannin* du houblon se trouve dans les différentes espèces de houblons dans la proportion de 2 à 5 pour 100. Relativement à la nature de ce tannin, on a reconnu qu'il précipite en vert les sels ferriques, qu'il ne se dédouble pas en acide gallique et en sucre, lorsqu'on le traite par des acides et la synaptase, et qu'il ne donne pas d'acide pyrogallique lorsqu'on le soumet à la distillation sèche. La *résine de houblon* est l'élément le plus important du houblon et elle contient le principe amer. Elle est très-difficilement soluble dans l'eau, surtout dans l'eau pure et en l'absence de l'huile volatile de houblon. Avec *Rautert*, on doit attribuer à certains éléments de la résine de houblon la plupart des effets pour la production desquels on emploie le houblon dans la fabrication de la bière. Elle a une saveur amère forte et persistante et, exposée en couches minces au contact de l'air, elle éprouve au bout d'un long temps une décomposition, par suite de laquelle elle devient insoluble dans un grand nombre des dissolvants où elle était auparavant soluble. Cette métamorphose s'effectue plus rapidement au contact de la lumière solaire. La résine et l'amer de houblon ne sont cependant pas identiques: la première est soluble dans l'éther, le second ne l'est pas. Les autres éléments du houblon, la gomme et les autres substances colorantes extractives, sont moins importants. Relativement aux *éléments minéraux*, nous dirons seulement que le houblon desséché à 100° donne de 9 à 10 pour 100 de cendre, qui contient 15 pour 100 d'acide phosphorique, 17 pour 100 de potasse, etc.

Conservation du houblon. La qualité du houblon exerce une influence considérable sur la qualité, la finesse du goût et l'inaltérabilité de la bière. Si le temps n'est pas favorable pendant la récolte du houblon, la qualité de celui-ci peut en souffrir beaucoup. Lorsque le temps est humide, c'est à peine si l'on peut faire sécher le houblon sans que des taches de moisie se montrent sur les pédicules des folioles intérieures. Il est par conséquent extrêmement important de posséder pour sécher le houblon un dispositif qui permette qu'on n'ait pas à se préoccuper de l'état du temps. La dessiccation au moyen de l'air chauffé est insuffisante, parce que ordinairement dans ce procédé l'air n'est pas renouvelé; au contraire on doit recommander

es *tourailles à houblon*, dans lesquelles l'air est renouvelé au moyen d'un ventilateur et le brassage du houblon effectué sans qu'il se perde de poussière. Le houblon, desséché à une température de 40° environ, est condensé par un pressage énergique et expédié après avoir été emballé dans des sacs imperméables à l'eau. Afin que le houblon se conserve mieux, on a coutume de le *soufrer*, c'est-à-dire qu'on l'expose après sa dessiccation à l'action des vapeurs de soufre en combustion (pour 100 kilog. de houblon on emploie de 1 à 2 kilog. de soufre). Le soufrage du houblon suivi d'un touraillage à une douce température, sa compression et sa conservation dans des espaces hermétiquement clos, sont les principaux moyens employés pour conserver le houblon et pour opposer des limites aux grandes variations de son prix. [Chaar a proposé récemment de conserver le houblon en le comprimant dans des tonneaux enduits de poix ou des caisses en bois doublées de zinc et en le mettant dans des glacières. Brainard empile le houblon sec dans des sacs bien desséchés qu'il emmagasine dans un local exposé au nord et construit avec des matériaux imperméables à l'air. Ce local est entouré d'une seconde muraille et recouvert d'un toit, tous deux formés de corps mauvais conducteurs de la chaleur; l'espace vide entre les deux murailles est en communication avec une glacière, de façon que la température de la chambre à houblon reste constamment à + 10°. En Amérique on a aussi obtenu d'excellents résultats en conservant dans des locaux froids et secs des houblons soufrés, comprimés et bien emballés.] Le soufrage du vieux houblon devenu foncé, pratiqué quelquefois dans l'intention de lui communiquer la couleur du houblon frais, peut être reconnu en comprimant fortement dans la main une poignée du houblon suspecté que l'on approche ensuite de son nez en tenant toujours la main fermée. L'acide sulfureux peut alors être facilement reconnu à l'odeur, pourvu que le houblon n'ait été soufré que depuis quelques semaines. L'*essai chimique du houblon* se pratique de la manière suivante : avec de l'acide chlorhydrique, on arrose quelques cônes du houblon à essayer et un peu de zinc contenus dans un appareil à hydrogène et l'on dirige l'hydrogène qui se dégage dans une solution étendue de sous-acétate de plomb. Si le houblon contient de l'acide sulfureux, le gaz hydrogène est mélangé avec de l'hydrogène sulfuré ($\text{SO}_2 + 2\text{H}^2 = \text{SH}_2 + 2\text{H}^2\text{O}$), que l'on reconnaît à la formation d'un précipité noir de sulfure de plomb dans la solution plombique. D'après *v. Griessmeyer*, on doit pour dégager l'hydrogène préférer au zinc et à l'acide chlorhydrique étendu l'amalgame de sodium, dont on ajoute 0^{gr},50 à 0^{gr},70 à l'extrait du houblon. Il est encore plus convenable de diriger le gaz qui se dégage dans cette expérience dans une solution de nitroprussiate de sodium mélangée avec quelques gouttes de lessive de potasse; la moindre trace d'hydrogène sulfuré produit dans la solution une magnifique coloration rouge pourpre. Depuis quelque temps, on livre au commerce de l'*extrait de houblon* préparé avec beaucoup de soin. On se sert quelquefois de la glycérine pour préparer cet extrait.

Culture et production du houblon. On peut retrouver dans l'histoire des

traces de la culture et de l'emploi du houblon en Allemagne, à partir du neuvième siècle. Il n'est pas possible de décider actuellement si la culture de cette plante a pris naissance en Belgique et dans le Bas-Rhin, et s'es ensuite répandue en Allemagne jusqu'aux Slaves, ou si, au contraire, elle a suivi une voie inverse. Aujourd'hui, la culture du houblon en Allemagne offre son maximum de développement en Bavière (Spalt, Hollertau, Hersburck), dans le duché de Bade, dans le Wurtemberg, la Hesse, la province prussienne de Posen (Neutomyschl), l'Alsace, la Vieille-Marche et le duché de Brunswick; l'ordre dans lequel sont mentionnés ces pays indique en même temps la gradation de qualité des produits que l'on y obtient. Dans la fin de la cinquantième année et au commencement de la soixantième, la culture du houblon prit un développement presque trop rapide; vers la fin de la soixantième année, elle éprouva, par suite de l'abaissement du prix du houblon, une réduction qui a cependant cessé dans les dernières années.

[La production du houblon de ces trois dernières années s'est élevée, dans les différents pays de l'Europe continentale, à peu près aux chiffres suivants :

	1875	1876	1877
Bavière	14,000,000	3,700,000	10,500,000 kilogr.
Wurtemberg	5,000,000	1,600,000	4,250,000 —
Bade	2,000,000	800,000	2,250,000 —
Alsace-Lorraine	6,500,000	2,500,000	3,750,000 —
Posen	3,000,000	300,000	1,750,000 —
Brunswick et Vieille-Marche.	2,000,000	800,000	1,800,000 —
Autres pays allemands . . .	1,700,000	200,000	750,000 —
Bohême	8,000,000	900,000	7,500,000 —
Autriche-Hongrie	2,500,000	1,000,000	2,100,000 —
France	800,000	200,000	1,800,000 —
Belgique	10,000,000	4,500,000	12,500,000 —
	55,500,000	16,500,000	47,950,000 kilogr.

En Angleterre, la production de 1877 a été d'environ 25 millions de kilogrammes.]

L'exportation du Zollverein s'est élevée, en 1856, à 541,000 kilogrammes, et avec de légères variations, elle a toujours été en augmentant jusqu'à 10,000,000 de kilogrammes, en 1872. L'importation du houblon dans le Zollverein a varié, dans ces dernières années, entre 1,000,000 et 2,000,000 de kilogrammes.

Succédanés du houblon. A la place du houblon, on a souvent essayé d'employer d'autres substances, comme l'écorce de pin, le quassia, la petite centauree, les feuilles de noyer, l'absinthe, le trèfle d'eau, les feuilles de colchique, l'extract aqueux d'aloès, le lactucarium, etc. Dans ces derniers temps, on a même proposé de se servir de l'acide picrique. Abstraction faite de ce que plusieurs de ces substances exercent une influence nuisible sur l'organisme, ces corps peuvent bien communiquer à la bière un goût amer, mais non remplacer les éléments du houblon, à cause desquels celui-ci est employé dans la fabrication de la bière. Et ces substances sont : un tannin particulier, une résine et un extractif amer, et enfin l'huile volatile.

Un succédané du houblon devrait par conséquent contenir ces substances, ou on serait obligé d'employer deux ou trois matières qui posséderaient ensemble ces éléments: [Dans les bières préparées au Canada et aux États-Unis, sous les noms de *sapinettes*, d'*épinettes* ou de *bières de Spruce*, le houblon est remplacé par des bourgeons de sapin ou de pin; enfin, le *ginger-beer* des Anglais est une bière dans laquelle on a fait infuser une certaine quantité de graines de gingembre.]

Eau. — Relativement à l'eau, dont on se sert dans la préparation de la bière pour le mouillage du grain et le traitement du malt (pour l'empâtage), il est à remarquer que son choix exerce la plus grande influence sur la qualité de la bière. On distingue l'eau douce et l'eau dure; la première dissout le savon sans se troubler, elle ne donne pas d'incrustations lorsqu'on la fait bouillir et elle convient pour la cuisson des graines de légumineuses, qui dans une eau dure, laquelle doit sa dureté à du carbonate et à du sulfate de calcium, ne peuvent être ramollies; l'eau dure décompose le savon et le savon de calcium formé se dépose sous forme de flocons blancs; dans les ustensiles de cuisine, les chaudières à vapeur, etc., elle donne des incrustations. Une eau est d'autant plus douce qu'elle contient moins d'éléments minéraux. L'eau de pluie est très-douce, comme l'eau distillée, et elle ne renferme que des traces de matières organiques, d'azotate et de carbonate d'ammonium; l'eau de puits et l'eau de source sont dans la plupart des cas des eaux dures; l'eau de rivière est au contraire une eau douce. Pour la brasserie, une eau pure, douce ou peu dure, est celle qui certainement est la plus convenable; c'est pourquoi on préfère l'eau de rivière ou l'eau de source à l'eau de puits, du moins en tant qu'il s'agit de l'eau employée pour le maltage; mais pour l'empâtage, une eau calcaire ne semble pas être nuisible, car, comme dit *Mulder*, la chaux contenue dans l'eau se transforme en phosphate insoluble, et il se produit en même temps une quantité d'acide lactique suffisante pour redissoudre le phosphate, de telle sorte qu'on n'a pas à craindre que pendant le brassage l'acide phosphorique soit précipité par l'eau dure. Si l'on n'a à sa disposition qu'une eau trouble et souillée par des matières organiques, il faut préalablement purifier le liquide en le laissant reposer et en le filtrant. Les brasseries de Munich emploient l'eau de l'Isar, qui contient une grande quantité de sels calcaires et magnésiens, soit suspendus, soit dissous, et c'est pour cela que l'on ne s'en sert pas immédiatement pour le brassage: on la dirige d'abord dans de grands réservoirs, afin que s'y déposent les particules terreuses suspendues, avec lesquelles est aussi précipitée, par attraction moléculaire, une partie des sels en dissolution, mais par le contact de l'air le bicarbonate de calcium, etc., est aussi décomposé, et de cette manière l'eau est débarrassée d'une grande partie des sels de chaux. Dans d'autres localités, on purifie l'eau de rivière employée pour le brassage en la filtrant à travers des couches de sable, de gravier et de charbon.

Ferment. — Relativement au ferment (la levûre) nous renvoyons à ce que nous avons dit au sujet de la levûre dans les généralités sur les fermenta-

tions et à ce que nous disons plus loin, notamment sur la fermentation du moût de bière.

Pour plus de facilité, la *description de la préparation de la bière* peut être partagée en quatre sections :

- I. Préparation du malt (maltage);
- II. Préparation du moût (empâtage, démélangé, brassage);
- III. Fermentation du moût;
- IV. Conservation de la bière et soins à lui donner.

I. PRÉPARATION DU MALT OU MALTAGE.

La transformation de l'orge en malt ou le *maltage* est une *germination interrompue*, et cette transformation constitue une opération préliminaire dont le but est de préparer le grain pour servir à la fabrication de la bière (ou de l'eau-de-vie). Le grain non germé n'a qu'à un très-faible degré la propriété de transformer en sucre (dextrose) l'amidon qu'il renferme; cette propriété ne se développe que pendant la germination, et c'est par là que le malt se distingue du grain non germé. La préférence que l'on accorde à l'orge sur les autres céréales a, comme il a été déjà dit, sa raison d'être dans ce fait, que le malt d'orge possède la propriété saccharigène à un degré encore plus élevé que le malt des autres céréales.

La vie des plantes se divise en trois périodes. Dans la première, la plante se développe aux dépens de quelques-uns de ses organes qui finissent par s'épuiser et par mourir. Cette période est le temps de la *germination*. Dans la deuxième période, celle de la croissance, la plante vit aux dépens du monde extérieur, et dans la troisième, celle de la formation des fleurs et des fruits, certaines parties du végétal, les organes de la reproduction, vivent aux dépens de la plante tout entière, qui alors s'épuise de telle sorte qu'elle finit par périr. La germination, et nous n'avons à nous occuper ici que de cette première phase de la vie du végétal, a pour objet de fournir à la jeune plante les éléments nécessaires à son premier développement, notamment à ceux qui lui sont nécessaires pour la formation des racines, jusqu'au moment où celles-ci sont en état de pourvoir à l'alimentation de la plante. Dans ce but, la nature a accumulé dans les organes spécialement destinés à cet usage une certaine quantité de substance qui suffit à la nutrition de la plante jusqu'à ce qu'elle puisse vivre indépendante et sans le secours de ces organes. Le grain en germination a par conséquent une grande analogie avec l'œuf couvé. Dans l'œuf, nous trouvons sous la coquille le blanc avec le jaune et l'embryon. Lorsque le développement de ce dernier est commencé, les parties de l'œuf qui le touchent immédiatement subissent un changement et servent à sa nutrition, ce qui dure jusqu'à ce que l'animal soit suffisamment développé pour être en état de vivre aux dépens du monde extérieur. La coquille est pour l'œuf ce que le tégument coriacé (qui dans l'orge est accompagné de ses glumes) est pour le grain des céréales; le blanc et le

jaune de l'œuf sont représentés dans l'orge par des corps albumineux et farineux, le gluten et l'amidon; enfin, l'embryon de l'œuf a pour équivalent dans l'orge le germe, qui se trouve entre le tégument et le corps albumineux. Le germe se compose de la radicule, qui se développe en premier lieu, et de la plumule, qui n'apparaît que plus tard, et forme par la suite le chaume rigide. La plumule, avant que la radicule puisse emprunter au sol les éléments nécessaires pour nourrir celle-là, se développe aux dépens du corps albumineux; mais celui-ci ne peut remplir cette fonction que lorsqu'il a été rendu soluble par le mouillage de l'orge. Avec le développement du germe, il se produit dans le grain une action chimique énergique, dont le siège principal est dans le gluten. La quantité des éléments solubles du gluten augmente, de même que la propriété de transformer l'amidon en un corps également soluble, en dextrine et en sucre. C'est à ce moment que se trouvent remplis le but de la germination naturelle en vue du développement de la plante et celui de l'industrie en vue de la préparation du malt. Celle-ci est basée sur le développement à un très-haut degré de la propriété saccharigène de l'orge germée, et le difficile de l'opération, c'est d'interrompre la germination juste à temps, afin que la gemmule n'absorbe pas une grande partie du corps albumineux et ne contribue pas au développement de la plante.

Les conditions de la germination de l'orge sont toujours les mêmes, que le grain se trouve comme semence dans le sol ou qu'il soit employé à la préparation du malt. Ces conditions sont : la saturation des grains d'orge par l'humidité, une température qui ne doit pas être au-dessus de 40° ni au-dessous de 4°, le contact de l'air atmosphérique et l'obscurité.

A. Mouillage de l'orge. — Le *mouillage* de l'orge avec de l'eau s'effectue dans des bacs. En pratiquant le mouillage, on a pour objet de communiquer à l'orge l'humidité nécessaire pour la germination; on cherche en outre à la débarrasser de toutes les impuretés et des grains stériles. Les bacs sont en bois, en pierre ou en ciment; on les remplit à moitié avec l'eau et l'on y verse l'orge en agitant continuellement. On ajoute ensuite une quantité d'eau suffisante pour que celle-ci s'élève de 8 à 10 centimètres au-dessus de l'orge. Au bout de quelques heures, les grains sains tombent au fond du liquide, tandis que les grains stériles et avariés montent à la surface; on enlève ces derniers (on écume) et on les emploie pour la nourriture du bétail sous le nom d'*orge d'écumage* (grains légers).

L'eau, en pénétrant peu à peu la substance des grains et en la ramollissant et la gonflant, dissout certains éléments des glumes : c'est pourquoi l'eau prend une couleur brune et une saveur particulière et acquiert une grande tendance à subir les fermentations lactique, butyrique et succinique. Cette altération exercerait une influence nuisible sur le malt, si on ne la prévenait en changeant l'eau de mouillage, qui doit être renouvelée jusqu'à ce que l'eau ne s'écoule plus trouble. La durée du mouillage dépend de la qualité et de l'ancienneté de l'orge, et de la température de l'eau, etc. Avec de l'orge nouvelle, 48 à 72 heures sont suffisantes, tandis que pour

une orge vieille et riche en gluten, il faut souvent 6 à 7 jours. Pour obtenir un mouillage uniforme, il faut employer une orge dont les grains soient autant que possible de même qualité et du même âge. Le mouillage terminé, on laisse l'orge égoutter encore 8 ou 10 heures dans le bac avant de la porter au germoir. On reconnaît que l'orge est suffisamment humectée : 1° lorsque l'enveloppe se détache facilement en comprimant le grain entre les doigts suivant sa longueur ; 2° lorsque le grain frotté sur un morceau de bois laisse une trainée farineuse. Il vaut mieux ramollir l'orge plutôt pas assez que trop, parce qu'un ramollissement trop prolongé détruit facilement la force germinatrice, de telle sorte qu'un grand nombre de grains ne germent pas. L'orge mouillée suivant les règles possède une odeur aromatique rappelant celle des pommes. En général la quantité de l'eau absorbée par l'orge s'élève à 40 ou 50 0/0, ce qui augmente le volume du grain de 18 à 24 0/0. Malgré cette augmentation de poids par absorption d'eau, l'orge éprouve dans sa substance une perte de poids de 1,04 à 2 0/0. *Lermer* a trouvé dans l'eau de mouillage fraîche de l'acide succinique (environ 15^{gr},41 par hectolitre d'orge).

B. Germination de l'orge mouillée. — Dès que l'orge est saturée d'humidité, l'action du germe se fait sentir et avec elle commence la transformation de l'amidon en sucre. Cette dernière s'effectue lentement et elle marche de pair avec le développement et les besoins de la nutrition de la jeune plante. Peu de temps après le commencement de l'apparition de la plumule, époque à laquelle la propriété saccharigène de l'orge a atteint son maximum, le développement du germe doit être arrêté. Cependant la force saccharigène ne disparaît pas avec l'extinction du germe. La tâche du malteur est de surveiller la germination et de l'arrêter au moment opportun en réglant convenablement la température. Le local dans lequel s'effectue la germination porte le nom de *germoir*.

La germination de l'orge est conduite de la manière suivante : L'orge mouillée est étendue sur l'aire du germoir en couches épaisses de 12 à 15 centimètres, et l'on brasse d'abord toutes les six heures et plus tard toutes les huit heures, jusqu'à ce que la surface paraisse desséchée. Pendant la dessiccation des couches de malt, le germe paraît sous forme d'un point blanc duquel sortent plusieurs radicules. Lorsque la germination a commencé à se développer uniformément dans tous les grains, on élève la température en diminuant la surface des couches, c'est-à-dire que l'on donne aux couches une épaisseur d'environ 30 centimètres et on les laisse plus longtemps sans les brasser. La température des tas ainsi obtenus s'élève de 6 ou 10° au-dessus de celle du milieu ambiant et elle produit une forte évaporation de l'humidité qui se condense dans les couches inférieures des tas. Ce dernier phénomène porte le nom de *ressuage*. En même temps il se dégage de grandes quantités d'acide carbonique, et il se manifeste aussi une odeur agréable rappelant celle des fruits. Le brassage est ordinairement pratiqué une troisième fois. A ce moment, les radicules ont déjà la longueur de quelques lignes et elles sont entrelacées et comme feutrées ; c'est alors que doit être arrêté le deve-

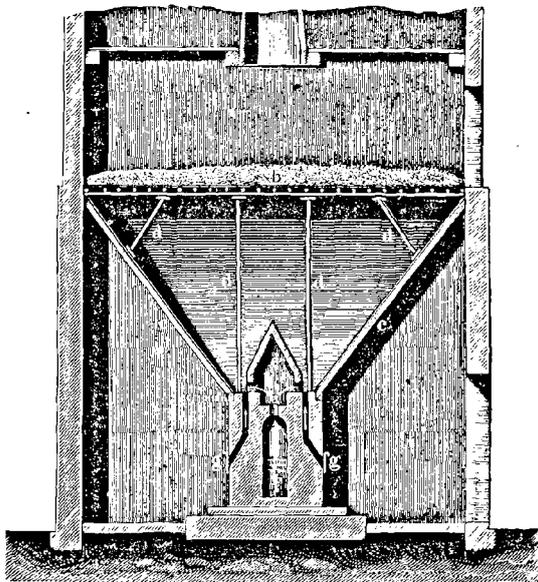
loppement du germe, et dans ce but on abaisse la température en étendant les tas, c'est-à-dire en leur donnant une épaisseur de 7 à 8 centimètres. Le malteur juge de la marche et de la terminaison de la germination d'après la longueur des fibres radiculaires ; dans l'orge suffisamment germée, les germes doivent dépasser la longueur du grain d'un quart ou de la moitié et ils doivent être feutrés les uns dans les autres, de manière que plusieurs grains demeurent attachés les uns aux autres. La durée de la germination s'élève pendant la saison chaude à 7 ou 10 jours, vers la fin de l'automne elle est de 10 à 16 jours. La germination est terminée d'autant plus rapidement que la température du grain s'élève plus haut. La durée moyenne de la germination est de 8 jours. Le printemps et l'automne sont plus favorables qu'à l'été. La perte de poids que l'orge éprouve pendant la germination s'élève à environ 2 pour 100. Elle est due à l'oxydation du carbone de l'orge, qui est transformé en acide carbonique par l'oxygène atmosphérique.

C. Dessiccation et touraillage ou torréfaction de l'orge germée. — Dès que la germination de l'orge est suffisamment avancée, on arrête le développement du germe en enlevant rapidement au grain de la chaleur et de l'humidité. Dans ce but, on porte l'orge germée (le malt vert) dans le séchoir, qui est un grenier ordinaire, ou un autre lieu exposé à un courant d'air et qui se trouve dans le voisinage de la touraille. Le malt vert est étendu dans le séchoir en couches épaisses de 3 à 5 centimètres et brassé 6 ou 7 fois par jour pour empêcher qu'il ne s'échauffe. Lorsque le malt est sec, on enlève les radicules ; une partie de celles-ci tombe d'elle-même, et on élimine l'autre partie en marchant sur le malt avec des sabots et à l'aide du tarare. Le malt ainsi obtenu, *malt séché à l'air*, ne se distingue de l'orge germée que parce qu'il renferme moins d'humidité, ses propriétés chimiques n'ont pas changé.

Pour quelques espèces de bières on emploie le malt seulement séché à l'air, cependant, pour la plupart des bières, il est soumis à une sorte de grillage (*touraillage* ou *torréfaction*), qui a pour résultat de transformer le malt séché à l'air en *malt touraillé* ou *torréfié*. Si pendant la dessiccation le malt est exposé à une température qui approche du point d'ébullition de l'eau, il éprouve un changement important, qui se manifeste par une couleur plus foncée et un goût agréable. Ce changement est une conséquence de la continuation de la métamorphose de l'amidon en sucre, mais il a pour cause principale le grillage des éléments du malt. La température employée par le touraillage a une très-grande importance, parce que le degré de chaleur auquel il éprouve la transformation favorable et celui auquel il devient mauvais ne sont pas éloignés l'un de l'autre. Avant d'exposer le malt à la température nécessaire pour le touraillage, on le transporte d'abord dans le séchoir et ensuite on le chauffe sur la touraille à 50 ou 40°. Si le malt vert était soumis immédiatement à l'action d'une forte chaleur, l'amidon se transformerait en empois, le grain se convertirait en une substance cornée imperméable à l'eau et par suite il deviendrait impropre au brassage.

Parmi les *tourailles* maintenant en usage, nous citerons les suivantes, mais

nous ferons remarquer tout d'abord que toute touraille se compose essentiellement de deux parties : la surface sur laquelle est placé le malt à tourailler et l'appareil au moyen duquel le malt est chauffé. Autrefois la surface sur laquelle on déposait le malt était formée de carreaux ou de dalles de pierres, maintenant elle consiste toujours en une plaque de métal, percée de trous comme un crible, ou en une toile métallique. On distingue les *tourailles à fumée* et les *tourailles à air chaud*. Dans les premières, les gaz de la combustion qui se dégagent du foyer sont amenés encore chauds par des carneaux dans un espace s'élargissant en forme de trémie au-dessus duquel se trouve la surface destinée à recevoir le malt ; les combustibles qui,



[Fig. 312. — Touraille à fumée.

comme le coke, ne donnent pas de fumée, sont les plus convenables pour cette espèce de touraille. En employant du bois, le malt devient foncé et prend un goût de fumée qui se communique à la bière fabriquée avec ce malt. [La figure 312 représente une touraille à fumée, dans laquelle *b* est la plate-forme en tôle percée ou en toile métallique, sur laquelle on dispose l'orge germée; *f* est le foyer recouvert d'une voûte en briques percée de trous pour le passage des gaz de la combustion; *e* est un toit triangulaire destiné à empêcher les radicules de tomber dans le foyer, celles-ci glissent de chaque côté du toit et tombent dans les conduits *g, g*, qui les rejettent au dehors; ces conduits permettent en outre à l'air extérieur de s'introduire dans l'espace vide limité par *c c* et la plate-forme *b*, et de se mêler avec les produits de la combustion; *P, P* sont des portes par lesquelles on peut pénétrer sur la plate-

forme ou dans la chambre où se trouve le foyer; enfin les tringles *d*, *d*... servent à soutenir *b*.] Les *tourailles à air chaud* sont disposées de telle sorte que les gaz de la combustion n'ont pas de contact immédiat avec le malt à torréfier, mais le foyer et les gaz qui s'en dégagent produisent un courant d'air chaud qui se rend au-dessous de l'aire de torrédaction et traverse celle-ci. Lorsque cette surface n'est pas horizontale, mais inclinée des deux côtés, la touraille porte le nom de *touraille à plans inclinés*. Dans les grandes brasseries de la Bavière on emploie une combinaison des tourailles à air chaud et des tourailles à fumée, et dans ce but les gaz de la combustion provenant des chaudières à brasser sont dirigés au-dessous de l'aire de torrédaction au moyen d'un tuyau en tôle allant et revenant sur lui-même, et l'on fait aussi arriver directement sous cette même aire, au moyen d'un canal en pierres percé de trous, les gaz d'un foyer particulier (le foyer de la touraille). Depuis quelque temps on construit fréquemment des *tourailles doubles*, dans lesquelles on établit au-dessus de l'aire ordinaire de torrédaction une deuxième aire distante de la première d'environ 1 mètre.

Le *malt touraillé* n'est pas partout et dans tous les cas soumis au même degré de torrédaction (50 à 100°), et l'on distingue le produit obtenu d'après la couleur; il y a le *malt jaune*, le *malt jaune d'ambre* et le *malt brun*. Dans les espèces de malt que l'on vient de nommer, le touraillage n'a produit qu'une altération légère et superficielle, mais on prépare quelquefois du malt brun de café foncé (*malt-couleur*), qui est modifié dans toute sa masse par le grillage, et qui dans les brasseries anglaises est employé pour colorer le porter; on le grille à feu nu dans des cylindres en tôle comme le café. Le pouvoir saccharigène du malt est alors complètement détruit, l'amidon est transformé en léiocomme et le sucre en caramel. Après le touraillage on sépare les germes du malt de la même manière que pour le malt séché à l'air.

100 parties d'orge donnent en moyenne 92 parties de malt séché à l'air. Les 8 parties de perte se répartissent de la manière suivante :

L'eau de mouillage entraîne.	1,5
Perte dans le germe.	3,0
Perte en radicales.	5,0
Autre perte.	0,5
Perte totale.	8,0

Le degré d'humidité du malt séché à l'air est égal à celui de l'orge et il s'éleva à 12 ou 15,2 pour 100, quantité qui est complètement expulsée par le touraillage. D'après *C. John* (1869), 100 parties d'orge desséchée donnent :

	i.	ii.
Malt	83,09	85,88
Germe de la tige.	3,56	3,09
Germe de la racine.	4,99	4,65
Produits gazeux	8,56	6,38
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Les changements qu'éprouve le malt séché à l'air en se transformant en malt touraillé sont indiqués par les analyses suivantes, exécutées par *Oudemans* :

	MALT		
	séché à l'air.	touraillé.	fortement touraillé.
Produits de torrification	0,0	7,8	14,0
Dextrine	8,0	6,6	10,2
Amidon	58,1	58,6	47,6
Sucre	0,5	0,7	0,9
Matières celluluses	14,4	10,8	11,5
Substances albumineuses	15,6	10,4	10,5
Matière grasse	2,2	2,4	2,6
Cendres	3,2	2,7	2,7

Il résulte de là que la richesse en sucre ne s'élève que fort peu pendant le touraillage, qu'au contraire la teneur en dextrine (lèïocomme, amidon grillé) augmente par un fort grillage, et cela dans la même proportion que la richesse en amidon diminue. Comme exemple de la composition du malt touraillé obtenu dans les fabriques de malt (par exemple, avec l'excellente touraille construite par *C. Volkner*, de Prague), nous donnerons les analyses suivantes, exécutées par *J. J. Pohl* :

	MALT	
	séché à l'air.	desséché à 100°.
Eau	6,88	»
Éléments minéraux	2,32	2,49
Matière grasse	3,05	5,27
Cellulose	9,51	10,68
Gluten	9,53	10,23
Albumine	0,28	0,50
Dextrine	6,48	6,96
Sucre	5,16	5,54
Amidon	56,79	60,53
	100,00	100,00

La propriété que possède le malt de transformer l'amidon en dextrine et en sucre est due, comme on le sait, à la *diastase* qu'il renferme. *Dubrunfaut* a préparé il y a quelque temps (1868) avec le malt une autre substance, qui est beaucoup plus active que la diastase et qu'il a nommée *maltine*. Celle-ci, bien que jusqu'à présent elle n'ait pas encore été préparée dans un état de pureté complète, diffère essentiellement de la diastase, parce que vis-à-vis de l'acide tannique elle se comporte comme une base; elle s'unit avec cet acide sans perdre de son activité. Dans de bonne orge germée elle forme un centième du poids de celle-ci. Comme son activité est beaucoup plus grande que celle de la diastase, on peut avec la quantité de maltine qui est contenue dans une portion déterminée de malt produire 10 fois autant de bière que si l'on emploie seulement la diastase. *Dubrunfaut* a encore préparé un deuxième corps, mais qui possède une activité moins grande. Celui-ci se comporte comme la diastase relativement à son action décomposante sur l'amidon; le malt en contient environ 1 1/2 pour 100, tandis qu'il renferme 1 pour 100

de maltine. Le traitement énergique par l'alcool, auquel on soumet l'infusion de malt pour extraire la diastase, détruit la maltine. C'est pourquoi *Dubrunfaut* pense que la diastase n'est qu'une modification devenue inactive de sa nouvelle substance (?).

II. PRÉPARATION DU MOÛT¹.

Sous le nom de moût de bière, on désigne le liquide contenant du sucre et de la dextrine, que l'on obtient avec le malt et le houblon, et qui plus tard se transforme en bière par fermentation. Sa préparation comprend les opérations suivantes :

- A. Mouture ou concassage du malt,
- B. Démêlage ou brassage,
- C. Cuisson et houblonnage du moût,
- D. Refroidissement du moût.

A. Mouture ou concassage du malt. — Le moût est obtenu en traitant le malt par l'eau. Dans ce but, celui-ci doit être divisé convenablement. La transformation du malt en farine favoriserait, il est vrai, l'extraction des principes solubles, seulement le moût préparé avec une farine de malt trop fine ne pourrait être obtenu que très-difficilement clair par filtration (dans la cuve-matière). La mouture ou le concassage s'effectue dans des moulins à farine ordinaires, en ayant soin, afin d'éviter le plus possible de briser les enveloppes, d'humecter préalablement le malt avec de l'eau, ou bien on se sert de machines à cylindres, qui méritent incontestablement la préférence sur les moulins ordinaires, parce que le malt ainsi traité se laisse épuiser plus complètement, peut être plus facilement travaillé lors du brassage et laisse écouler rapidement le moût. Les cylindres agissent uniformément sur toutes les parties du grain, et de cette façon l'enveloppe, également comprimée dans tous les points, se détache facilement; cette particularité permet d'expliquer pourquoi le malt broyé entre des cylindres donne plus d'extrait que le malt divisé par mouture.

B. Démêlage ou brassage. — Le *démêlage* ou *brassage* a pour but non-seulement d'extraire le sucre et la dextrine contenus dans le malt et en général tous les principes solubles, mais encore de produire, avec le secours de la diastase, de l'eau, d'une température convenable et aux dépens de l'amidon non encore transformé, du sucre et de la dextrine. L'*empâtage* (*trempe préparatoire*) précède le brassage proprement dit; dans cette opération, le malt est mouillé avec de l'eau et ramolli. Si l'on arrosait immédiatement le malt avec de l'eau bouillante, il se formerait des grumeaux difficiles à désagréger. De l'eau trop chaude transformerait l'amidon du malt en empis, qui envelopperait les parties solubles et empêcherait la pénétration

¹ Nous ferons remarquer que dans la description de la préparation du moût nous avons omis à dessein de parler des *succédanés du malt*, comme le sucre de tégule, le riz, le maïs, la glycérine, la mélasse, etc., qui maintenant sont fréquemment employés.

de l'eau. En outre, la diastase est rendue inactive par de l'eau trop chaude. L'eau nécessaire pour l'épuisement du malt n'est jamais employée en une seule fois, mais par portions. Les expériences de *Musculus* ont montré que par l'action de la diastase sur l'amidon une partie seulement de celui-ci est transformée en sucre. *Lermer* a trouvé que, dans le brassage du malt d'orge, la quantité du sucre formé est, dans les cas les plus favorables, égale seulement à la moitié de celle qui correspond à l'amidon contenu dans le malt¹.

Les *méthodes de brassage* sont très-différentes, mais dans toutes on effectue la saccharification et la macération du malt dans les mêmes réservoirs. Suivant la manière dont on porte la trempé (le mélange de malt et d'eau) à la température de 75°, convenable pour la saccharification, on distingue les deux méthodes suivantes de brassage :

a. La *méthode par infusion*, dans laquelle on communique à la trempé un degré de chaleur déterminé, sans qu'aucune portion du mélange soit chauffée à l'ébullition. Avec de l'eau chaude on porte le malt moulu et empâté à la température de 70 ou 75° (*première trempé*), lorsque la saccharification est suffisante, on sépare le moût du résidu et en ajoutant encore de l'eau chaude à deux reprises différentes on extrait la portion du moût qui est retenue par la drèche (*deuxième et troisième trempes*); la méthode par infusion est usitée dans une grande partie de l'Allemagne du nord, en France, en Angleterre, en Belgique et dans quelques localités de l'Autriche et de la Bavière.

b. La *méthode par décoction*, dans laquelle, contrairement à ce qui a lieu dans la méthode par infusion, on fait bouillir la trempé par portions. [Cette méthode est surtout employée en Bavière, en Alsace, en Autriche, et les grandes brasseries françaises l'ont aussi généralement adoptée.]

α. Si l'on emploie le procédé par *coction de la masse pâteuse*, le malt moulu et empâté avec beaucoup d'eau n'est pas élevé à la température du brassage (70 à 75°), mais on atteint celle-ci en chauffant à l'ébullition une partie de la trempé dans la chaudière, et ensuite on l'ajoute dans la cuve-matière à l'autre portion de la trempé, et l'on répète cette opération plusieurs fois, jusqu'à ce que la trempé ait acquis la température convenable pour la saccharification.

β. Dans le procédé par *coction de la trempé claire*, on porte le malt moulu et empâté à la température du brassage, on ajoute le premier moût dans la chaudière et on le retourne bouillant sur le malt.

Le *brassage* s'effectue dans les *cuves-matières* (fig. 313); ce sont de grands réservoirs en bois ronds ou quadrangulaires munis d'un double fond. Le fond supérieur est percé de trous et il est à une petite distance au-dessus de l'inférieur. Entre les deux fonds se trouve un robinet pour faire écouler le moût. Dans les grandes brasseries, le fond filtrant en bois est remplacé par un fond filtrant en métal. On fait arriver l'eau chaude dans la cuve-matière

¹ *E. Schulze et Märker* (1872) ont obtenu un résultat semblable; 2 molécules d'amidon soumises à l'action de la diastase ont donné 1 molécule de dextrine et 1 molécule de dextrose.

non par en haut, mais *par en bas*, et dans ce but un canal quadrangulaire en bois ou même un large tube en cuivre descend du bord supérieur de la cuve au-dessous du fond filtrant. Lorsque le brassage est effectué à l'aide d'un appareil particulier (comme dans la cuve-matière représentée par la figure 314), ce canal ou ce tube ne se trouve pas dans la cuve elle-même, mais en dehors de celle-ci, et dans ce cas le mieux est de l'adapter au tube du robinet de vidange. Au-dessous des cuves-matières se trouve un grand réservoir, la *cuve-reverdoire*; celle-ci est en pierre, en ciment, en bois ou en maçonnerie, mais elle est toujours garnie de cuivre et destinée à recevoir le liquide qui s'écoule des cuves-matières. Dans les brasseries où la trempé est reçue immédiatement dans la chaudière, la cuve-reverdoire est, on le comprend, supprimée. Le brassage de la masse pendant le traitement du malt s'effectue soit à bras à l'aide des fourquets, soit au moyen de *brassoirs mécaniques*, qui sont mis en mouvement par la force de l'eau ou de la vapeur.

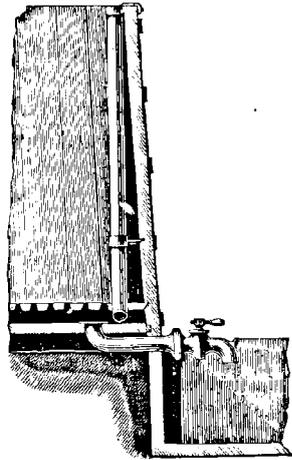


Fig. 313. — Cuve-matière.

[Dans la cuve-matière représentée par la figure 314, *a a* est le faux-fond troué formé par une sorte de grille circulaire n'occupant qu'une portion du fond de la cuve; *b* est le robinet du tube de vidange *b' b'*, qui sert en même temps pour l'introduction de l'eau arrivant par le tuyau extérieur *c*; *g g* est un brasseur mécanique qui reçoit son mouvement au moyen des roues d'angle *d* et *e*, et qu'à l'aide de la manivelle *k* et des chaînes *h, h* on peut remonter ou descendre suivant les besoins.]

Méthode par décoction. — Occupons-nous maintenant de la description du brassage proprement dit et commençons par celle de la *méthode par décoction*. L'empâtage s'effectue dans la cuve-matière, où l'on introduit d'abord la quantité d'eau voulue et ensuite le malt concassé. La quantité d'eau qui est employée pour l'empâtage s'élève ordinairement pour 100 volumes de malt à 202 volumes d'eau à la température ordinaire. Lorsque le malt concassé a été bien démêlé avec l'eau, on abandonne le tout pendant 6 ou 8 heures. Pendant ce temps l'eau nécessaire pour le brassage est chauffée à l'ébullition dans la chaudière; la quantité de l'eau varie suivant que l'on veut préparer de la bière au détail ou de la bière de garde. En Bavière, la quantité de bière que l'on prépare avec une quantité déterminée de malt est fixée légalement et s'élève pour la bière au détail (bière d'hiver) à 478 litres et pour la bière de garde (bière d'été) à 411 litres par 222 litres de malt, ou, en d'autres termes :

100 vol. de malt donnent.	}	202,3 vol. de bière au détail,
		173,4 — — — de garde.

Pour produire cette quantité de bière on doit naturellement employer, pour le brassage, une plus grande quantité d'eau. Ainsi, par exemple, dans

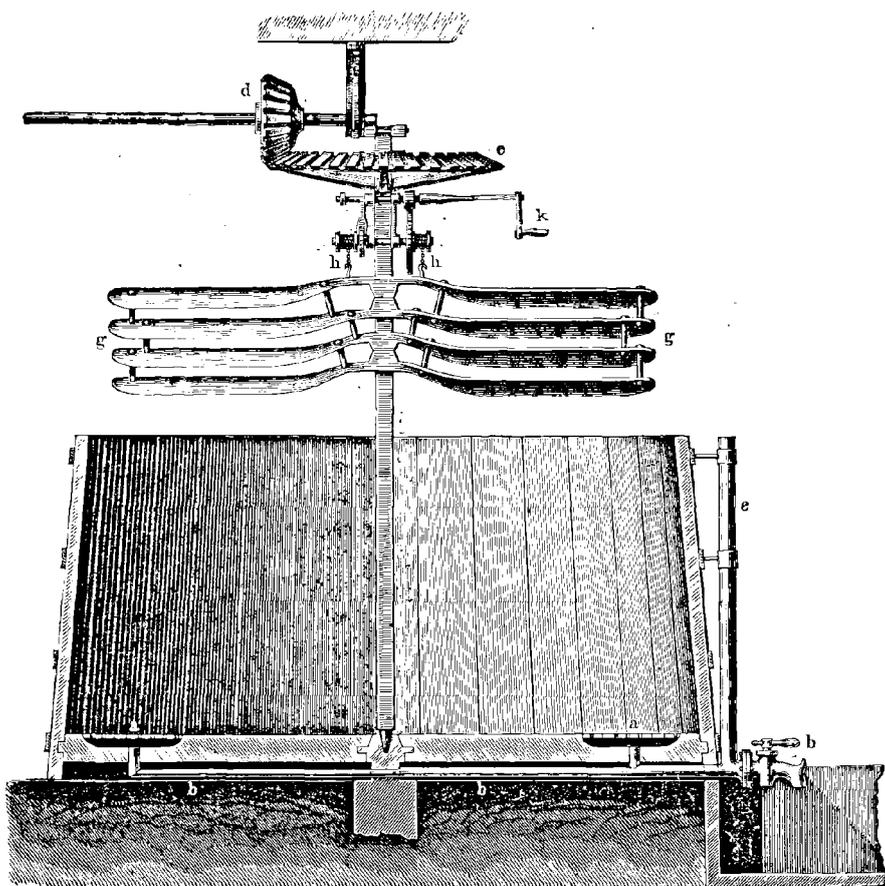


Fig. 514. — Cuve-matière avec brassoir mécanique.

une brasserie de Bavière on prend les quantités suivantes par 100 volumes de malt :

	BIÈRE AU DÉTAIL.	BIÈRE DE GARDE.
Pour l'empâtage	202,5 vol.	202,5 vol.
— le brassage	170,0	130,0
	<hr/> -572,5 vol.	<hr/> 332,5 vol.

Ces proportions varient d'après la qualité de l'orge, la température, le temps pendant lequel la bière doit être conservée, etc.

Parmi les *modifications de la méthode par décoction*, nous citerons : 1° la

méthode bavaroise ou de Munich, et 2^o le procédé d'Augsbourg et Nuremberg, appelé aussi *méthode de Souabe*.

Méthode bavaroise ou de Munich. D'après le *procédé de Munich* (coction de la trempe épaisse ou coction de la trempe claire), la quantité d'eau nécessaire pour le brassin est fractionnée, deux tiers sont employés pour l'empâtement du malt concassé dans la cuve-matière. Lorsque la trempe a été traitée dans la cuve pendant trois ou quatre heures, on introduit en brassant continuellement le dernier tiers de l'eau, qui pendant ce temps a été chauffé à l'ébullition dans la chaudière, et la trempe prend alors une température de 30 à 40°. Vient ensuite la *première coction de la trempe épaisse*; dans ce but, le brasseur rassemble le malt démêlé vers un des côtés de la cuve et il en prend une partie (environ un tiers) qu'il introduit dans la chaudière, où il la laisse bouillir pendant trente minutes pour la bière au détail et pendant soixante-quinze minutes pour la bière de garde. La quantité de la masse puisée s'élève ordinairement à la moitié de l'eau employée. La masse bouillante est retournée dans la cuve-matière. Cela fait, on transporte la *deuxième trempe épaisse* dans la chaudière, où on la fait bouillir pour la bière au détail pendant soixante-quinze minutes et pour la bière de garde pendant une heure. La première trempe épaisse élève la température dans la cuve-matière à 48 ou 50°, la deuxième à 60 ou 62°. Après le traitement de la deuxième trempe épaisse, on fait passer la *trempe claire*, c'est-à-dire la partie claire de la trempe, dans la chaudière, où on la fait bouillir pendant environ quinze minutes pour la retourner ensuite dans la cuve-matière. La température de la trempe s'élève maintenant à 72 ou 75°, et elle est la plus convenable pour la formation du sucre. La trempe est abandonnée à elle-même dans la cuve couverte pendant une heure et demie ou deux heures. Pendant ce temps, aussitôt que la trempe claire a abandonné la chaudière, celle-ci est de nouveau remplie avec de l'eau, dont la quantité doit être égale à celle qui est nécessaire pour la préparation de la petite bière. La saccharification terminée, on fait écouler le premier *moût* dans la cuve reverdoire, ou à l'aide d'une pompe on l'amène immédiatement de la cuve-matière dans la chaudière. Lorsque le moût a été soutiré, on procède à l'épuisement plus complet de la drèche, sur laquelle on verse encore de l'eau bouillante; la masse est brassée; au bout d'environ une heure on soutire le deuxième moût, que l'on mélange avec le premier, ou bien on le brasse séparément de celui-ci; afin de pousser aussi loin que possible l'épuisement de la drèche, on ajoute une nouvelle quantité d'eau et l'on se sert du moût obtenu pour la préparation de la *petite bière*; avec 222 litres de malt on prépare environ 52 ou 43 litres de petite bière. On arrose le résidu encore une fois avec de l'eau et l'on emploie, pour fabriquer de l'eau-de-vie ou du vinaigre de moût, ce dernier extrait, ainsi que la masse pâteuse (boue de malt), formée aux dépens des parties farineuses du malt, qui, pendant le brassage, se déposent sur la drèche. La boue de malt sert aussi pour la préparation du pain. La drèche est employée comme aliment pour les bestiaux.

Le procédé par coction de la trempe épaisse n'est point une méthode ra-

tionnelle, parce que les traitements successifs que l'on fait subir à la trempe ne sont qu'un travail superflu, qui ne contribue pas autant qu'on le pense ordinairement à l'épuisement complet du malt, et la transformation de l'amidon en dextrine ou en dextrose, non-seulement n'est pas accélérée, mais encore est rendue incertaine, parce qu'une température trop élevée peut rendre inactive une partie de la diastase. Tous ceux qui se sont efforcés d'établir l'industrie du brasseur sur des principes physiques et chimiques se prononcent contre la préférence que l'on accorde si fréquemment, mais à tort, à la méthode par coction de la trempe épaisse, — par la coction répétée de la trempe, le moût ne serait plus protégé contre l'acidification ou toute autre altération nuisible; la grande richesse en dextrine produite par la coction répétée (par suite de l'extinction de l'activité de la diastase) rendrait possible la préparation d'une bière faible, susceptible de se conserver longtemps, etc., — et ils proposent, pour diminuer le plus possible les désavantages de cette méthode, d'effectuer l'empâtage à une température assez élevée (à environ 60 ou 65°), afin que l'on puisse avec une seule coction de la trempe épaisse donner à la trempe contenue dans la cuve-matière la température voulue. L'opinion généralement admise, que les bières par décoction renferment une plus grande quantité de dextrine que les bières par infusion, n'est pas du tout exacte. *J. Gschwändler* (1868) n'a trouvé, sous le rapport de la teneur en dextrine, que de très-faibles différences entre les moûts de bière par décoction (6,2 0/0) et ceux par infusion (6,68 0/0).

Méthode de Souabe. La *méthode de Souabe* ou d'*Augsbourg et Nuremberg*, telle qu'elle est pratiquée dans un grand nombre de brasseries de la Souabe et de la Franconie (Augsbourg, Ausbach, Erlangen, Nuremberg, Kulmbach, Kitzingen), est différente de la méthode précédente. Elle consiste essentiellement en ce que l'on sépare de la trempe, pour empêcher la saccharification ultérieure, le liquide riche en dextrine obtenu en traitant avec de l'eau froide le malt concassé (pour 1,554 litres de malt on prend 2,055 à 2,400 litres d'eau); au bout de quatre heures environ, on fait écouler par le robinet les deux tiers du liquide dans la cuve-reverdoire, où celui-ci est conservé. Pour favoriser l'empâtage, le malt est brassé avec un rable dans la cuve-matière, puis aplani et abandonné au repos. Pendant ce temps, l'eau a été chauffée jusqu'à l'ébullition dans la chaudière (pour 1,554 litres de malt il faut 3,291 litres d'eau). Dès que l'eau est bouillante, on en verse une partie dans la cuve-matière, de manière que la température de la trempe s'élève à 50° ou 52°. Le liquide qui se trouve dans la cuve-reverdoire est ajouté à l'eau dans la chaudière; il contient en dissolution de l'albumine, de la diastase, de la dextrine et de la dextrose, et il contribue à la clarification de l'eau, parce que l'albumine se coagule et enveloppe toutes les impuretés du liquide; il est vrai qu'en même temps la diastase est aussi détruite. On laisse la trempe reposer pendant un quart d'heure dans la cuve, on ouvre ensuite le robinet et l'on fait écouler rapidement presque tout le liquide; celui-ci (la *première trempe*) est introduit dans la chaudière et chauffé à l'ébullition. Le liquide doit être soutiré rapidement, afin que l'espace compris entre les

deux fonds soit tout à fait vide, après quoi on ferme de nouveau le robinet. Pendant que la première trempe est chauffée à l'ébullition dans la chaudière, il se rassemble entre les deux fonds de la cuve un nouveau liquide clair et limpide, qu'on fait passer de la cuve-matière dans la cuve-reverdoire et de là dans les bacs refroidisseurs, où il reste provisoirement et est agité de temps en temps. Le liquide chauffé jusqu'à l'ébullition dans la chaudière est versé dans la cuve-matière et laissé dans celle-ci, jusqu'à ce que la trempe y ait atteint une température de 72 à 75°. Cette *deuxième trempe* est portée complètement dans la chaudière (excepté toutefois une petite quantité, qui reste dans la cuve-matière, afin d'empêcher son refroidissement) et en l'agitant continuellement on la fait bouillir pendant une heure. Au bout de ce temps, la trempe est retournée dans la cuve-matière; elle porte alors le nom de *troisième trempe*. Le liquide qui se trouve dans les bacs refroidisseurs est apporté dans la chaudière, où l'on ajoute maintenant le houblon, mais sans mêler celui-ci intimement avec le liquide. Pendant que celui-ci est chauffé doucement dans la chaudière jusqu'à 25 ou 28°, on procède au *soutirage*; le mout trouble qui s'écoule le premier est retourné dans la cuve-matière et l'autre partie qui sort claire est versée sur le houblon contenu dans la chaudière. C'est seulement alors que l'on chauffe celle-ci et que l'on fait bouillir le tout pendant trois quarts d'heure ou une heure. Le mout houblonné est ensuite porté aux bacs refroidisseurs. Ce qui a été dit au sujet du procédé bavarois s'applique encore mieux au procédé d'Augsbourg et Nuremberg, méthode de brassage qui repose sur des principes faux et qui n'a pu être imaginée que dans un temps où on ne pouvait pas encore se rendre compte des phénomènes chimiques qui accompagnent le brassage.

Méthode par infusion. — La *méthode par infusion* se distingue du procédé par décoction parce que l'on porte le malt concassé et empâté à la température de brassage (70 à 75°) en le mélangeant avec de l'eau bouillante, sans chauffer une partie de la trempe à l'ébullition, on soutire le mout produit et l'on fait encore plusieurs infusions pour épuiser complètement la drèche. Cette méthode est employée en Angleterre, dans l'Amérique du Nord, en France, en Belgique et dans l'Allemagne du Nord.

L'eau employée pour l'empâtage et le démêlage est chauffée tout entière ou seulement en partie dans la chaudière à 75° en hiver et à 50 ou 60° en été; la quantité nécessaire est versée dans la cuve-matière, où l'on ajoute le malt concassé, qu'à l'aide de l'eau on convertit en une masse homogène. Dès que l'eau est entrée en ébullition dans la chaudière, on procède au démêlage (brassage). Dans ce but, on fait couler l'eau bouillante dans la cuve-matière par le tube destiné à cet usage; le liquide est un peu refroidi par l'eau d'empâtage, il s'élève par les trous du fond filtrant et se mêle avec le malt. L'élévation de la température à 75°, qui est celle qui convient le mieux pour la saccharification, n'a lieu que peu à peu, afin qu'il ne se produise pas d'empois, qui s'opposerait à l'action de la diastase. Comme la transformation de l'amidon en dextrine et en dextrose ne s'effectue que peu à peu, la température de brassage ou température de la formation du sucre

doit être maintenue pendant quelque temps, en ayant soin cependant qu'elle n'agisse pas trop longtemps, parce que sans cela, par suite de la formation d'acide lactique (et probablement aussi d'acide propionique), la trempe deviendrait aigre. La meilleure manière d'apprécier les progrès de la formation de la dextrine et de la dextrose consiste dans l'emploi d'une solution aqueuse d'iode (ou d'une solution de 10 centigr. d'iode et de 10 centigr. d'iodure de potassium dans 100 centimètres cubes d'eau), qui produit dans la trempe une coloration d'abord bleu foncé et ensuite rouge de vin et qui enfin, lorsqu'il n'y a plus que de la dextrine et de la dextrose, ne donne lieu à aucun changement de couleur dans le moût clair, si, à une petite quantité de la solution d'iode, on ajoute deux ou trois gouttes de la trempe.

Lorsque la trempe a été maintenue pendant une heure environ à la température de la formation du sucre, on soutire le moût formé, soit dans la cuve-reverdoire, soit dans une cuve à moût spéciale, soit enfin immédiatement dans la chaudière. Après l'écoulement du premier moût, on fait la deuxième infusion, afin d'épuiser le plus possible la drèche, et dans ce but on arrose celle-ci avec de l'eau bouillante, on brasse et l'on abandonne de nouveau la trempe à la température de 75° environ pendant une demi-heure ou une heure. Aussitôt que le deuxième moût a été soutiré à 80 ou 90° et réuni au premier, on arrose de nouveau la drèche avec de l'eau chaude, après avoir enlevé préalablement la boue de malt (la boue superficielle). [Le troisième moût, ainsi obtenu, sert ordinairement à la préparation de la petite bière.] Il est clair que la méthode par infusion, relativement au nombre des infusions à faire, de la quantité d'eau et de la température de celle-ci, peut être pratiquée différemment, mais il est toujours nécessaire, pour obtenir une bière d'une certaine qualité, de produire un moût ayant une même concentration.

On détermine la concentration à l'aide du saccharimètre de *Kayser* ou de celui de *Balling*, qui donnent la richesse centésimale des solutions sucrées en sucre pur, et, comme l'a indiqué *Balling*, les dissolutions d'extrait de malt anhydre possèdent le même poids spécifique que les dissolutions de sucre de canne, ayant la même richesse saccharine centésimale. Pour la fabrication de la bière, le saccharimètre (*mustimètre*) n'a besoin d'être construit que pour des dissolutions dont la richesse ne dépasse pas 20 ou 30 pour 100. [En déterminant à l'aide de l'aréomètre de Baumé la densité du moût, on peut aussi facilement se rendre compte de sa richesse en extrait, sachant que, d'après *Lacambre* :

1	degré B.	à 15°	correspond	à	1,40	0/0	d'extrait;
2	—	—	—	à	2,88	—	—
3	—	—	—	à	4,28	—	—
4	—	—	—	à	6,25	—	—
5	—	—	—	à	7,96	—	—
6	—	—	—	à	9,78	—	—
7	—	—	—	à	11,49	—	—
8	—	—	—	à	13,18	—	—
9	—	—	—	à	14,06	—	—
10	—	—	—	à	16,55	—	—
11	—	—	—	à	18,56	—	—
12	—	—	—	à	20,16	—	—

Richesse du moût en extrait. — La richesse en extrait que doit avoir un moût, pour produire une espèce de bière déterminée, dépend naturellement des propriétés que l'on exige de la bière, qui doit être douce ou alcoolique (forte). La quantité de l'extrait de malt varie dans les différentes bières de 4 à 5 pour cent, celle de l'alcool de 2 à 8 pour cent. D'après ce qui a été dit précédemment (page 155), 1 pour cent de sucre dans le moût doit donner sous l'influence de la fermentation alcoolique environ 0,5 pour cent d'alcool. Il résulte de là que pour certaines bières il faut un moût concentré, tandis que pour d'autres il faut que celui-ci le soit moins. Si l'on exige, par exemple, de la bière à préparer qu'elle ait une richesse alcoolique de 5 pour cent et une richesse en extrait de malt de 7 pour cent, le moût doit marquer avant la fermentation 17 pour cent au saccharimètre. Une bière avec 3,5 pour cent d'alcool et 5,5 pour cent d'extrait exige un moût marquant 12,5 pour cent au saccharimètre. [En France, les moûts sont ordinairement préparés de façon qu'ils marquent de 7°, 5 à 9° B. pour les bières de table, et 3° à 3°, 5 ou 4° pour la petite bière.]

On augmente souvent, notamment en France et en Angleterre, la richesse du moût en y ajoutant du sirop de fécule ¹, de la mélasse de canne, ou du sucre brut; le sirop de fécule préparé avec l'acide sulfurique contenant toujours une petite quantité de ce dernier acide à l'état de liberté, ainsi que du sulfate de calcium, on devrait employer de préférence le sirop obtenu par la diastase.]

C. Cuisson du moût. — Le moût fait, mais non cuit, contient de la dextrose, de la dextrine, quelquefois de l'amidon non transformé, des substances protéïques, de l'albumine végétale notamment, des substances extractives et des sels minéraux. Suivant la couleur du malt employé, il est brun ou brun jaune; il a une odeur agréable et une saveur sucrée. Par suite de la présence d'une petite quantité d'acide phosphorique, d'acide lactique, etc., la réaction du moût est toujours acide. Mais cette réaction n'est jamais aussi forte que dans le moût aigre, dans lequel la présence d'acides libres (acides lactique, propionique, dans certaines circonstances acide butyrique) se reconnaît au goût et à l'odeur. La cuisson du moût a pour but de concentrer ce liquide, d'y dissoudre les principes du houblon, de coaguler une partie des substances protéïques, qui empêcheraient la bière de se conserver, et en outre de précipiter par le tannin du houblon l'amidon non encore transformé. Par la précipitation ainsi produite, le moût est clarifié. Dans un grand nombre de brasseries, on cherche à

¹ [La quantité du sirop de fécule ajouté est ordinairement égale au dixième de celle du malt : ainsi, dans les brasseries françaises, on emploie, pour produire 60 hectolitres de bière double :

Malt	2000 kilog.	Eau à 60°,	25,000 litres
Sirop de fécule à 55°	200 —	Eau à 90°,	25,000 —
Houblon	60 —	Eau à 100°,	12,000 —

et en épuisant la drêche avec 4,000 litres d'eau à 100°, on obtient 40 hectolitres de petite bière.]

diminuer la proportion des substances azotées, en ajoutant du plâtre au moût bouillant.

On se sert pour la cuisson du moût soit de chaudières hémisphériques et profondes, soit de chaudières plates. Les chaudières sont presque toujours en cuivre, rarement en fer. Le plus souvent, comme le montre la figure 315, elles sont quadrangulaires, plates et établies dans la maçonnerie du fourneau, de manière qu'elles soient entourées par la flamme jusqu'à la moitié de leur hauteur, et que la moitié supérieure soit environnée par la maçonnerie ; de cette façon, elles sont protégées contre l'action directe du feu. On cherche par une disposition convenable du

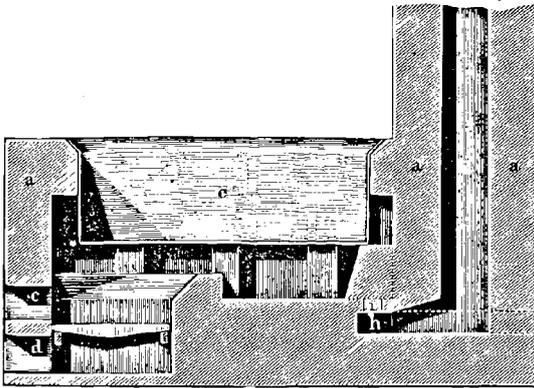


Fig. 315. — Chaudière pour la cuisson du moût de bière.

foyer à économiser le plus possible le combustible, mais il faut toujours avoir soin de tenir compte de cette circonstance, que le moût doit être chauffé aussi rapidement que possible. [Dans le dispositif représenté par la figure 315. *c* est une chaudière quadrangulaire entourée supérieurement par la maçonnerie *aa* ; la flamme et la fumée produites par le combustible chargé par *c* sur la grille *b* passent au-dessous de la chaudière en *fff*, contournent celle-ci, se rendent par le carneau *I* dans le conduit *h* et s'échappent ensuite par la cheminée *g* ; *d* est la porte du cendrier. Les chaudières à air libre dont il vient d'être question ont l'inconvénient de laisser échapper dans l'atmosphère une partie de l'arome du houblon ; c'est pourquoi on les a remplacées dans quelques brasseries, notamment en Angleterre et en Belgique, par des chaudières closes, munies intérieurement d'un agitateur mécanique.]

Houblonnage. — Le mode d'emploi du houblon dans la fabrication de la bière n'est pas toujours le même : la manière dont on mélange le houblon avec le moût et la quantité que l'on ajoute dépendent de la qualité et de l'espèce du houblon, de la richesse plus ou moins grande de la bière en extrait, et surtout du temps pendant lequel la bière doit être conservée.

Pour la bière d'hiver ou bière au détail, qui en général doit être consommée 4 ou 6 semaines après le brassage, on n'emploie ordinairement, en Bavière, que du houblon de l'année précédente (du houblon vieux), et l'on prend par hectolitre de malt 450 à 675 grammes de houblon, suivant la qualité de celui-ci. Pour la bière d'été ou bière de garde, on se sert de houblon nouveau, et l'on en prend pour la bière qui est destinée à être bue dans les premiers mois, mai et juin, 900 à 1,125 grammes par hectolitre de malt sec. Pour la bière qui doit se conserver plus longtemps, peut-être jusqu'en septembre et octobre, on compte 1,550 à 1,575 grammes de houblon nouveau par hectolitre de malt. [En France, on emploie à peu près 450 à 500 grammes de houblon par hectolitre de malt, et on ajoute encore environ 75 à 80 grammes de houblon de qualité inférieure dans le moût destiné à la préparation de la petite bière. En Angleterre, les quantités employées sont plus considérables, elles varient suivant les espèces de bière de 700 à 1,500 grammes.]

Parmi les éléments du houblon qui doivent être pris en considération dans la préparation de la bière, nous citerons au premier rang les substances amères (non encore suffisamment connues, malgré les recherches nouvelles), qui communiquent à la bière, outre le goût amer, les propriétés narcotiques, puis le tannin, qui précipite en partie les matières protéiques, lesquelles ne seraient pas séparées par la seule ébullition du moût, et qui contribue ainsi à clarifier ce liquide, à modérer la fermentation principale et à régulariser la fermentation complémentaire. L'huile volatile et la résine de houblon arrêtent également la fermentation et contribuent par conséquent à la conservation de la bière. Parmi les autres éléments du houblon qui sont dissous pendant le houblonnage, on pourrait encore citer une partie des sels minéraux, bien qu'on ne doive leur accorder aucune importance. Relativement à la concentration que l'on doit donner au moût par la cuisson, il ne faut pas oublier qu'elle doit rester de 0,5 à 1° saccharimétrique au-dessous de la concentration que le moût doit avoir au commencement de la fermentation, parce que, par le refroidissement, le degré de concentration du moût cuit augmente d'autant. Lorsque le moût contenu dans la chaudière a atteint la température de 90° environ, la séparation de l'albumine coagulée a lieu, et dans le moût obtenu à l'aide du procédé par infusion en quantité plus grande que dans celui préparé par décoction. Lorsque dans un échantillon recueilli dans la chaudière les flocons suspendus se déposent rapidement et que le liquide paraît clair et limpide, le moût est cuit; si le moût doit, comme dans le procédé par infusion, être encore plus concentré, on continue la cuisson (fréquemment pendant 5 ou 8 heures) jusqu'au degré de concentration voulu [ou bien, comme on le fait aussi quelquefois, on augmente sa concentration en y ajoutant du sirop de fécule, de la mélasse, etc.]. Si la cuisson a seulement pour but de coaguler l'albumine, en hiver il suffit de faire cuire pendant une heure et en été pendant trois quarts d'heure. Le mieux est d'ajouter le houblon à l'état divisé et seulement lorsque les corps albumineux sont déjà en majeure

partie coagulés et enlevés. Pour opérer le houblonnage, on fait couler dans le refroidissoir tout le moût cuit et encore bouillant, en le faisant passer à travers un filtre (le *filtre à houblon*) rempli de houblon (le filtre à houblon est un panier en osier décortiqué ou bien un vase quadrangulaire fait avec des baguettes de bois, dont le fond et les parois latérales sont garnis d'une lame de cuivre percée de trous ou d'une toile métallique), ou bien on fait bouillir le houblon à la fin de la cuisson avec tout le moût, ou bien encore on fait bouillir le houblon successivement, dans plusieurs portions de moût, et enfin avec le moût faible qui doit servir à la préparation de la petite bière.

D. Refroidissement du moût. — On refroidit le moût cuit afin qu'il s'abaisse à la température convenable pour la mise en levain et la production de la fermentation. A une température comprise entre 23 et 30°, le moût a une grande tendance à produire de l'acide lactique, le refroidissement doit par conséquent être accéléré le plus possible, afin que le moût passe rapidement par cette température, si nuisible à son existence. Le *refroidissement* s'effectue dans les *bacs refroidissoirs*, dont le perfectionnement et la bonne disposition doivent être attribués à ce que maintenant, dans beaucoup d'endroits, on cherche à préparer une bière de garde d'une meilleure conservation, dont la préparation n'était pas possible autrefois par suite des dispositions défectueuses des refroidissoirs.

Les bacs refroidissoirs sont des vases en bois ou en métal (tôle ou cuivre) le plus souvent rectangulaires, d'une profondeur de 18 à 24 centimètres et qui sont établis dans un lieu frais et aéré. Une accélération de l'évaporation par multiplication et renouvellement des surfaces, un état de sécheresse aussi grande que possible dans l'atmosphère, un ciel clair, la soustraction de la chaleur par les appareils refroidissoirs, tout cela favorise beaucoup le refroidissement du moût. Les refroidissoirs *en bois* ne produisent qu'un seul effet, le refroidissement n'a lieu qu'à la surface, et le fond et les parois n'y contribuent que peu. Beaucoup plus avantageux sont les refroidissoirs *en tôle*, qui refroidissent en un temps beaucoup plus court et qui ont en outre l'avantage de durer plus longtemps et d'être plus propres. Dans un grand nombre de brasseries de la Bavière, on produit encore le refroidissement en lançant en l'air et en battant à l'aide d'un rable muni d'un long manche le moût soutiré bouillant de la chaudière dans le refroidissoir. C'est un travail fatigant et long, qui dure souvent 8 ou 10 heures. D'après l'opinion prédominante, le contact intime du moût chaud avec l'air, qu'occasionne cette manière de procéder, aurait une influence favorable sur la conservation et la limpidité de la bière ; et en effet il n'est pas impossible que, sous l'influence de l'air, des corps protéïques soient précipités. Pour *favoriser le refroidissement*, il faut faire en sorte que les vapeurs aqueuses soient entraînées et que celles-ci soient remplacées par une nouvelle quantité d'air sec : pour produire ce courant d'air on emploie des ventilateurs, des arbres à ailettes et des machines à agiter. Les refroidissoirs dans lesquels de l'eau froide

est employée comme moyen de réfrigération sont très-convenables pour le *refroidissement complémentaire*. [Ces appareils consistent en serpentins établis dans des bacs ouverts et dans lesquels circule un courant d'eau glacée, ou bien ce sont des serpentins doubles s'enveloppant l'un l'autre et disposés de façon que le moût chaud circule dans l'un, tandis que l'autre est traversé par l'eau glacée marchant en sens inverse du moût. Pour amener à une basse température l'eau nécessaire pour l'alimentation des serpentins, on la fait passer, comme cela a lieu en Autriche, à travers des blocs de glace, contenus dans de grands bacs en bois ; ces bacs sont, au moyen de cloisons verticales disposées en chicane, séparés en plusieurs compartiments que le liquide est obligé de traverser alternativement de haut en bas et de bas en haut, avant d'arriver à l'extrémité du bac, d'où il sort refroidi à 0°. Il pénètre ensuite dans le serpentin, s'échauffe au contact du moût, et les deux liquides se trouvent ainsi amenés finalement à la température de 3 ou 4°.] Le meilleur moyen pour terminer rapidement le refroidissement et pour porter le moût à la température convenable pour la mise en levain (7 à 10°) est sans contredit la *glace que l'on projette en morceaux dans le moût et qu'on y laisse fondre ou qu'on dépose sous forme de flotteurs à la surface du moût à refroidir*. C'est le degré de concentration du moût qui doit décider si celui-ci peut supporter un refroidissement immédiat avec la glace. Il n'y a que des raisons économiques qui puissent décider à quel degré de température du moût on doit commencer à employer la glace. La température à laquelle le moût est refroidi dépend de la température du local où doit s'effectuer la fermentation, et du mode de fermentation. La pratique a fait connaître comme les plus convenables les températures suivantes :

TEMPÉRATURE DU LOCAL.	TEMPÉRATURE DU MOÛT	
	Fermentation avec dépôt.	Fermentation superficielle.
6 à 7°	12°	15°
7 à 8°	11°	14°
8 à 9°	10°	15°
9 à 10°	9°	12°
10 à 12°	7 à 8°	12 à 11°

La concentration du moût cuit et houblonné est exprimée en degrés centésimaux du saccharimètre. La concentration légale du moût cuit et houblonné s'élève à la température de 17°,5, en Bavière, pour la bière au détail ou bière d'hiver, à 10,4 ou 10,8 pour cent, pour la bière de garde à 12,3 ou 12,6 pour cent. Le moût a une richesse en extrait de 15 à 16 pour cent pour le bockbier et de 17 à 18 pour cent pour le salvatorbier. D'après une analyse effectuée en 1868 par J. *Gschwändler*, le moût offre la composition suivante :

	DÉCOCTION.	BOCK.	PROCÉDÉ d'Augsbourg- Nuremberg.	INFUSION.
Sucre	4,85	7,40	4,37	5,26
Dextrine	6,25	8,60	7,64	6,68
Substances azotées.	0,79	1,55	—	—
Autres éléments.	0,41	0,75	0,95	0,70
Poids spécifique.	1,040	1,073	1,052	1,051
Extrait (dét. direct)	11,87	17,05	14,98	14,95
— (d'après <i>Balling</i>)	12,19	17,68	12,95	12,64

La substance floconneuse gris-jaune ou brune, qui se rassemble au fond des bacs refroidissoirs, a une composition différente suivant le procédé de brassage employé; dans les brasseries, où l'on suit la méthode de la trempée épaisse, cette substance se compose essentiellement, abstraction faite des folioles de houblon, des débris de glumes de l'orge, etc., d'une combinaison de tannin de houblon avec du gluten, quelquefois aussi avec de l'empois d'amidon; cette combinaison, qui est en outre mêlée avec de l'albumine végétale coagulée, s'est formée lors de la cuisson du moût et a été entraînée de la chaudière dans les bacs refroidissoirs. A l'état frais, la substance floconneuse forme une masse limoneuse, dont la quantité s'élève à 3 ou 7 pour 100 de celle du moût refroidi; lavée et desséchée, elle forme 0,5 pour 100 du malt employé.

III. FERMENTATION DU MOÛT ET CONSERVATION DE LA BIÈRE.

Le moût, après un refroidissement convenable, est propre à subir la fermentation alcoolique; celle-ci a lieu spontanément ou, et c'est le cas ordinaire, par addition de levûre. La *fermentation spontanée* a lieu aussitôt que le moût est abandonné à lui-même à une température convenable; dans ce cas ce sont les spores de levûre répandus partout dans l'air et notamment dans celui des locaux à fermentation qui, trouvant dans le moût un terrain propre à leur végétation, s'y transforment en cellules de levûre. Cette fermentation, dite spontanée, est employée en Belgique pour la préparation du *faro* et du *lambick*¹, qui sont des bières riches en acide lactique. Mais la fermentation du moût est ordinairement provoquée par addition de *levûre*, procédé à l'aide duquel on évite la première période de la fermentation spontanée, toujours dangereuse pour l'existence de la bière et qui donne naissance à une fermentation régulière et rapide, laquelle doit cependant être réglée de telle sorte que la levûre ne décompose que peu à peu la dextrose en alcool et acide carbonique². On atteindra ce but en retardant le

¹ [Le *faro* et le *lambick* diffèrent aussi des autres bières en ce qu'ils sont fabriqués avec un mélange à parties égales d'orge germée et de farine de froment non germé; la bière de mars belge et la bière de Louvain sont aussi préparées de la même manière, et il entre en outre dans la composition de cette dernière une certaine quantité de farine d'avoine; enfin on emploie, pour la préparation de la bière de Lille, une petite quantité de froment.]

² Les résultats des recherches de *Lerner* et de *Liebig* (1870) ont une grande importance au point de vue de la fabrication rationnelle de la bière: ces chimistes ont trouvé que,

plus possible la marche de la fermentation, soit en refroidissant le moût de manière que le phénomène commence et se continue à la température la plus basse possible, soit aussi en diminuant la quantité de la levûre.

Plus le moût est chaud et plus la température du local où s'effectue la fermentation est élevée, moins on doit employer de levûre. Mais, outre la température, l'*espèce de levûre* a aussi de l'influence sur la marche de la fermentation. Une levûre qui s'est formée pendant une fermentation rapide et à une température élevée produit également une fermentation plus rapide dans un nouveau moût qu'une levûre qui s'est séparée à une température plus basse et dans une fermentation plus lente. La première se sépare à la surface du liquide en fermentation, et se nomme *levûre superficielle*, tandis que la deuxième espèce, la *levûre de dépôt*, se trouve au fond du vase après le soutirage du moût fermenté. L'emploi de ces deux espèces de levûre et l'effet différent que produit une haute (à 15, 18 et même 20°) ou une basse (à 4 ou 5°) température conduisent à la distinction de deux espèces de fermentations, la *fermentation avec dépôt* et la *fermentation superficielle*. La première est employée pour les moûts qui doivent fournir une bière susceptible de se conserver longtemps, comme les bières de Bavière et les bières autrichiennes. Dans cette fermentation, la décomposition du sucre est retardée le plus possible par l'espèce de la levûre et la basse température. La fermentation superficielle est surtout employée pour les moûts destinés à donner une bière qui doit être bue rapidement; on s'en sert principalement dans les localités où l'on fait fermenter un moût riche en glucose ou en sucre, et où par conséquent la quantité d'alcool nécessaire pour la conservation de la bière est déjà produite par la décomposition d'une petite partie de la glucose. A cause de sa rapidité, la fermentation superficielle est aussi employée pour les moûts qui peuvent être moins facilement mis en fermentation par suite d'une grande concentration ou de la présence de certaines substances qui ralentissent ce phénomène, comme les matières pyrogénées d'un malt fortement touraillé, ainsi que de grandes quantités de houblon (comme c'est le cas pour le porter). La fermentation elle-même, qu'elle soit avec dépôt ou superficielle, se divise en trois phases :

1° La *fermentation principale* (fermentation rapide ou tumultueuse), qui apparaît aussitôt après l'addition de la levûre et qui est surtout caractérisée par la décomposition de la glucose, la formation de nouvelle levûre et une élévation de température ;

2° La *fermentation complémentaire* (fermentation secondaire); dans cette période la décomposition de la glucose continue encore, mais il ne se pro-

lorsqu'on ajoute du sucre à une solution de dextrine mélangée avec de la levûre de bière, une grande partie de la dextrine se décompose tout comme le sucre en alcool et en acide carbonique. 500 cent. cubes d'une trempé avec 8^{gr},449 de sucre ont donné, lorsque la fermentation fut complètement terminée, 6^{gr},942 d'alcool, tandis que d'après la richesse en sucre le liquide n'aurait dû en fournir que 4^{gr},317. On pourrait d'ailleurs, dans ce cas, admettre avec A. Schwarzner que la levûre en voie de bourgeonnement agit comme la diastase et saccharifie une partie de la dextrine.

duit plus de nouvelles cellules de levûre comme dans la première phase, et les particules de levûre suspendues dans le liquide se déposent et clarifient la bière ;

3^o La *fermentation tranquille* ou *insensible* (fermentation tertiaire) qui se produit lorsque la fermentation complémentaire est terminée ; le dédoublement de la glucose continue, mais la formation de la levûre est à peine sensible.

Fermentation avec dépôt. — La *fermentation avec dépôt*, qui est la seule employée pour la préparation des bières au détail et de garde de Bavière, des bières autrichiennes et de quelques bières françaises, s'effectue dans de grandes cuves à fermentation ou *cuves-guilloires*, en bois de chêne, ayant ordinairement une capacité de 1,000 à 2,000 litres. (Depuis quelque temps on se sert aussi, dans le même but, de vases en verre proposés par G. Sedlmayr.) La mise en levain a lieu de deux manières différentes : on ajoute la levûre immédiatement au moût à faire fermenter, ou bien on fait d'abord fermenter un peu de moût avec la levûre et l'on verse ensuite la masse en fermentation dans la cuve-guilloire. D'après la première manière de procéder, on verse la levûre dans une petite cuve, on ajoute du moût, on mêle intimement et l'on verse ensuite le mélange dans la cuve-guilloire, où on le brasse encore avec le puisoir. D'après la deuxième manière, on ajoute d'abord à mille litres de moût six ou huit litres de levûre ; on mélange celle-ci avec environ deux cents litres de moût et l'on abandonne le mélange à lui-même pendant quatre ou cinq heures ; lorsque la fermentation a commencé, on mélange la masse en fermentation avec le moût contenu dans la cuve-guilloire. La levûre doit provenir d'une fermentation avec dépôt produite normalement, elle ne doit pas être trop vieille, elle doit avoir une odeur franche, une consistance épaisse, et être mousseuse.

Après que le moût a été mélangé avec la levûre, la fermentation s'effectue en donnant lieu aux phénomènes suivants : au bout de dix à douze heures, on reconnaît que le dédoublement de la dextrose a commencé aux bulles d'acide carbonique, qui forment une couronne d'écume blanche sur le bord de la cuve. Au bout de douze autres heures, il se produit de grandes masses d'écume plus consistante, qui s'élèvent comme des rochers au-dessus du liquide et donnent à la surface de celui-ci un aspect moutonnant et anfractueux ; en même temps on peut reconnaître à l'odeur que le dégagement de l'acide carbonique est plus vif. On dit alors que *la bière moutonne*. Lorsque la fermentation marche vivement, le moutonnement persiste deux ou quatre jours et les élévations disparaissent peu à peu : leur sommet commence à brunir, puis elles s'affaissent, jusqu'à ce que, enfin, elles se prennent en masse et ne forment plus qu'une pellicule mince et brunâtre, essentiellement constituée par les éléments résineux et huileux du houblon, qui, après s'être finement divisés pendant la fermentation principale, se séparent avec une couleur blanche et sont la cause du goût amer des élévations, mais se réunissent plus tard en masses volumineuses. La levûre produite ne se trouve qu'en petite quantité dans la pellicule, parce que l'acide

carbonique qui se dégage dans la fermentation avec dépôt ne peut pas soulever à la surface les cellules de levûre qui flottent isolées. La température du liquide s'élève dès que commence la fermentation et elle dépasse de plusieurs degrés centigrades la température du cellier où s'effectue la fermentation; ce n'est que lorsque la fermentation est terminée que la température du liquide et celle du cellier deviennent égales. [Afin de contrebalancer l'élévation de température résultant de la fermentation, les brasseurs allemands et autrichiens ont l'habitude de placer dans les cuves un flotteur rempli de glace; en maintenant de cette façon le liquide à une température aussi voisine que possible de zéro, on évite le développement des fermentations étrangères, dont les germes ne peuvent vivre à cette température.] Sous l'influence de la fermentation, la majeure partie de la dextrose disparaît du moût, la moitié environ se volatilise sous forme d'acide carbonique; mais l'autre moitié se convertit en alcool spécifiquement plus léger; en outre une partie des substances albumineuses dissoutes dans le moût se précipite pendant la fermentation sous forme de levûre. C'est pourquoi le saccharimètre indique, lorsque la fermentation est terminée, un degré moindre que précédemment. La différence des degrés saccharimétriques avant et après la fermentation est en proportion directe de la dextrose décomposée et elle fournit une indication positive pour juger des progrès de la fermentation. Si l'on divise cette différence par les degrés saccharimétriques avant la fermentation, on obtient une fraction, qui est d'autant plus grande que la fermentation a été plus complète. Cette fraction se nomme le *degré de fermentation apparent*, et dans le fait elle est suffisante pour juger du degré de la fermentation, lorsqu'il s'agit de la comparaison de bières, qui sont brassées d'après le même procédé. Si, par exemple, un moût marquait avant la fermentation 41°,5 au saccharimètre et après la fermentation 5°, la différence 6,5 divisée par 41,5 donne le nombre 0,565, c'est-à-dire que, sur cent parties d'extrait de malt, 56,5 pour 100 ont été en apparence décomposées par la fermentation.

Entonnage et fermentation complémentaire. — Après l'achèvement de la fermentation principale qui dure :

pour la bière d'été ou de garde.	9 ou 10 jours,
— la bière d'hiver ou au détail.	7 ou 8 —

on désigne le moût fermenté sous le nom de *bière verte* (bière jeune); lorsqu'elle est devenue claire par suite de la séparation des particules de levûre en suspension, elle est bonne à mettre dans les tonneaux. Avant l'entonnage, on sépare les particules d'écume qui flottent encore sur la bière. La levûre qui reste au fond de la cuve-guilloire se compose de trois couches, dont la moyenne est la meilleure levûre; l'inférieure contient de la substance floconneuse dont il a été question précédemment (page 236), de la levûre décomposée et d'autres impuretés, elle est mêlée avec la couche supérieure qui est plus mince et, si le mélange ne peut pas être vendu, on

l'emploi dans les distilleries. La couche moyenne, plus consistante, sert pour les mises en fermentation ultérieures. Dans quelques brasseries, notamment dans celles qui manquent d'eau pure, on a coutume de changer de temps en temps de levûre (comme l'agriculteur change de semence). La bière d'hiver est mise dans des tonneaux plus petits que la bière d'été. Il est d'usage pour la bière d'hiver de remplir les tonneaux immédiatement, tandis que pour la bière d'été on répartit plusieurs brassins dans un grand nombre de tonneaux, afin de faire disparaître la petite différence de coloration des différents brassins.

Les tonneaux sont ordinairement enduits intérieurement avec de la poix. Cette pratique a pour but, soit d'obtenir une propreté plus grande (dans un tonneau non enduit de poix la bière pénètre dans le bois, ce qui, lorsque le tonneau est vide, donne lieu à la formation d'acide acétique), soit de se garantir plus sûrement contre les pertes par les joints; on pense aussi que la poix, en sa qualité de corps mauvais conducteur de l'électricité, préserverait la bière contre l'effet nuisible des influences électriques. La bière est portée dans les caves où elle doit subir la fermentation complémentaire et être conservée; les caves doivent être très-fraîches, afin que la fermentation complémentaire s'effectue très-lentement et que la bière puisse être conservée jusqu'à ce qu'on recommence un nouveau brassage. Pour la bière d'été on choisit les caves les plus froides. Une disposition et une administration convenables des caves exercent la plus grande influence sur la qualité et la conservation de la bière. Les caves creusées dans le granite, le calcaire primitif ou le grès, sont les meilleures. Dans la plaine une cave doit être recouverte d'un toit; les eaux souterraines, ni les eaux pluviales, ne doivent pas y pénétrer; elle ne doit être soumise à aucun ébranlement et son côté sud doit être protégé par des arbres. Une cave est ordinairement divisée en plusieurs pièces. Afin de maintenir la cave très-froide, on y accumule une grande provision de glace que l'on peut mettre seulement dans la pièce où se trouve la bière de garde pour les mois d'été.

[*L'emploi de la glace*, dont il a déjà été question à propos des différentes phases de la fabrication de la bière, joue aujourd'hui un très-grand rôle dans la préparation des bières de qualité supérieure. A Vienne, où l'on fabrique des bières d'une extrême finesse, on admet, d'après *A. Girard*, une dépense de glace qui, suivant les saisons, pour le refroidissement du moût, pour la fermentation et la conservation en cave, varie de 20 à 50 kilog. par hectolitre de bière. En France, on a aussi commencé, dans les grandes brasseries, à se servir de cet agent de réfrigération, soit sous forme de glace naturelle, comme dans les départements de l'Est (à Nancy, notamment), soit sous forme de glace préparée artificiellement au moyen des grands appareils Carré, comme cela se pratique dans deux brasseries de Marseille (chez MM. *Velten* aîné et *Velten* neveu). Les bières produites en France avec l'emploi de la glace sur une grande échelle se rapprochent beaucoup, par leurs qualités, des meilleures bières allemandes et même des bières autrichiennes.]

Une fois dans la cave, la bière entre très-promptement en *fermentation complémentaire*; le moment où elle commence à fermenter dépend de l'état dans lequel elle a été entonnée, ainsi que de la température de la cave. La fermentation complémentaire, qui se manifeste par la production d'une écume blanche et fine formant sur la bonde une sorte de chapeau, peut se produire immédiatement après l'entonnage, mais il peut aussi arriver qu'elle ne se montre qu'au bout de huit jours. Si les bières ne veulent pas fermenter dans les tonneaux, on les mélange avec un peu de bière verte. Lorsque la fermentation complémentaire est terminée, les tonneaux ne sont pas immédiatement bondés hermétiquement, le bondon n'est que peu enfoncé dans la bonde. Les bières restent dans cet état pendant les mois d'été. On n'a pas coutume de les bonder hermétiquement plus de quinze jours environ avant le soutirage dans les tonneaux de détail. Avant d'entamer ceux-ci il faut les laisser bondés pendant plusieurs jours, afin que la force expansive de l'acide carbonique se développe et que la bière mousse. Si la bière était entonnée encore verte, alors qu'elle contient encore beaucoup de substances fermentescibles et de matières albumineuses, il ne faudrait pas la laisser bondée aussi longtemps que dans le cas opposé, parce que sans cela elle déborderait le tonneau lorsqu'on entamerait celui-ci. La force expansive de l'acide carbonique peut encore se développer à un plus haut degré, si l'on augmente la quantité des substances fermentescibles contenues dans la bière et si par une addition de sucre ou de moût on la ramène au degré de fermentation qui a été dépassé. On prend ordinairement pour cela de la bière verte, qui est dans la période du moutonnement, on en ajoute de 8 à 10 litres par hectolitre. La fermentation recommencera immédiatement. On laisse les tonneaux débondés jusqu'à ce que la bière ait déposé complètement la levûre nouvellement formée. On les laisse ensuite bondés pendant 3 ou 4 jours avant de procéder au soutirage.

Après la fermentation dans la cuve-guilloire, le moût fermenté a, d'après J. Gschwändler (1868), la composition suivante (voyez page 235) :

	DÉCOCTION.	BOCK.	PROCÉDÉ: d'Augsbourg- Nuremberg.	INFUSION.
Alcool.	2,81	5,38	2,94	3,15
Sucre.	1,53	2,32	1,46	1,53
Dextrine.	4,61	6,91	4,77	4,80
Substance azotée.	0,58	0,74	—	—
Autres éléments.	0,38	0,40	0,89	0,55
Poids spécifique de la solution d'extrait	1,022	1,042	1,028	1,026
Extrait (déterm. directem.).	6,57	9,98	6,25	6,15
— (d'après Balling)	6,95	10,38	7,12	6,68

Le *chauffage* d'après le procédé *Pasteur* (voy. p. 182) est employé avec beaucoup de succès pour conserver la bière (notamment la bière en bouteilles destinée à l'exportation). D'après H. Kolbe (1875), l'*acide salicylique* (ajouté à la dose de 5 à 10 gram. par hectolitre) rend aussi la bière facile à conserver pendant longtemps.

[Souvent aussi on emploie dans le même but le *sulfite de calcium*, qui se trouve dans le commerce sous forme d'un liquide très-acide, ayant une forte odeur d'acide sulfureux et une densité de 1,06. Pour s'en servir, on remplit d'abord de bière la moitié du tonneau, puis on y verse le sulfite dans la proportion de 1 millième de la capacité entière du tonneau; le sulfite de calcium, ajouté à la bière qui a déjà commencé à aigrir, arrête les progrès de l'altération.]

Fermentation superficielle. — La *fermentation superficielle* est employée pour la préparation des bières en bouteilles en usage dans l'Allemagne du nord, des bières de Bohême et des bières de l'Alsace, des anciennes bières françaises, des bières de l'Angleterre et de la Belgique. Les bières obtenues par fermentation superficielle se conservent toujours moins bien que les bières préparées par fermentation avec dépôt, soit parce que la fermentation superficielle s'effectue à une température plus élevée et a lieu plus rapidement, soit aussi à cause de leur richesse plus grande en éléments azotés, qui, par l'interruption de la fermentation, ont été séparés moins complètement. La raison pour laquelle dans certains pays on préfère la fermentation superficielle à la fermentation avec dépôt, c'est que, contrairement à ce qui a lieu pour celle-ci, celle-là exige une basse température, et que par conséquent elle peut être employée partout, dans tous les climats et en toute saison, et il n'est pas nécessaire d'avoir d'aussi grandes provisions de bière que pour la bière obtenue par fermentation avec dépôt. Pour les bières blanches, vineuses et fortement mousseuses, on ne peut employer que la fermentation superficielle. Les bières anglaises (*ale* et *porter*) pourraient tout aussi bien être préparées par fermentation avec dépôt, mais, abstraction faite de ce que le climat de l'Angleterre rend difficile la fermentation avec dépôt, ces bières sont fabriquées avec une richesse si grande en alcool, en extrait de malt et en éléments du houblon et du malt, que l'on peut aussi produire une bière susceptible de se conserver au moyen de la fermentation superficielle, qui est moins coûteuse¹.

Les phénomènes de la fermentation superficielle ne se distinguent de ceux déjà décrits au sujet de la fermentation avec dépôt, que parce qu'ils se manifestent avec plus d'énergie et qu'ils se succèdent plus rapidement; en outre, la levûre ne forme pas ces élévations de forme toute spéciale, que

¹ [Les substances qui entrent dans la préparation de l'*ale* et du *porter* sont employées dans les proportions suivantes :

Ale.	{	Malt pâle.	40 hectol.	} qui produisent 50 à 60 hec- tolitres.
		Houblon de Kent	50 kilogr.	
		Sel marin	1 —	
		Levûre.	10 à 15 —	
Porter	{	Malt pâle.	21 hectol.	} qui produisent 56 à 66 hec- tolitres.]
		Malt ambré.	16 —	
		Malt brun.	8 —	
		Houblon brun.	60 à 67 kilogr.	
		Sel marin.	1 à 2 —	
		Levûre	20 à 50 —	

l'on remarque dans la fermentation avec dépôt, mais elle donne naissance à de gros flocons blancs, et elle apparaît aussi en plus grande quantité à la surface du liquide. On interrompt plus tôt la fermentation principale et l'on soutire la bière dans des tonneaux qui se trouvent ordinairement dans le local même où se produit la fermentation, et dans lequel s'effectue la fermentation complémentaire et la séparation complète de la levûre. On se sert pour la fermentation principale de tonneaux ou de cuves qui ont quelquefois, comme en Angleterre, des dimensions colossales.

Brassage à la vapeur. — Les grands avantages que l'on a retirés de l'emploi de la vapeur dans d'autres industries, par exemple, dans la fabrication du sucre de betteraves et dans la préparation de l'alcool, ont donné l'idée, il y a environ 20 ans, de remplacer dans les brasseries le chauffage direct par le chauffage à vapeur. Les avantages de ce dernier mode de chauffage dans la préparation de la bière sont dans certaines circonstances très-considérables. Du générateur, qui doit être construit de manière à utiliser le plus complètement possible le combustible, la chaleur peut être dirigée avec facilité partout où cela est nécessaire, la température peut être réglée facilement et exactement, et l'action de la chaleur être suspendue instantanément, avantage qui se fait surtout sentir lorsqu'il s'agit de vider la chaudière. Si la brasserie possède une machine à vapeur, la vapeur produite directement peut être souvent remplacée par celle de la machine. Lorsque la vapeur doit servir seulement pour chauffer et non pour évaporer en même temps un liquide, comme lorsqu'on l'emploie pour la préparation du moût (*trempe à la vapeur*), on peut faire arriver les vapeurs immédiatement dans la trempe, mais alors l'eau de condensation de cette vapeur étend la trempe, en même temps qu'elle la chauffe. Dans d'autres cas le chauffage à la vapeur s'effectue à l'aide d'un système de tubes disposés dans le liquide à chauffer. L'emploi de la vapeur directe convient dans la méthode par infusion, tandis que dans la méthode par décoction on doit adopter une autre disposition et se servir d'un appareil analogue à la chaudière de *Pecqueur* (voyez, p. 120).

Fabrication de la bière d'après Pasteur. — *Pasteur* a fait connaître, en 1871, un procédé de refroidissement et de fermentation du moût de bière, ayant pour but d'empêcher les altérations auxquelles la bière faite est si fréquemment exposée et que les brasseurs s'efforcent d'empêcher en refroidissant le moût et la bière au moyen de la glace (voy. page 239). Ce procédé est basé sur les observations suivantes : 1° Toutes les altérations de la bière, soit de la bière achevée, soit de la bière en cours de fabrication et du moût qui sert à la produire, sont corrélatives du développement et de la multiplication d'organismes microscopiques, que pour ce motif *Pasteur* désigne sous le nom de *ferments de maladie*; 2° les germes de ces ferments sont apportés par l'air, par les matières premières, par les ustensiles en usage, etc.; 3° toutes les fois qu'une bière ne renferme pas les germes vivants qui sont la cause immédiate de ses maladies, cette bière est inaltérable, quelle que soit la température de sa fabrication et de la conservation;

4^e avec les anciens procédés de brassage, tous les moûts, tous les levains et toutes les bières renferment les germes des maladies propres à ces substances. Il est bien vrai que pendant la coction du moût houblonné les germes de maladie sont détruits par l'ébullition, mais pendant le refroidissement et la mise en levain l'air en apporte de nouveaux qui exerceront plus tard une action funeste. C'est donc en s'opposant à l'introduction de ces nouveaux germes que l'on pourra obtenir une bière inaltérable; dans ce but, *Pasteur* procède de la manière suivante.

Le moût de bière houblonné, au sortir de la chaudière à cuire, est immédiatement introduit dans une cuve en cuivre étamé (fig. 316), que l'on ferme avec un couvercle dont le bord tombant s'engage dans une gouttière pleine d'eau. Au moyen du tube de caoutchouc *ab*, on réunit le tube métallique *ga*, s'ouvrant dans la tubulure B avec les tubes *b, c, d, e*, dont la portion *cd* est fixée à la cuve. Sur le couvercle et sur les douilles A, B et C, on jette de l'eau bouillante qui remplit la gouttière et dont l'excès passe dans une seconde gouttière extérieure où l'eau ne peut séjourner, parce qu'elle est munie à sa partie inférieure de petits trous par lesquels le liquide coule le long des parois de la cuve et vient se rassembler dans une troisième gouttière inférieure, d'où il s'échappe au dehors par le tube D. Le thermomètre *t* indique la température du moût; son réservoir est protégé par la douille percée de trous *g*; *h* est un robinet de vidange pour l'eau de la gouttière qui sert au couvercle de fermeture hydraulique; Il est un robinet pour évacuer le liquide de la cuve et T sert pour vider son dépôt. On laisse l'appareil se refroidir librement ou bien on fait arriver, par la douille A, de l'eau froide qui s'écoule en nappe sur le couvercle par les ouvertures *oo*. Dans les deux cas, l'air extérieur rentre dans l'appareil, sous le couvercle par le tube *edcba g*, pendant tout le temps que dure le refroidissement. Cet air, en traversant le tube sinueux, est dépouillé des germes qu'il pouvait contenir, surtout si l'on a eu soin d'introduire dans l'orifice du tube recourbé *e* un tampon de coton ou d'amiante: il arrive donc tout à fait pur au contact du moût.

Les expériences effectuées par *Pasteur* lui ont montré que le moût de bière peut être conservé dans cet appareil (au contact de l'air, puisque le tube *e* est ouvert) aussi longtemps qu'on le désire, sans éprouver la moindre altération.

On peut également laisser refroidir le moût en présence du gaz acide carbonique; il suffit pour cela d'adapter au robinet *h*' de la douille C un tube descendant semblable à celui qui porte la douille B, et faire arriver le gaz par ce tube à sa sortie d'un appareil qui le dégage ou d'un gazomètre, ou d'une autre cuve à bière en fermentation. L'acide carbonique en excès s'échappe par l'autre tube. Le moût refroidi au contact de l'acide carbonique doit être mis en levain avec une levûre très-jeune, mais, malgré cela, le développement de la levûre est très-lent et la fermentation dure de 15 à 25 jours, tandis qu'elle s'accomplirait en 8 ou 12 jours avec un moût aéré; en outre, la clarification est plus lente et plus difficile que pour les bières

faites avec des moûts refroidis en présence de l'air ; mais ces inconvénients sont compensés par certains avantages ; la bière a plus de force et l'arome du houblon est entièrement conservé.

Lorsque le moût est refroidi à 15, 20 ou 25°, on le met en levain, non pas

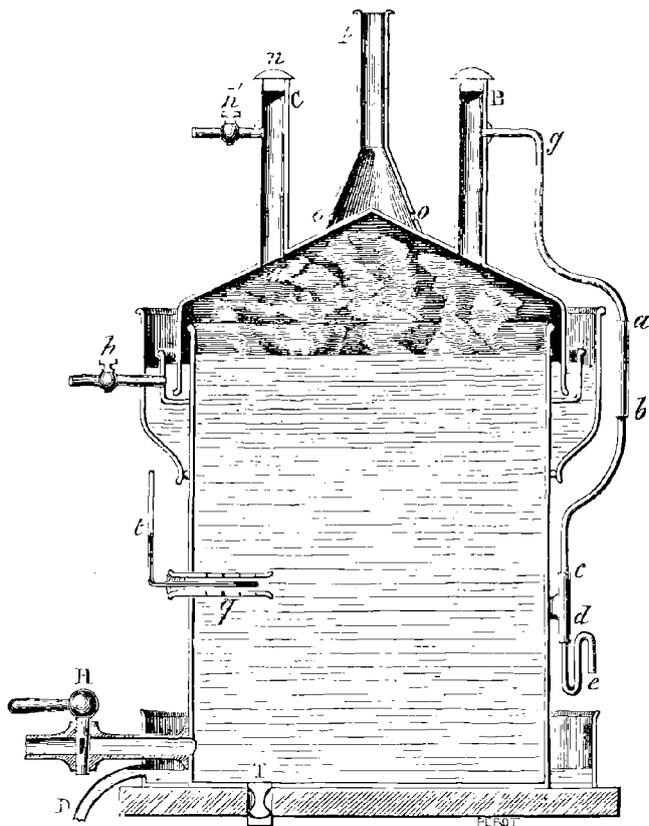


Fig. 316. — Appareil de Pasteur pour la fabrication de la bière.

avec de la levûre ordinaire, mais avec de la levûre pure, provenant de fermentations accomplies en dehors de toute influence atmosphérique et, par conséquent, exempté de tout mélange avec les germes de maladie répandus dans l'air. Dans ce but, on prend un flacon (ou un bidon en fer-blanc) muni inférieurement d'un robinet et dans le col duquel est fixé un bouchon portant un tube descendant le long des parois extérieures du flacon et dont l'extrémité libre est recourbée supérieurement, et un autre tube droit fermé par un bouchon de verre ; on introduit dans ce vase quelques litres de moût pur, dont on élève peu à peu la température à 100°, que l'on maintient pendant 1/4 d'heure ou 1/2 heure. Quand le liquide est refroidi, on prend

dans un vase contenant de la bière pure en fermentation une certaine quantité de levûre, qu'on laisse tomber dans le flacon par le tube droit dont on enlève le bouchon, que l'on replace aussitôt après l'avoir passé dans la flamme d'une lampe à alcool. Lorsque le moût est en pleine fermentation, on enlève le bouchon *n* de la douille C de la cuve (fig. 316), et on le met en communication, à l'aide d'un tube de caoutchouc, avec le robinet du flacon; on ouvre celui-là, et le contenu du flacon tombe dans la cuve; on remet immédiatement en place le bouchon *n*.

Lorsque certaines parties des appareils ont pu recevoir les poussières de l'air, comme la tubulure extérieure d'un robinet, un tube de caoutchouc, etc., ces pièces, avant de servir, sont bouillies dans de l'eau ou arrosées d'eau bouillante ou flambées à la flamme de la lampe à alcool, afin de détruire les germes mêlés aux poussières qui recouvrent ces objets. Ces précautions sont, on le comprend, d'une très-grande importance.

Dans la cuve close, mise en levain comme il vient d'être dit, la fermentation se poursuit, toujours à l'abri de l'air et des germes qu'il pourrait apporter; dans ces conditions, la levûre alcoolique, la levûre de bière proprement dite, se développe seule, le moût n'est le siège d'aucune fermentation étrangère, aucun ferment de maladie n'y apparaît, et la bière, lorsque la deuxième fermentation normale est achevée, constitue un liquide inaltéré et inaltérable, qui au sortir de la cuve n'emporte pas plus de germes étrangers qu'il n'en a lui-même: apporté aussi la bière ainsi préparée peut-elle être conservée dans des caves ordinaires à la température de 10 à 12° et même être exposée à 20 ou 25°, sans que sa saveur primitive se trouve sensiblement modifiée.]

Composition de la bière. — Les *éléments de la bière normale* préparée avec du malt et du houblon (à l'exclusion de tous les succédanés du malt et du houblon) sont les suivants: alcool, acide carbonique, dextrose non décomposée, dextrine, éléments du houblon (substances huileuse et amère, pas d'acide tannique), substances protéïques, un peu de matière grasse et de glycérine, et les substances minérales de l'orge et du houblon qui sont passées dans la bière. La réaction acide que possède toute bière normale après l'élimination de l'acide carbonique est due à la présence d'acide succinique et d'acide lactique, fréquemment aussi à des traces d'acide acétique et peut-être d'acide propionique. La somme de tous les éléments d'une bière, après soustraction de l'eau, se nomme sa *richesse totale*; la somme des éléments non volatils est sa *richesse en extrait*. Les bières qui sont riches en extrait de malt sont nommées *bières substantielles* (bières riches, grasses, épaisses); on appelle, au contraire, *bières sèches* (bières pauvres, maigres) celles qui contiennent peu d'extrait, mais beaucoup d'alcool (qui sont par conséquent plus vineuses), dont le moût était par conséquent riche en sucre, lequel s'est transformé par suite de la continuation de la fermentation en alcool et en acide carbonique.

Lorsqu'il s'agit d'une analyse chimique exacte, on dose l'*alcool* de la bière, soit en distillant le liquide et en essayant le produit distillé avec

l'alcoomètre, soit à l'aide de l'ébullioscope, soit enfin au moyen du vapori-mètre (voyez page 172 et suivantes). Les autres méthodes, notamment la méthode halimétrique, seront indiquées plus loin. La richesse alcoolique centésimale en poids des différentes bières s'élève en moyenne aux chiffres suivants :

Bière de garde de Wurtzbourg, brasserie de la Cour (1874).	5,9 à 4,2 0/0
— au détail de Wurtzbourg.	5,5 à 4,2
— de garde de Stuttgart (1865).	4,1
— — de Culmbach (1865).	4,5
— — de Cobourg.	4,4
— — de Munich.	4,3 à 5,1
— au détail de Munich.	5,8 à 4,0
Salvator (de Munich).	4,6
Bock (de Munich) (1874).	4,2 à 4,7
Porter (Barkley, Perkins and Co., Londres) (1862).	5,5 à 7,0
Bière de Strasbourg (1871).	4,2
— de Dreher à Schwechat, près Vienne (1874).	4,2
— d'exportation d'Ehemann, à Kitzingen (1873).	4,4
— d'exportation de Weißenstephan (1875).	3,24
— de riz de la brasserie rhénane, à Mainz (1870).	3,8
Waldschlösschen, près Dresde (1870).	5,6
Felsenkeller, — (1870).	5,9
Feldschlössen, — (1870).	5,5
Brasserie Reisewitz, — (1870).	5,7
Bière de Pilsen (1873).	5,5
— Tivoli de Berlin (1872).	4,2
— de la brasserie hohême de Berlin (1872).	4,2
— de la brasserie de Liesing, près Vienne (1873).	3,7
— de la brasserie civile de Pilsen (1873).	4,1
— double de Copenhague (1874), d'après <i>C. Hinsley</i> .	2,1

La quantité de l'acide carbonique s'élève dans la bière à 0,1 ou 0,2 0/0. La dextrose s'y rencontre (d'après *C. Prandtl*, 1868) dans la proportion de 0,2 à 1,9 0/0, suivant le degré de fermentation. D'après les recherches de *Gschwändler*, la quantité de la dextrine est égale à 4,6 ou 4,8 0/0. La proportion entre le sucre et la dextrine n'est pas constante. Relativement à la quantité et à la nature des substances protéiques contenues dans la bière, on ne sait encore rien de certain, malgré les recherches multiples effectuées dans ce sens. Si l'on admet que l'extrait de malt contient en moyenne 7 0/0 de substances protéiques, on peut en déduire, d'après *Mulder*, que 1 litre de bière renferme 5,6 de matières protéiques. *A. Vogel* (1859) a trouvé que 1 litre de bière contient en moyenne de 1^{er},422 à 1^{er},955 d'azote, tandis que d'après *Feichtinger* (1864) la teneur en azote de 1 litre des différentes bières de Munich varie entre 0^{er},426 et 1^{er},467. Parmi les acides contenus dans la bière, nous ne mentionnerons que l'acide carbonique, puis l'acide succinique, l'acide acétique et l'acide lactique, qui se trouvent en plus grande quantité dans certaines bières acidules, comme, par exemple, dans quelques bières belges (faro et lambick) et dans la bière connue en Saxe sous le nom de *Gose* (bière de froment préparée avec addition de sel). La bière de Bavière ne contient pas de tannin ou seulement en quantité presque insensible. Les éléments minéraux de la bière ont été fréquemment l'objet de

recherches étendues. *Martius*, en analysant de la bière de garde de Bavière, a obtenu pour 1,000 parties de bière de 2,8 à 3,16 parties de cendre, qui se composait de $\frac{1}{3}$ de potasse, de $\frac{1}{3}$ d'acide phosphorique et de $\frac{1}{3}$ de magnésie, de chaux et de silice.

Relativement à la richesse de la bière en *extrait*, il nous suffira de donner les indications suivantes (d'après les recherches effectuées, en 1868, par *J. Gschwändler* et *C. Prandtl*). 100 parties des bières suivantes renferment en moyenne :

Bière au détail (Munich)!	5,5 à 6,0 parties.
— de garde (Munich)	6,1 —
— au détail (Wurtzbourg)	4,6 —
— de garde (Wurtzbourg)	4,4 —
Bock (Munich)	8,6 à 9,8 —
Salvator (Munich)	9,0 à 9,4 —
Bière de riz rhénane	7,3 —
Porter (Barkley, Perkins and Co., de Londres)	5,9 à 6,9 —
Scotchale (Édimbourg)	10,0 à 11,0 —
Burton ale.	14,0 à 19,0 —

Dans les bières de Saxe, *H. Fleck* (1870) a trouvé les quantités suivantes d'extrait : Waldschlösschen 4,8 0/0, Felsenkeller 5,4 0/0, Feldschlösschen 5,9 0/0, bière de la brasserie Reisewitz 6,0 0/0.

[*A. Girard* (1874), analysant des bières de différentes provenances et d'origine authentique, est arrivé aux résultats suivants, pour la richesse alcoolique centésimale et la teneur en extrait par litre :

	ALCOOL.	EXTRAIT.
a. { Bière de Nancy (Tourtel frères)	5,7	76,50
Bière de Lyon	5,5	50,05
Bière du Nord (Trélon)	3,7	32,96
Petite bière (dite de ménage)	3,0	54,00
b. { Lambick de Bruxelles	5,8	56,80
Faro de Bruxelles	4,9	56,50
c. { Pale ale	6,5	51,54
Sparkling ale	7,25	51,54
Extra stout	9,00	85,00
d. { Export-bier	4,50	78,00
Lager-bier	4,00	70,00
e. { Culmbach	7,50	79,50
Nuremberg	4,60	66,46
Munich	4,30	65,50

a. Bières françaises; b. Bières belges; c. Bières anglaises; d. Bières autrichiennes; e. Bières de Bavière.]

100 parties d'extrait contiennent, d'après *A. Vogel* (1865), de 3,2 à 3,5 parties de cendre; 100 parties de cendre renferment de 28 à 30 parties d'acide phosphorique. 1 litre de bière contient de 0^{gr},57 à 0^{gr},93 d'acide phosphorique. *C. Himly*, de Kiel, a trouvé (1874), en analysant quinze sortes de bières, une teneur centésimale en acide phosphorique de 0,056 à 0,080.

Lermer a fait connaître (1866) des analyses de quelques bières renommées de Munich, dont nous extrayons les suivantes :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Poids spécifique	1,02467	1,0144	1,01288	1,0200	1,02678	1,05527	1,0170
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Extrait	7,75	4,95	4,57	4,55	8,50	9,65	5,92
Alcool	5,08	3,88	5,51	4,41	5,25	4,49	3,00
Éléments minéraux	0,28	0,23	0,45	0,48	—	—	—
Richesse en azote :							
Dans 100 pp. d'extrait.	11,45	8,71	12,49	8,85	—	—	—
— 100 pp. de bière.	0,87	0,45	0,55	0,39	—	0,67	—

I. Bockbier; II. Bière d'été; III. Bière blanche; IV. Bockbier blanc (bière de froment préparée par fermentation superficielle), toutes de la brasserie royale; V. Bockbier de la brasserie Spaten; VI. Salvatorbier; VII. Bière d'hiver de la brasserie Löwen. L'analyse de la cendre de cinq de ces bières a été effectuée, et elle a donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Potasse	29,51	55,25	24,88	34,68	29,52
Soude	1,67	0,45	20,15	4,19	0,11
Chlorure de sodium	4,61	6,00	6,56	4,06	6,00
Chaux	2,54	2,98	2,58	5,14	6,21
Magnésie	11,87	8,45	0,54	7,77	7,75
Oxyde de fer	1,01	0,11	0,47	0,52	0,84
Acide phosphorique	34,18	32,05	26,57	29,85	29,28
— sulfurique	1,29	2,71	6,05	5,16	4,84
— silicique	12,43	14,12	7,70	2,86	8,01
Sable	0,85	0,67	2,50	5,20	6,27
Charbon	0,49	0,81	0,40	0,65	0,28
	<u>100,55</u>	<u>104,47</u>	<u>98,05</u>	<u>99,08</u>	<u>98,91</u>

[Caractères des différentes sortes de bières. — Les bières, dit A. Girard¹, auquel sont empruntées les indications suivantes, diffèrent entre elles au moins autant que les vins, et aux habitudes de chaque localité correspondant des produits de goûts et de compositions divers.

Les bières consommées en Bavière, en Wurtemberg et même dans toute l'Allemagne, sont des bières généralement fortes, de très-bonne qualité, quelquefois cependant un peu lourdes; lorsqu'elles sont destinées à la consommation locale, elles renferment 4 à 4,5 0/0 d'alcool et de 60 à 90 grammes d'extrait par litre; mais il n'est pas rare de voir consommer en Bavière des bières à 5,5 et même 7 0/0 d'alcool, teneur que l'on rencontre dans les bières destinées à l'exportation. Ces dernières ont en outre pour la plupart une très-grande amertume, due à l'addition d'une plus grande quantité de houblon. Les bières bavaroises offrent ordinairement une couleur jaune foncé, produite par l'emploi de malt fortement touraillé; quelquefois elles sont franchement brunes et sont alors colorées au caramel. Ce sont toutes des bières obtenues par fermentation avec dépôt.

¹ Rapport de la commission française à l'Exposition de Vienne (1875).

Les bières belges sont toutes différentes des bières allemandes par leur goût comme par leur composition. Il y en a des variétés pour ainsi dire infinies : le faro, le lambick, l'uytzet (voy. page 236), etc.; toutes sont caractérisées par ce fait, qu'elles ne sont pas mises en levain, et que leur fermentation, se déclarant spontanément, abandonnée ensuite à elle-même, va se poursuivant lentement peu à peu pendant deux ou trois ans; il résulte de là qu'au bout d'un certain temps le moût, obéissant aux lois naturelles, passe de la fermentation alcoolique à la fermentation acide, et que toutes ces bières se présentent au consommateur lorsqu'elles sont aigries et renferment, à côté d'une certaine quantité d'alcool non détruit, des proportions notables des acides acétique et lactique. On rencontre également des bières de cette sorte dans le nord de la France.

Les bières anglaises sont des bières renommées, et avec raison; elles sont fortes, alcooliques comme des vins, admirablement préparées; mais elles pèchent par l'exagération de leur parfum et l'excès de leur amertume, qualités qu'elles doivent à l'emploi à haute dose des houblons de Kent et de Surrey, et qui d'ailleurs sont recherchées par le consommateur anglais. On peut ranger ces bières en deux grandes classes : les bières pâles et les bières colorées; les premières sont habituellement désignées sous le nom d'*ale*, les autres sous les noms de *porter* et de *stout*. Les *pale ale* contiennent en général de 6 à 7 0/0 d'alcool; elles sont jaunes, limpides et extrêmement aromatiques; les *porter* et les *stout*, qui contiennent quelquefois jusqu'à 9 0/0 d'alcool, constituent des boissons aussi alcooliques que les vins de table ordinaires; ils sont, comme les *ale*, obtenus par fermentation superficielle; leur coloration est due à l'emploi d'une petite quantité de malt torréfié (voy. p. 242).

Les bières autrichiennes sont des bières fines, légères, parfumées, peu colorées, qui, lorsqu'elles sont destinées à la consommation locale, ne renferment pas plus de 3,5 à 4 0/0 d'alcool et dont la richesse, lorsqu'elles doivent être exportées, s'élève à 4,5 et même parfois à 5 0/0. La proportion de l'extrait y est parfaitement calculée et telle que le produit soit absolument satisfaisant, tant sous le rapport du montant que sous le rapport de la bouche¹. Comme les bières allemandes, les bières autrichiennes sont obtenues par fermentation avec dépôt; mais le maintien des températures aussi près que possible de zéro est peut-être mieux observé en Autriche qu'en Allemagne; leur moindre richesse en alcool vient d'ailleurs s'ajouter à leurs autres qualités pour en faire une boisson parfaite.

En France, on rencontre les bières les plus diverses. La brasserie semble devoir adopter, et avec raison, les procédés allemands et surtout les procédés autrichiens, dont l'emploi commence même à devenir général, et c'est ainsi qu'aux deux extrémités de la France, à Nancy, à Marseille, ainsi qu'à Paris, la fabrication des bières par fermentation avec dépôt a pris

¹ [On nomme ainsi la sensation particulière de plein que la bière cause dans la bouche; cette qualité dépend de la richesse en extrait, tandis que le montant dépend de la teneur en alcool.]

aujourd'hui un certain développement. Cependant les anciens procédés sont encore en usage dans diverses contrées ; à Lyon, on fabrique encore de la vieille bière française, agréable, mousseuse, mais malheureusement très-altérable ; dans le Nord, on retrouve les bières acidules, semblables aux bières belges, et à côté de ces bières, sur tout le territoire français, de petites bières pauvres en alcool et en extrait et dans la production desquelles le sucre de fécule est employé à la place d'une certaine quantité de malt (voy. page 231). Entre ces divers produits, tous de fabrication française, mais obtenus par des procédés différents, il existe d'ailleurs les différences les plus grandes, sous le rapport de leur teneur alcoolique et de leur richesse en extrait (voy. page 248)].

Essai de la bière. — La bière a comme aliment et comme objet du commerce en gros une importance telle que l'on s'est efforcé, il y a déjà longtemps, d'imaginer des moyens à l'aide desquels on puisse déterminer la richesse relative des différentes bières. On comprenait, sous le nom commun d'*épreuves de la bière*, les procédés proposés jusqu'à présent dans ce but, et l'on exigeait qu'ils fussent d'une application facile, et qu'ils fournissent des résultats suffisamment exacts, bien que l'on sacrifiait volontiers un peu de l'exactitude à la facilité de l'exécution. Il est d'usage de considérer la richesse d'une bière en alcool, en extrait et en acide carbonique, comme la mesure de sa qualité, quoique les éléments de l'extrait, la dextrine, les principes du houblon, les substances formées en même temps que l'alcool par la fermentation (acide succinique et glycérine), sans parler des substances employées comme succédanés du malt (sucre de fécule, glycérine, etc.), doivent contribuer pour une bonne part à la qualité de la bière et pour cette raison ne pas être négligés dans une analyse approfondie de ce liquide.

L'essai de la bière s'effectue en se basant soit sur ses *propriétés physiques*, soit sur ses *propriétés chimiques*. Aux propriétés physiques appartiennent le goût, l'odeur, la couleur¹, la consistance, la transparence (l'éclat), le poids spécifique, le pouvoir réfringent, la manière dont se comporte la bière lorsqu'on la soutire, la qualité de la mousse. L'essai chimique de la bière s'occupe de la détermination des éléments les plus importants, notamment de l'acide carbonique, de l'alcool, de l'extrait et de l'eau.

Essai saccharimétrique de la bière, d'après Balling. — Après que l'on a éliminé l'acide carbonique de la bière, en agitant et décantant plusieurs fois ce liquide, on détermine le poids spécifique de celui-ci, soit à l'aide du saccharimètre (aréomètre), soit d'une autre manière. On fait ensuite bouillir la bière de manière à diminuer son volume de moitié, puis on étend avec de l'eau jusqu'à ce que le liquide ait repris son poids primitif,

¹ Dans ces derniers temps, on s'est occupé d'une manière toute particulière de la couleur de la bière et de la détermination de son intensité, et l'on a créé une *colorimétrie de la bière* qui repose sur la comparaison de la couleur de ce liquide avec une solution normale d'iode (12^e, 7 d'iode dans 1 litre d'eau), que l'on étend jusqu'à ce qu'elle ait la même coloration que la bière, et sur la détermination de la richesse en iode de cette coloration.

et l'on détermine de nouveau le poids spécifique du liquide ainsi obtenu, poids qui est plus grand que celui trouvé en premier lieu. La différence donne la richesse alcoolique. Comme dans la fermentation de 100 parties d'extrait de malt il se forme 50 parties d'alcool, on obtient en doublant la quantité d'alcool trouvée la proportion de l'extrait de malt qui a été nécessaire pour la production de l'alcool. Cet extrait de malt, ajouté à celui qui se trouve encore dans la bière, donne l'extrait de malt du moût avant la fermentation.

Pendant la fermentation du moût, le poids spécifique s'amoin-drit, soit parce que la quantité de l'extrait diminue, soit par suite de la formation de l'alcool spécifiquement plus léger, soit aussi parce que des substances dis-soutes se séparent sous forme de levûre, de boue superficielle, etc. Cette diminution du poids spécifique, l'*atténuation*, est déterminée par une pesée directe ou à l'aide du saccharimètre. On désigne par m le degré saccharimé-trique de la bière dépouillée de l'acide carbonique, par p l'extrait de malt du moût. Si l'on retranche de p le degré saccharimétrique m , la différence $p-m$ donne l'*atténuation apparente*, qui est d'autant plus grande que la fer-mentation a été poussée plus loin. Il s'ensuit que dans une bière la quan-tité de l'alcool est directement proportionnelle à l'atténuation apparente. Le *facteur de l'alcool* a , trouvé par voie empirique, avec lequel on doit multiplier l'atténuation apparente exprimée en degrés saccharimétriques, pour obtenir la richesse alcoolique centésimale en poids de la bière $=A$, est d'autant plus grand que le degré primitif de concentration du moût était lui-même plus grand ($[p-m] a=A$). Pour des moûts qui renferment de 6 à 30 0/0 d'extrait, il varie de 0,4079 à 0,4588. Le facteur de l'alcool est trouvé d'après l'équation mentionnée, si l'on connaît l'atténuation appa-rente ($p-m$) et la richesse alcoolique centésimale en poids (A) du moût fer-menté, car $a = \left(\frac{A}{p-m} \right)$. A l'aide du facteur de l'alcool a , on peut calculer la richesse alcoolique centésimale en poids de la bière. Si l'on fait bouillir une certaine quantité de bière pour en expulser l'alcool, et si l'on étend le résidu de manière à rétablir le poids primitif, le poids spécifique indique la richesse en extrait de la bière, que *Balling* désigne par n . La différence entre la richesse en extrait du moût (p) et celle de la bière (n), par consé-quent $p-n$, donne l'*atténuation réelle*, qui, multipliée par le *facteur de l'al-cool pour l'atténuation réelle* (b), donne également (A) la richesse alcoolique centésimale en poids de la bière ($[p-n] b=A$). Le facteur de l'alcool pour l'atténuation réelle est $b = \left(\frac{A}{p-n} \right)$. Si l'on retranche de l'atténuation *appa-rente* ($p-m$) l'atténuation *réelle* ($p-n$), on obtient la différence d'atténua-tion (d) :

$$\begin{aligned} d &= (p-m) - (p-n), \\ \text{ou} \quad d &= n - m. \end{aligned}$$

On trouve d en retranchant de la richesse en extrait de la bière (n) le

degré saccharimétrique de la bière dépouillée d'acide carbonique (m); d est d'autant plus grand que la bière contient plus d'alcool. Le facteur de l'alcool, qui, multiplié par la différence d'atténuation, donne la richesse alcoolique centésimale A , le *facteur de l'alcool pour la différence d'atténuation* (c), est trouvé d'après l'équation suivante :

$$c = \frac{A}{(p - m)},$$

Il s'élève en moyenne à 2,24. A l'aide de c et de la différence d'atténuation, on peut calculer approximativement la richesse alcoolique d'une bière, même si la richesse en extrait de malt du moût n'est pas connue. L'atténuation apparente divisée par l'atténuation réelle donne le *quotient d'atténuation* $q = \frac{p - m}{n - p}$, à l'aide duquel on peut calculer le facteur de l'alcool pour l'atténuation apparente (a) et la richesse primitive en extrait du moût (p). On obtient le premier (a) en divisant le facteur de l'alcool pour l'atténuation réelle par le quotient d'atténuation correspondant. Si l'on ajoute le facteur de l'alcool pour la différence d'atténuation = 2,24, et si l'on double la richesse alcoolique approximative ainsi obtenue, on obtient la quantité d'extrait du moût, aux dépens de laquelle s'est formé cet alcool (en même temps que de l'acide carbonique et de la levûre). Si l'on ajoute à cet extrait celui qui se trouve encore dans la bière, on obtient la richesse centésimale approximative en extrait du moût. Si l'on a de cette manière déterminé p approximativement, on trouve le quotient d'atténuation q correspondant dans l'une des deux tables nécessaires pour l'essai saccharimétrique¹, en ayant soin de compter pour un entier les décimales au-dessus de 0,5, mais de négliger celles qui sont au-dessous. Si maintenant la concentration primitive du moût p est calculée, on trouve la richesse alcoolique centésimale de la bière à l'aide de l'équation pour l'atténuation réelle $A = (p - n) b$.

Analyse aréométrique de la bière. — Il y a quelque temps, *A. Metz* a fait connaître une *méthode aréométrique* pour l'analyse de la bière, qui semble devoir remplacer toutes les autres méthodes. On commence par agiter la bière afin de la dépouiller autant que possible de son acide carbonique, et ensuite on détermine son poids spécifique à 17° à l'aide d'un aréomètre sensible; l'instrument construit dans ce but par *Metz* permet de lire exactement jusqu'à la quatrième décimale. On cherche dans la table de *Balling* à quelle quantité d'extrait correspond le poids spécifique, puis on mesure exactement dans un ballon de 1/2 litre (= 500 cent. cubes) de la bière dépouillée d'acide carbonique et on la fait ensuite bouillir dans une capsule afin d'expulser l'alcool, jusqu'à ce qu'elle soit réduite au tiers. Après le refroidissement, on reverse le liquide réduit dans le ballon, on remplit celui-ci

¹ Voy. *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édition française traduite par *L. Gautier*, Paris, 1877 (p. 801).

jusqu'à la marque, à 17°, avec l'eau ayant servi à laver la capsule, on agite le liquide afin de le rendre homogène et l'on détermine de nouveau son poids spécifique. Ces deux analyses permettent de calculer la teneur de la bière en extrait et en alcool.

L'exemple suivant servira à faire comprendre le procédé de Metz. Disons tout d'abord qu'il ne faut pas oublier que l'expression poids spécifique indiquée en général le poids d'un centimètre cube d'un corps, exprimé en grammes. Par conséquent (dans le sens de la table de Balling, calculée pour la température de 17°), le poids spécifique d'une bière ou d'une solution d'extrait à 17° et rapportée à de l'eau de même température est le poids en grammes d'un centimètre cube. Si maintenant on a trouvé par l'expérience que

$$\begin{aligned} s &= \text{poids spécifique de la bière.} = 1,0189 \\ \Sigma &= \text{— — de la bière dépouillée d'alcool et ramenée} \\ &\quad \text{avec de l'eau au volume primitif . . .} = 1,0250 \end{aligned}$$

on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *Richesse en extrait.* Ces deux poids spécifiques veulent dire qu'un centimètre cube de la bière pèse

Avant l'expulsion de l'alcool	1 ^{er} ,0189
Après — —	1,0250

D'après la table de Balling, une richesse en extrait de 6,244 pour 100 correspond à ce dernier poids spécifique. Dans un centimètre cube de la bière dépouillée d'alcool et ramenée à son volume primitif, il y avait donc $\frac{1,0250 \times 6,244}{100} = 0^{\text{re}},064001$ d'extrait. Cette même quantité était aussi dans un centimètre cube ou 1^{er},0189 de bière : combien alors y en a-t-il dans 100 grammes de bière ou quelle est la richesse centésimale en extrait E? Evidemment

$$\begin{aligned} E &= \frac{100 \times \frac{1,025 \times 6,244}{100}}{0,0189} \\ &= \frac{1,0250 \times 6,244}{1,0189} \end{aligned}$$

ou, conformément à la désignation générale employée précédemment,

$$E = \frac{\Sigma \times \text{richesse en extrait correspondante}}{s}$$

La richesse centésimale en extrait (E) est par conséquent égale au poids spécifique (Σ) du liquide dépouillé d'alcool (ramené au même volume), multiplié par la teneur en extrait qui correspond à ce poids spécifique et ensuite divisé par le poids spécifique de la bière (s).

Richesse en alcool. — Pour se rendre compte de la richesse en alcool avec les deux poids spécifiques, le plus simple serait de déduire tout d'abord des volumes, à l'aide de la table, le poids spécifique que l'on aurait obtenu, si l'on avait étendu au même poids au lieu d'étendre, comme dans l'expérience, au même volume, et l'on rentrerait alors dans les conditions de l'ancien procédé par la balance. Si après l'expulsion de l'alcool on n'avait pas étendu au volume primitif, mais au poids primitif, on aurait évidemment obtenu, si l'on considère toujours le centimètre cube, 1^{er} 0189 de solution d'extrait, mais il s'y trouvera cette même quantité d'extrait qui existait lors de la dilution au même volume, puisque les deux liquides proviennent de la même quantité de bière. Cette quantité d'extrait s'élevait, d'après les indications précédentes, à 0^{es},064001. La richesse centésimale en poids de cette solution serait naturellement la même que celle trouvée précédemment, c'est-à-dire E ou dans l'exemple cité $\frac{100 \times 0,064001}{1,0189} = 6,281$, parce que l'on considère la même quantité en poids de solution d'extrait que précédemment de bière. En outre, à l'aide de la table de *Balling*, on trouve qu'une pareille solution d'extrait possède un poids spécifique de 1,0252 ; ce nombre est par conséquent pour l'exemple précédent l'S de la formule actuelle, c'est-à-dire le poids spécifique trouvé à l'aide de la table pour E = 6,281. Nous avons donc maintenant :

s = poids spécifique de la bière.	= 1,0189
S = poids spécifique de la bière dépouillée d'alcool et ramenée au même poids.	= 1,0252

Après avoir ainsi trouvé le poids spécifique S, nous sommes tout à fait ramené à l'ancienne méthode, il suffit pour arriver à connaître la richesse alcoolique cherchée d'intercaler dans la formule nouvelle $A = \frac{P \text{ pour } S}{S}$ la valeur trouvée par ce moyen pour S, à côté de la valeur de s qui est égale dans les deux procédés. Par conséquent, dans le cas spécial dont il s'agit

$$A = \frac{P \text{ pour } \frac{1,0189}{1,0252}}{1,0252} = \frac{P \text{ pour } 0,9939}{1,0252},$$

et comme, d'après la table de *Fownes*, à 0,9939 correspond une teneur alcoolique centésimale de 3,47, $A = \frac{3,47}{1,0252} = 3,38$ la richesse alcoolique, centésimale en poids de la bière.

Pour trouver la richesse alcoolique de la bière, on détermine donc tout d'abord, suivant la manière indiquée précédemment, sa teneur centésimale en extrait. Dans la table de *Balling*, on cherche le poids spécifique correspondant au nombre qui exprime cette teneur. La valeur ainsi trouvée est le

pois spécifique (S) de la bière dépouillée d'alcool et étendue au même poids. On divise par cette valeur le poids spécifique de la bière (s), et dans la table de *Fownes* on cherche la teneur en alcool (P) qui correspond au quotient obtenu, considéré comme poids spécifique. La valeur trouvée est encore divisée par le poids spécifique correspondant à la richesse centésimale en extrait de la bière et trouvé dans la table de *Balling*. Le nombre ainsi obtenu exprime la richesse alcoolique centésimale de la bière. Comme on le voit facilement, dans cette méthode le calcul proprement dit est très-peu important et dans tous les cas beaucoup plus court que celui que l'on est obligé d'effectuer dans le procédé de *Balling*, et la peine employée pour cela est largement compensée par la grande simplification de l'exécution expérimentale, qui est beaucoup moins compliquée que dans l'ancienne méthode. La bière analysée dans l'exemple précédent offre donc en définitive la composition suivante :

Extrait	6,58
Alcool	3,58
Eau	90,54
	<hr/>
	100,00

J. Greiner, mécanicien à Munich, livre au commerce dans un étui portatif les appareils nécessaires pour l'exécution de l'analyse de la bière d'après la méthode aréométrique.

Essai halimétrique de la bière. — Ce procédé, indiqué par *v. Fuchs* (et qui repose sur cette supposition que la bière a été préparée *seulement* avec du malt et du houblon, ce qui est maintenant beaucoup plus rare qu'autrefois), est basé sur ce fait que 100 parties d'eau peuvent dissoudre, quelle que soit la température, 36 parties de sel marin pur (= 2,778 : 1), et qu'en outre un liquide dissout d'autant moins de sel marin qu'il renferme plus d'alcool, d'extrait de bière, etc. D'après cela, il est possible de déterminer la quantité de l'eau, si l'on dissout le sel marin dans la bière. Pour mesurer la quantité du sel marin non dissous, on se sert de l'*halimètre* (fig. 317), qui se compose de deux tubes de verre, l'un plus étroit et l'autre beaucoup plus large, qui se confond avec le tube étroit comme cela a lieu pour les deux parties d'un entonnoir. Le petit tube est gradué de telle sorte que chaque grande division renferme 5 grains (1 grain = 0^{gr},0625) de sel marin pur et que

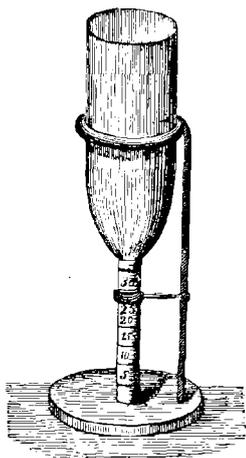


Fig. 317. — Halimètre de Fuchs.

chacune des petites divisions qui se trouvent dans les grandes en renferme 1 grain. Dans tous les essais halimétriques de la bière, il faut faire attention à ce que les grains de la poudre de sel introduite dans le tube aient toujours la même grosseur, et en frappant l'instrument sur une table de bois

on fait en sorte que la poudre soit réduite au plus petit volume que peut occuper une quantité déterminée. C'est pourquoi il faut faire passer le sel marin pulvérisé à travers un tamis de toile métallique à mailles fines. On conserve pour l'usage, dans des flacons bouchés à l'émeri, une certaine quantité de sel tamisé.

L'essai comprend deux expériences. Dans la première on trouve la plus grande partie de l'eau, avec l'acide carbonique et la richesse totale (esprit de vin, extrait et acide carbonique); la deuxième expérience donne la quantité de l'extrait, qui, si on retranche celui-ci et l'acide carbonique de la richesse totale, indique l'esprit de vin. Celui-ci n'est pas anhydre, mais combiné avec une certaine quantité d'eau. Pour chaque expérience 1,000 grains (= 62^{gr},5) de bière sont nécessaires, et l'on y ajoute dans un ballon 350 grains (= 20^{gr},46) de sel marin pur et tamisé. Le ballon couvert, dont on agite fréquemment le contenu, est chauffé au bain-marie jusqu'à 58°. Au bout de six ou dix minutes on retire le ballon du bain, on le laisse refroidir, on souffle doucement dedans pour éliminer l'acide carbonique et on le pèse. La perte de poids donne la quantité de l'acide carbonique, qui pour une bonne bière s'élève à 1 grain 1/2. Le ballon, fermé avec le pouce, est ensuite renversé, afin que le sel marin non dissous se rassemble sur le doigt, et le sel et le liquide sont immédiatement versés dans l'halimètre. Le sel non dissous se dépose dans le petit tube. On favorise le dépôt en secouant l'instrument. Dès que le volume du sel déposé ne diminue plus, on lit sur la graduation les grains non dissous, et l'on soustrait le nombre des grains de 350. On calcul ensuite quelle quantité d'eau correspond au sel marin dissous.

Exemple. Si 1,000 grains (= 62^{gr},5) de bière dissolvent 350 — 18 = 312 grains de sel marin, ces 1000 grains de bière contiennent 866,6 grains d'eau, car

$$\begin{aligned} 56 : 100 &= 312 : x, \\ x &= 866,6; \end{aligned}$$

ce qui manque à 1,000 grains = 155,4 grains est la richesse totale en acide carbonique, en extrait et en esprit de vin. Si le ballon avait perdu 1,5 grain de son poids sous l'influence de la chaleur, il reste pour l'extrait et l'esprit de vin 151,9 grains. La deuxième expérience sert pour la détermination de l'extrait. Dans ce but, on pèse dans un ballon 1,000 grains (= 62^{gr},5) de bière et l'on fait bouillir cette quantité jusqu'à ce qu'elle soit réduite à 500 grains. L'esprit de vin et l'acide carbonique se dégagent alors complètement. On ajoute ensuite 180 grains de sel marin et l'on procède comme plus haut. Si l'on admet que 180 — 20 = 160 grains de sel marin se soient dissous, cette quantité correspond à 444,4 grains d'eau, car

$$\begin{aligned} 18 : 50 &= 160 : x, \\ x &= 444,4; \end{aligned}$$

ce qui donne 55,6 grains pour l'extrait. Si maintenant la détermination préliminaire de l'acide carbonique a donné 1,5 grain, la quantité de l'esprit de vin contenu dans la bière est 73,3 grains, car $133,4 - 55,6 - 1,5 = 73,3$, ce qui, d'après la table qui accompagne l'appareil¹, correspond à 42,27 grains d'alcool absolu. La bière analysée contiendrait par conséquent dans 1,000 parties en poids :

Acide carbonique.	1,50
Eau non combinée.	866,60
Eau combinée.	54,03
Extrait.	55,60
Alcool.	42,27
	1000,00

Nous ferons encore remarquer que l'essai halimétrique de la bière perd toute sa valeur dès que l'on peut soupçonner que la glycérine et le sucre de fécule ont été employés pour la préparation de la bière analysée.

Produits secondaires et déchets des brasseries. — Parmi les *déchets* et *produits secondaires* de la préparation de bière, la *drèche* occupe le premier rang; 100 parties de malt touraillé donnent en moyenne 133 parties de drèche humide, qui après avoir été desséchées au degré du touraillage ne forment plus que 33 parties. La drèche est employée pour la nourriture du bétail. Indépendamment des glumes et de la substance cellulaire de l'orge, elle contient de l'orge non encore décomposée, de la matière grasse et des corps protéiques, qui lui donnent sa valeur. Une drèche d'une brasserie de Munich, qui avait été obtenue en préparant de la bière d'été (d'après le procédé de la trempé épaisse) avec de l'orge distique, avait la composition suivante :

	HUMIDE.	SÉCHÉ À L'AIR.	DESSÉCHÉE À 100°.
Eau.	74,71	7,28	—
Cendre	1,06	3,87	4,18
Cellulose	5,03	11,22	12,10
Matière grasse.	1,70	6,23	6,72
Éléments azotés	6,26	22,80	24,71
— non azotés	15,21	48,51	52,20
	100,00	100,00	100,00

Les *touraillons* (déchets du malt), dont la quantité s'élève en moyenne à 3 pour 100 du malt touraillé, constituent une pâture très-concentrée et très-riche en corps protéiques. D'après les analyses de *Scheven*, *Way* et *Lermer* (analyses effectuées sur des touraillons d'orge de Hongrie), ils renferment :

	SCHIVEN.	WAY.	LERMER.
Eau.	7,2	3,7	10,72
Cendre	6,8	5,1	6,91
Cellulose.	17,0	18,5	—
Substances protéiques.	45,5	48,9	32,40
Éléments non azotés	23,6	25,8	49,97

¹ Voy. *P. Bolley*, loc. cit., p. 813.

La substance floconneuse qui se sépare dans les bacs refroidissoirs (voy. p. 236) est employée pour la nourriture du bétail ou cédée aux distillateurs; elle s'élève à 5 pour 100 du moût produit. Le moût très-étendu que l'on obtient, après celui qui sert pour la préparation de la petite bière, en épuisant encore une fois la drèche avec de l'eau (voy. p. 227), sert dans les distilleries pour refroidir et pour étendre la trempe, ainsi que dans la fabrication du vinaigre. Dans le procédé de la trempe épaisse, ce liquide contient encore de 4 à 8 pour 100 d'extrait; dans le procédé par infusion, il n'en renferme que 2 ou 5 pour 100. La *boue superficielle* (voy. p. 227) sert soit pour la fabrication de l'eau-de-vie, soit pour la préparation du pain. La *levûre* qui se forme pendant la fermentation du moût est employée pour préparer de nouvelle bière, mais une grande partie sert dans la préparation des petits pains, dans l'économie domestique et dans la fabrication de l'eau-de-vie et du vinaigre. Dans les brasseries où l'on emploie le bois comme combustible la *endre* est aussi considérée comme déchet. Chaque toise de bois laisse 7¹¹,5 à 10 kilogrammes de cendre.

FABRICATION DE L'ALCOOL

Généralités. — Dans la plupart des pays, les bases sur lesquelles reposent la production de l'alcool et l'importance de cette production sont différentes, et il en est de même pour les matières brutes employées, pour le but que l'on se propose, pour le mode d'imposition — circonstances qui toutes exercent une grande influence sur la manière dont l'industrie de l'alcool doit être conduite. Lorsqu'on soumet un liquide alcoolique à la distillation, l'alcool et l'eau distillent, tandis que les éléments non volatils du liquide restent sous une forme plus concentrée. Le produit qui passe à la distillation, essentiellement composé d'un mélange d'eau et de 40 à 50 pour 100 d'alcool, porte le nom d'*eau-de-vie*, et lorsqu'il est plus riche en alcool, il est désigné sous le nom d'*esprit-de-vin* ou d'*esprit*. Autrefois la distillation des liquides alcooliques avait pour objet de préparer de l'eau-de-vie destinée à être bue; mais depuis que l'on a commencé à employer l'esprit-de-vin dans l'industrie aux usages les plus variés, par exemple, dans la parfumerie, dans la préparation des vernis dits à l'alcool, comme moyen de chauffage dans les laboratoires, pour l'extraction des alcoïdes végétaux, etc., on ne prépare plus d'eau-de-vie, mais on fabrique immédiatement et sur une grande échelle le liquide le plus riche en alcool, l'esprit-de-vin ou l'esprit.

Depuis que la petite industrie ne s'occupe plus de la distillation des liquides alcooliques en vue de la fabrication de l'esprit, la mécanique s'est emparée des appareils distillatoires, et prenant en considération les propriétés physiques d'un mélange de vapeurs alcooliques et de vapeurs aqueuses, et cette circonstance que les résidus de la distillation

pouvoir être employés pour la nourriture du bétail, elle construit des appareils qui dans le temps le plus court possible produisent avec la matière première employée (pommes de terre, betteraves, céréales, etc.) la plus grande quantité possible d'alcool fort. L'influence favorable des lois fiscales sur le développement de l'industrie de l'alcool ne doit pas être méconnue.

Propriétés de l'alcool.—L'alcool (alcool éthylique) a pour formule C^2H^6O ou $\left. \begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix} \right\} O$ ou $\left. \begin{matrix} CH^3 \\ CH^2 \end{matrix} \right\} OH$. C'est un liquide incolore, très-fluide et très-mobile, d'une densité de 0,806 à 0° et de 0,789 à 20°, et qui bout à 78°,3; comme sous la même pression l'eau bout à 100°, on peut déterminer la richesse alcoolique d'un liquide d'après sa température d'ébullition. Il ne se solidifie pas, même à —90°. Entre 0° et 78°,3 (son point d'ébullition) l'alcool se dilate de 0,0956 de son volume, tandis que le volume de l'eau entre les mêmes degrés de température n'augmente que de 0,0278. Comme d'après cela la dilatation de l'alcool est 5 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de l'eau, les proportions suivant lesquelles a lieu l'augmentation de volume de ces deux liquides peuvent également être mises à profit pour l'alcoométrie. La tension de la vapeur de l'alcool à 78°,3 est égale à une atmosphère, tandis que la vapeur de l'eau n'exerce une pression atmosphérique qu'à 100°; par conséquent la richesse alcoolique d'un liquide peut être mesurée par la hauteur d'une colonne de mercure qui, à une température déterminée, est soulevée par les vapeurs dégagées du liquide alcoolique (vaporimètre, p. 172). L'alcool est facilement inflammable et il brûle avec une flamme bleu pâle, sans qu'il se sépare du noir de fumée. Sa chaleur de combustion correspond à 7,185 calories (tandis que le pétrole dégage 11,775 calories). Il absorbe l'eau avec avidité (sur cette propriété repose l'emploi de l'alcool pour la conservation des aliments et des préparations anatomiques) et il se mêle avec ce liquide en toutes proportions; en même temps il se produit une diminution de volume (élévation du poids spécifique), et de la chaleur est mise en liberté. Lorsqu'on mélange :

	55,9 volumes d'alcool	
avec	49,8 —	d'eau,
le volume du mélange n'est pas	105,7	mais 100.

L'alcool semble former avec l'eau une combinaison suivant des proportions moléculaires, puisque les proportions précédentes correspondent assez exactement à la formule $C^2H^6O + 5H^2O$. L'alcool très-étendu n'agit plus comme déshydratant.

L'alcool dissout les résines (sur cette propriété repose la préparation de certains vernis, de certains mastics et d'un grand nombre de médicaments), les huiles volatiles (les dissolutions sont des eaux odorantes, comme l'eau de Cologne, des liqueurs et des eaux-de-vie, des matières éclairantes, comme une solution d'essence de térébenthine dans l'alcool) et l'acide carbonique (propriété importante pour la fabrication des vins mousseux; voyez page 191).

Sous l'influence de certains agents oxydants, l'alcool se transforme d'abord en aldéhyde et ensuite en acide acétique (fabrication rapide du vinaigre). Il ne dissout pas le sel marin (on se sert de l'insolubilité du sel marin pour l'essai halimétrique de la bière; p. 256). La plupart des acides produisent l'éthérisation de l'alcool. L'acide sulfurique forme, suivant la quantité employée et la concentration, de l'éther sulfurique, de l'éther simple ou de l'hydrogène protocarboné. L'acide chlorhydrique donne naissance à du chlorure d'éthyle. Quelques acides organiques, comme l'acide butyrique et l'acide oxalique, éthérifient directement l'alcool; la plupart des autres acides organiques ont besoin pour cela du concours de l'acide sulfurique. L'alcool est le principe enivrant de tous les liquides spiritueux.

Matières premières de la fabrication de l'alcool. — L'alcool est toujours le produit de la fermentation alcoolique; sa fabrication se divise en trois opérations principales :

- 1^o Préparation du liquide sucré;
- 2^o Fermentation de celui-ci;
- 3^o Séparation de l'alcool par la distillation.

Par conséquent tous les liquides sucrés fermentés ou les substances qui fournissent de l'alcool par fermentation peuvent être employés à la fabrication de l'esprit-de-vin.

Toutes les substances qui sont employées pour la préparation de l'esprit-de-vin contiennent de l'alcool déjà formé ou du sucre de canne et de la dextrose, ou enfin des matières qui peuvent être transformées en dextrose par l'action de la diastase ou des acides étendus; ces matières sont l'amidon, l'inuline, la lichénine, les substances pectiques et la cellulose. Les matières premières de la fabrication de l'alcool peuvent par conséquent être partagées en les groupes suivants :

Premier groupe : Liquides qui ont déjà subi la fermentation et qui par conséquent contiennent de l'alcool tout formé, qui n'a plus besoin que d'être séparé par distillation; le vin, la bière, le cidre et le poiré appartiennent à ce groupe.

Deuxième groupe : Substances liquides ou solides qui contiennent du sucre, soit du sucre de canne, soit de la dextrose et de la lévulose ou du sucre de lait. A ce groupe appartiennent les betteraves à sucre, les carottes, la canne à sucre, les tiges de maïs, le sorgho, le chiendent, les fruits à noyaux et à pépins (notamment les prunes, les cerises et les figes), les baies (les raisins, les sorbes, les baies de genévrier¹), les melons et les citrouilles, les fruits de cactus, la garance, les mélasses de canne et de betterave, le marc de raisins et la drèche, le miel et le lait.

Troisième groupe : Toutes les substances qui ne contiennent ni alcool, ni sucre, mais dont les éléments peuvent être transformés en sucre et en dextrose. Ces éléments susceptibles d'être saccharifiés sont : l'amidon, l'inuline,

¹ Les baies de genévrier, qui en Moravie, dans la Hongrie supérieure et dans d'autres pays, sont employées pour la préparation d'une eau-de-vie (*boroviczka*), contiennent, d'après E. Donath (1875), 29,65 p. 100 de sucre.

la *lichénine*, les *substances pectiques* et la *cellulose*; ils se trouvent en proportion suffisante pour servir à la préparation de l'alcool dans les substances suivantes :

a. *Racines et tubercules* : pommes de terre, topinambours, asphodèle, fritillaire impériale, tubercules de dahlia;

b. *Céréales* : seigle, froment, orge, avoine, maïs, riz;

c. *Semences de légumineuses et autres* : blé noir, millet, sorgho, pois, lentilles, haricots, vesces, lupins, châtaignes, marrons d'Inde, glands;

d. *Substances celluluses* : bois (sciure de bois), papier, paille, foin, feuilles, lichens et mousses.

Dans l'avenir on devra peut-être établir un :

Quatrième groupe, qui comprendra toutes les substances qui peuvent servir pour la préparation synthétique de l'alcool, de l'*esprit minéral*. Berthelot a montré en 1855 que de l'alcool pouvait se former aux dépens du gaz oléfiant (éthylène) et de l'eau ($C^2H^4 + H^2O - C^2H^6O$). Le gaz oléfiant agité sans interruption avec de l'acide sulfurique concentré est absorbé avec formation d'éther sulfurique, et du liquide étendu avec de l'eau on peut extraire immédiatement par distillation de l'alcool hydraté. Comme l'éthylène C^2H^4 se forme aux dépens de l'acétylène C^2H^2 et de l'hydrogène, et que l'acétylène prend naissance par union directe du carbone avec l'hydrogène, la préparation artificielle de l'alcool avec ses éléments est possible. Mais, pour le moment, la formation synthétique de l'alcool, qu'un industriel français avait tenté d'exploiter il y a quelques années, n'offre qu'un intérêt purement scientifique.

[**Production de l'alcool.** — Parmi les pays qui produisent de l'alcool, la France occupe le premier rang, aussi bien pour la quantité que pour la qualité des produits. Cette industrie s'exerce presque sur toute l'étendue du territoire; les contrées de l'ouest et du midi se livrent principalement à la distillation des vins; dans le nord, on traite surtout les mélasses de betteraves et les grains; dans le centre, ce sont les betteraves que l'on transforme en alcool; dans l'est, on fabrique différentes variétés de kirsch par distillation des fruits à noyaux; enfin, en Normandie, on prépare avec le cidre et le poiré une eau-de-vie spéciale très-appreciée dans ce pays.

Toutes ces distillations réunies ont produit, en 1876, une quantité d'alcool à 50° égale à 4,100,540 hectolitres, ainsi répartis :

Alcool de vin	1,529,380 hectolitres.
— de marc	161,850 —
— de mélasse de betteraves	1,365,568 —
— de betteraves	650,050 —
— de grains et de pommes de terre	194,954 —
Autres alcools	220,778 —

Sur cette quantité,

2,944,462 hectolitres	ont été consommés en boissons,
71,056 —	ont été employés par l'industrie,
1,044,606 —	ont été exportés.

Enfin, parmi les alcools consommés en France, il faut encore compter les rhums, les kirschs, les marasquins et autres produits, dont la quantité importée de l'étranger s'est élevée, en 1876, à 124,526 hectolitres.

En Angleterre, la production de l'alcool ne s'élève qu'à 1 million d'hectolitres, et en Allemagne, en Autriche et en Russie, elle atteint le chiffre de 1,800,000 hectolitres.]

A. PRÉPARATION DU LIQUIDE VINEUX (MOÛT FERMENTÉ).

Préparation du liquide vineux avec des céréales. — L'eau-de-vie de grains peut être préparée avec le froment, le seigle, l'orge, l'avoine, le riz, le maïs et le sarrasin. On ne distille jamais seule une espèce de céréale, parce que le rendement en alcool est plus grand lorsqu'on distille deux espèces ensemble, comme l'orge et le froment, le seigle et l'orge, etc. Le plus souvent on prend un mélange de seigle et de malt de froment ou d'orge ou du froment mêlé avec du malt d'orge. Pour 1 partie de malt on prend 2 ou 3 parties de grain non malté. On prépare, comme en Angleterre, un véritable moût, en maltant, empâtant et démêlant le grain et ensuite en soutirant le moût, absolument comme dans la fabrication de la bière, ou bien on laisse fermenter toute la trempe avec le marc. Ce dernier procédé est en usage en France, en Belgique et en Allemagne. En Russie et en Suède (d'après les communications que m'a adressées *N. Witt*), l'eau-de-vie est très-souvent préparée *sans malt*; dans ces pays, au moyen d'un démêlage convenable de la farine de seigle, on arrive à produire avec certains éléments du grain le même effet qu'avec la diastase du malt.

La préparation du liquide vineux ou du moût fermenté, telle qu'elle est pratiquée en France et en Allemagne, comprend les quatre opérations suivantes :

1^o *Mouture*. Le grain brut ainsi que le grain malté sont préalablement moulus; comme dans la fabrication de l'esprit-de-vin il ne s'agit pas d'obtenir un moût clair, mais qu'il importe que la formation du sucre soit complète, il est absolument nécessaire que le grain soit moulu aussi finement que possible. Dans la préparation de l'alcool, on emploie maintenant de préférence le *malt vert*.

2^o *Empâtage ou macération*. L'opération de l'empâtage est, dans ce qu'elle a d'essentiel, identique avec le démêlage du brasseur, avec cette différence cependant que le distillateur a en vue la transformation complète de l'amidon en glucose, tandis que le brasseur convertit une partie de l'amidon seulement en dextrine. [Pendant toute la durée de la macération, la température du mélange ne doit pas descendre au-dessous de 50 à 60°; à cette température, l'opération est terminée au bout de quatre heures. La saccharification complète, ainsi que la transformation complète de la glucose en alcool, pendant la fermentation, ne sont possibles que lorsque la trempe est à un certain degré de dilution. L'eau doit être ajoutée dans une

certaine proportion, au-dessous de laquelle il ne faut pas descendre, si l'on ne veut pas perdre en rendement. Comme, dans la plupart des contrées de l'Allemagne, ce n'est pas le produit (l'alcool), mais le volume de la trempé, qui est imposé, il est de l'intérêt du distillateur de réduire le plus possible le volume de sa trempé et de travailler avec une trempé extrêmement concentrée. Les exigences de la science sont donc en opposition avec celles de la pratique; la science indique que le plus grand rendement en alcool est obtenu avec un poids donné de la matière brute, et la pratique exige que ce même rendement soit fourni par le plus petit volume de la trempé. Jusqu'à un certain point l'avantage qui résulte de l'observation exacte des principes de la chimie est, d'après cela, plus que compensé par le désavantage provenant du mode d'impôt. L'expérience a montré la voie que l'on avait à suivre pour obtenir que la théorie et l'impôt, le gain et la perte, s'équilibrent mutuellement. Autrefois on prenait pour une partie de grain moulu 8 parties d'eau (en moyenne), la saccharification et la fermentation s'effectuaient complètement, et la séparation de l'alcool par distillation pouvait être opérée facilement avec une trempé aussi claire. Mais ces avantages entraînaient l'inconvénient de l'emploi de grands appareils et d'une dépense de combustible plus considérable. A cela venait encore s'ajouter l'imposition de ce grand volume de trempé. On fut ainsi amené peu à peu à descendre de 8 parties d'eau à 6, 5 et même à 5,75, et l'on obtint à moins de frais, par suite d'une fermentation plus complète, un rendement en alcool plus grand qu'autrefois. On préfère maintenant la proportion de 1 : 4,5. Avec une proportion de 1 : 3,75, il se produit déjà une perte sensible, il reste beaucoup trop de dextrose et d'amidon dans la vinasse.

5° *Refroidissement de la trempé.* Lorsque la saccharification est achevée, la température de la trempé (moût) doit être abaissée aussi rapidement que possible au degré qui convient pour l'addition de la levûre et la fermentation. Le refroidissement a lieu soit dans des bacs refroidisseurs, exactement comme dans les brasseries, soit au moyen de dispositions qui favorisent l'évaporation, soit enfin par réfrigération avec de l'eau froide ou de la glace. [On refroidit la trempé en la délayant avec de l'eau ou même avec de la vinasse provenant d'une opération précédente, lorsqu'on n'a pas employé lors de la macération la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un moût suffisamment dilué pour la fermentation.] Le degré auquel doit être refroidie la trempé dépend de la température du local où s'effectue la fermentation, ainsi que de la durée de celle-ci; lorsque la fermentation ne doit durer que trois jours, on comprend qu'il soit nécessaire que la température soit un peu plus élevée que pour une fermentation de quatre jours. Lorsque la trempé a été refroidie à la température voulue — jusqu'à 23° en moyenne — on l'envoie dans la cuve à fermentation.

4° *Fermentation de la trempé.* Les cuves à fermentation sont le plus souvent en bois, cependant on en emploie aussi qui sont en pierre. Les premières méritent la préférence, parce qu'elles laissent perdre la chaleur moins rapidement. Pour la même raison, on préfère les grandes cuves aux

petites. Une capacité de 4,000 litres est rarement dépassée. On se sert soit de levûre de bière (levûre superficielle ou levûre de dépôt) à l'état liquide, soit de *levûre sèche (levûre pressée)*, comme celle que l'on obtient en pressant la levûre de bière ou la levûre qui se forme dans la fermentation du moût de grains, de betteraves ou de pommes de terre. Cette dernière est délayée dans de l'eau chaude avant d'être employée. On prend par 1,000 litres de trempe de 8 à 10 litres de levûre de bière liquide, pour 5,000 litres 15 à 20 litres de levûre sont suffisants. Si l'on se sert de levûre sèche, on en prend 1/2 kilog. pour 1,000 litres de trempe et 1 kilog. pour 5,000 litres. Comme on ne peut pas toujours avoir de la levûre de bière et de la levûre sèche de la qualité voulue et à un prix modéré, on a coutume de préparer de la levûre artificielle dans les grandes distilleries. L'addition de la levûre à la trempe refroidie s'effectue de la même manière que pour le moût de bière. Au bout de trois ou cinq heures la fermentation commence et la température s'élève à 30 ou 52°. Dès que le dégagement de l'acide carbonique cesse, les parties solides tombent au fond et font place aux liquides. Ce phénomène a lieu le quatrième jour et il est regardé comme le signe de la fin de la fermentation. Dès que la fermentation est terminée et que la trempe est transformée en *liquide vineux* (en moût fermenté), il faut procéder immédiatement à la séparation de l'alcool. Il est à peine besoin de faire remarquer qu'en disant que la fermentation est terminée on ne veut pas dire qu'elle l'est d'une manière absolue, mais bien qu'elle est arrivée au degré qui paraît être le plus avantageux au point de vue économique, degré que l'on atteint en interrompant le phénomène au moment convenable.

[En Belgique, où l'on opère aussi à peu près comme il vient d'être dit, les distillateurs emploient généralement pour préparer le liquide vineux un mélange de 24 à 50 parties de malt et de 56 à 70 parties de seigle, auquel ils ajoutent quelquefois 8 à 12 pour 100 d'avoine.

En Angleterre, la préparation du liquide vineux s'effectue de la manière suivante. On prend :

Orge d'hiver crue.	80 parties.
Malt pâle.	40 —
Avoine.	40 —

Les substances étant moulues, on les brasse dans une cuve mécanique avec la quantité d'eau nécessaire pour que le moût fermenté contienne environ 6 pour 100 d'alcool pur en volume. Le moût est ensuite soutiré de la cuve et refroidi sur de grands bassins plats en tôle ou par circulation dans les tubes en cuivre d'un réfrigérant. Quand la température du liquide est descendue à 18 ou 22°, on le met en fermentation dans de grandes cuves, en ajoutant 5 à 6 litres de levûre liquide ou 2 kilog. 1/2 ou 3 kilog. de levûre sèche par 100 kilog. de matière employée. La fermentation se développe très-lentement d'abord, puis augmente graduellement et est terminée au bout de quatre à cinq jours.

Pour préparer le liquide vineux avec le riz, on délaye 500 kilog. de farine de riz avec 50 hectolitres d'eau à 60 ou 65° dans une cuve munie d'un faux-fond troué, on chauffe ensuite la masse pendant une demi-heure à 70° au moyen de la vapeur, puis avec de l'eau froide on abaisse la température du mélange à 50° et l'on y ajoute 425 kilog. de malt; on couvre la cuve, on laisse la saccharification s'effectuer pendant deux heures, après quoi on fait écouler le liquide décanté clair ou tel quel dans la cuve à fermentation, où on le ramène avec de l'eau froide à la température de 22 à 24°, et l'on met en levain.]

Préparation de la trempé avec des pommes de terre. — Les pommes de terre se composent de 28 pour 100 de substance sèche (avec 21 pour 100 de fécule et 2,3 pour 100 de corps protéïques) et de 72 pour 100 d'eau, et, de même que les céréales, toute la fécule qu'elles renferment peut être convertie en dextrose, mais elles ne contiennent pas l'agent transformateur que l'on a nommé diastase. Cette substance ne se produit pas dans les pommes de terre sous l'influence de la germination. Par conséquent, pour que la fécule des pommes de terre se transforme en dextrose, il faut lors du traitement des tubercules ajouter du malt, ou bien faire agir un acide sur les pommes de terre préparées. Suivant que l'on emploie le premier ou le second procédé, on distingue : *a.* la préparation de la trempé à l'aide du malt (saccharification par le malt); *b.* la préparation de la trempé à l'aide de l'acide sulfurique (saccharification par l'acide sulfurique). Le premier mode de préparation est celui que l'on suit le plus ordinairement; en voici la description.

La préparation du liquide vineux à l'aide du malt comprend les opérations suivantes :

1° *Lavage et coction des pommes de terre.* Avant de faire cuire les pommes de terre on les débarrasse généralement de la terre qui y adhère. Le lavage s'effectue soit dans une auge, soit dans un tambour. Après le lavage on procède à la coction des pommes de terre sans les dépouiller préalablement de leur tégument. Autrefois on les faisait cuire avec de l'eau, mais maintenant on emploie généralement la vapeur. [Dans ce but, on introduit les pommes de terre lavées dans un cylindre en tôle muni d'un faux-fond troué, au-dessous duquel on fait arriver de la vapeur; celle-ci traverse les tubercules et s'échappe par un tuyau adapté sur le couvercle du vase; au bout de une heure à une heure un quart, la cuisson étant terminée, on ouvre un orifice que porte le cylindre à sa partie inférieure afin d'en extraire les tubercules.]

2° *Écrasage des pommes de terre.* Au sortir du cylindre, les pommes de terre cuites tombent dans une trémie, qui les conduit dans l'appareil destiné à les écraser. Pendant tout le temps que dure l'extraction des pommes de terre de l'appareil à cuire, l'arrivée de la vapeur est seulement modérée, mais non interrompue, afin que les tubercules restent chauds. Lorsqu'elles se refroidissent, les pommes de terre cuites prennent souvent, comme on sait, une consistance savonneuse, par suite de laquelle elles ne

peuvent être que difficilement écrasées, et en outre elles ne peuvent plus former avec l'eau un mélange homogène. Mais la transformation complète de la fécule en dextrose ne peut être atteinte que si la machine à écraser fournit une substance peu cohérente et farineuse et non une masse compacte. L'appareil le plus simple pour l'écrasage des pommes de terre se compose de deux cylindres en fonte creux, dont les axes reposent sur les coussinets d'un chevalet et qui au moyen des roues fixées à l'une des extrémités des axes peuvent se mouvoir en sens inverse.

3° *Empâtage* ou *macération*. Les pommes de terre écrasées sont traitées de la même manière que les grains crus avec addition de malt. On préfère le malt d'orge à tous les autres, parce qu'il agit plus énergiquement et plus efficacement; cependant on emploie souvent du malt de seigle mélangé avec du malt d'orge. Le malt vert est plus actif que le malt séché à l'air et il procure un plus grand rendement en alcool. La proportion relative du malt moulu et des pommes de terre que l'on indique n'est pas toujours la même. Tandis que les uns pensent que 2 ou 3 parties d'orge (sous forme de malt) sont suffisantes pour 100 parties de pommes de terre, les autres veulent que l'on en prenne 10 parties. Comme cela arrive fréquemment en maintes circonstances, la moyenne des chiffres indiqués est probablement aussi dans ce cas la meilleure proportion à employer, et dans le fait une addition de 5 parties d'orge ou de malt séché à l'air à 100 parties de pommes de terre est ce qui se fait le plus généralement. 100 parties de pommes de terre (avec environ 20 pour 100 de fécule) fournissent un moût contenant en moyenne 17,5 parties d'extrait anhydre, 5 parties de malt d'orge en donnent 3 parties. Le rendement en alcool doit donc être réparti sur ces deux substances. Pour les pommes de terre la dilution est poussée un peu plus loin que pour les grains; elle est faite de telle sorte que la substance sèche et l'eau soient entre elles comme 1 : 4,5, 1 : 4 et même 1 : 3. Il est évident que pour établir ces proportions on a porté en déduction la grande quantité d'eau contenue dans les pommes de terre (72 à 75 pour 100).

Le *refroidissement* s'effectue suivant la manière qui a été décrite précédemment. Dans les bacs refroidisseurs la trempée éprouve des changements dont les uns sont avantageux et les autres nuisibles au rendement en alcool. Parmi les changements favorables, on doit compter l'augmentation de la richesse en sucre. Dans la trempée refroidie, il y a plus de glucose qu'auparavant, fait qui ne peut s'expliquer que par la présence dans le moût de corps protéiques qui possèdent la propriété de transformer en dextrose la dextrine contenue dans ce liquide non refroidi⁴. Une autre modification du moût est caractérisée par la formation d'une certaine quan-

⁴ Toute substance albumineuse, à un certain degré de décomposition, possède la propriété de transformer l'amidon en dextrose; tels sont le sang, la bile, la matière cérébrale, la levûre, l'albumine de l'orge germée, la salive, la viande putréfiée. *Mulder* veut que le mot *diastase* soit rayé de la science, et il propose à sa place le nom d'*agent transformateur de l'amidon*; mais, dans l'état actuel de la science chimique, il n'y a presque rien à

tité d'acide lactique, qui se produit toujours aux dépens du sucre sous l'influence d'un ferment lactique particulier. L'acide lactique se forme en quantité d'autant plus grande que le refroidissement de la trempe à la température de la fermentation s'effectue plus lentement. Le meilleur moyen pour réduire sa production à des proportions insignifiantes consiste par conséquent dans un refroidissement aussi rapide que possible. On a découvert dans l'*acide sulfureux* un moyen excellent pour augmenter le rendement en alcool de la trempe par diminution de la production de l'acide lactique. On démêle en ajoutant une solution aqueuse d'acide sulfureux.

[Au lieu de faire cuire les pommes de terre, on peut aussi soumettre à la macération les tubercules crus préalablement râpés. On procède alors de la manière suivante : Dans une cuve munie d'un double fond troué on introduit 1,000 kilog. de pommes de terre râpées, on laisse égoutter la pulpe pendant une demi-heure et l'on soutire le liquide qui s'est rassemblé entre les deux fonds; on fait alors arriver peu à peu sur la pulpe 10 à 12 hectolitres d'eau bouillante et l'on ajoute 70 kilog. de malt mouillé; on brasse la masse, et après une macération de trois ou quatre heures on soutire le liquide clair, on laisse égoutter pendant environ un quart d'heure et l'on env. ie les deux liquides dans la cuve à fermentation; on fait ensuite arriver 500 litres d'eau bouillante sur la pulpe, on brasse, on soutire, on laisse égoutter comme précédemment et l'on réunit les liquides ainsi obtenus à ceux déjà contenus dans la cuve à fermentation; enfin, on recommence une troisième fois ces opérations en employant 500 litres d'eau froide, qui après brassage, soutirage et égouttage, sont envoyés avec les produits des deux premières extractions. Cette méthode fournit un rendement en alcool supérieur à celui que donne l'empâtage avec les pommes de terre cuites, et le produit est de meilleure qualité, la distillation ayant lieu avec un moût clair et non avec une masse pâteuse.]

Depuis quelque temps on construit et on emploie des *appareils à macération dans le vide*, comme, par exemple, celui de *Hollefreund*, dans lequel la transformation en empois des grains de fécule de pommes de terre est effectuée au moyen de vapeurs surchauffées. L'influence favorable de la haute pression produite par la vapeur sur la désagrégation de l'amidon s'explique par ce fait que, lors de la suppression de la pression (après la coction), les grains d'amidon éclatent, absolument comme dans l'expérience avec la vessie sous le récipient de la machine pneumatique. D'après *Al. Müller (1874)*, ce n'est pas à une action mécanique que doit être attribué l'avantage résultant de l'emploi de la vapeur à haute pression, l'avantage consiste plutôt en ce qu'on a besoin d'une moins grande quantité d'eau pour la production de l'empois et en ce que celui-ci est plus fluide à une haute température. Dans

répondre à cette manière de voir, puisque la diastase n'existe pas comme individu chimique. Dans l'industrie, le mot de diastase peut au contraire être conservé, mais seulement en ne comprenant sous cette désignation que l'ensemble des substances albuminoïdes en décomposition qui ont le pouvoir de transformer l'amidon en dextrose.

tous les cas, l'introduction des appareils qui produisent l'empois à une température supérieure à 100° constitue un important progrès dans la distillerie. Depuis quelque temps on parle beaucoup d'un appareil à marche continue pour l'empâtage et la distillation construit (1874) par R. Ilges, de Breslau.

4° *Fermentation de la trempe*. L'addition de la levûre à la trempe refroidie contenue dans les cuves à fermentation s'effectue de la même manière que pour le moût de grains. On emploie aussi dans ce cas de la levûre de bière. Pour 100 kilogr., on prend 1 ou 2 litres de levûre pâteuse ou 750 à 1,000 grammes de levûre sèche. Dans le moût de pommes de terre, on trouve, outre les glumes du grain (de l'orge maltée), de la substance cellulaire-finement divisée; ces matières sont soulevées à la surface du liquide pendant la fermentation et y forment une sorte de couverture (le *chapeau*), dont l'aspect et la manière dont elle se comporte permettent de tirer une conclusion sur la marche de la fermentation. Sous ce rapport, on distingue la *fermentation régulière* et la *fermentation irrégulière*. La première se produit 4 ou 6 heures après l'addition du ferment, et sa durée est en rapport avec la quantité de levûre ajoutée et la température. La fermentation est tranquille et non tumultueuse, le chapeau se replie sur lui-même: d'un côté il s'enfonce en se repliant, tandis que de l'autre côté il s'élève au-dessus du liquide (*fermentation avec chapeau roulant*). Quelquefois le chapeau se boursoufle comme la pâte du pain en fermentation, et il s'élève jusqu'à ce que l'acide carbonique se dégage, puis il s'affaisse de nouveau (*flux et reflux*). Les fermentations irrégulières sont la fermentation *sous chapeau*, la fermentation *avec chapeau déchiré* et la fermentation *sans chapeau*; dans la fermentation *sous chapeau*, le chapeau demeure immobile et le résultat de l'opération est ordinairement mauvais; cela tient à ce que la trempe a été défectueuse et la saccharification incomplète, à ce que l'on a employé une quantité trop faible de levûre, ou enfin à ce que la température du moût et du local où s'effectue la fermentation est trop basse. Lorsque pendant la fermentation le chapeau est *déchiré*, que le liquide passe par-dessus, et qu'en outre le chapeau est assez tranquille, la fermentation est, il est vrai, plus vive que lorsqu'elle a lieu sous le chapeau, mais le résultat n'est pas satisfaisant. Lorsqu'enfin la fermentation s'effectue *sans chapeau*, c'est le signe d'une fermentation trop faible, parce que le dégagement de l'acide carbonique ne se produit pas d'une façon suffisamment énergique pour pouvoir maintenir le marc à la surface du moût. Lorsque la marche de la fermentation est normale, le moût est transformé en liquide vineux au bout de 60 à 70 heures et il est bon à distiller. Depuis quelque temps on emploie l'*acide lactique* pour accélérer la marche de la fermentation.

Préparation du liquide vineux à l'aide des acides (saccharification par les acides). — Comme il a été dit page 150, la transformation de l'amidon en dextrose peut avoir lieu, non-seulement avec la diastase, mais encore avec des acides étendus (acide sulfurique, acide chlorhydrique). Cette méthode a été recommandée par *Leplay*.

Les pommes de terre brutes sont d'abord transformées en une pâte que l'on introduit dans une grande cuve et que l'on arrose avec beaucoup d'eau. La fécule séparée des cellules déchirées se dépose, partie au fond de la cuve, partie sur la masse des pommes de terre écrasées. Le liquide brun qui surnage et avec lui l'albumine des pommes de terre, qui apporterait obstacle à l'action de l'acide sulfurique, sont enlevés au moyen d'un siphon. Le liquide lui-même sert pour le bétail, soit comme boisson, soit pour mouiller la pâture sèche. Pendant que la pâte de pommes de terre est lessivée, on chauffe à l'ébullition au moyen d'un tube à vapeur, dans une deuxième cuve, la quantité d'acide sulfurique étendu nécessaire pour l'opération. Par hectolitre de pommes de terre, on prend 1 kilogr. $1/2$ à 2 kilogr. d'acide sulfurique anglais, étendu avec 3 ou 4 litres d'eau. La pâte de pommes de terre lavée est introduite dans ce liquide bouillant. L'ébullition est continuée jusqu'à la disparition, non-seulement de la fécule (dont on reconnaît la présence avec de l'eau d'iode), mais encore de la dextrine. Un échantillon du liquide mélangé dans un verre à expérience avec de l'alcool concentré ne doit pas devenir laiteux, sinon l'ébullition doit être continuée. Après une ébullition de cinq heures environ la saccharification est terminée. Le liquide est transvasé dans une cuve à double fond; et pour séparer la matière fibreuse non dissoute, on le soutire dans une autre cuve, où on le neutralise avec de la craie. Le liquide séparé du sulfate de calcium précipité est, comme le moût préparé à l'aide du malt, mis en fermentation avec de la levûre. La pratique ne s'est pas encore prononcée définitivement sur la valeur du procédé *Leplay*. Tout ce qui a été dit jusqu'à présent à ce sujet est plein de contradictions. On est généralement d'avis que le nouveau procédé n'offre que peu d'avantages; ce que l'on économise en malt est absorbé par la dépense que nécessitent l'acide sulfurique et le combustible que l'on emploie en quantité notablement plus grande à cause de l'ébullition, qui doit être de plusieurs heures.

[La saccharification par les acides a été également appliquée au traitement des grains; avec ces derniers, elle fournit un alcool d'excellente qualité, mais elle ne convient pas dans les distilleries agricoles, parce que le marc qu'on obtient ne peut pas servir pour la nourriture du bétail.

Afin de diminuer la grande dépense d'acide et de combustible qu'exige cette méthode, *Colani* et *Kruger* (1874) traitent sous pression les substances à saccharifier. Ils ont déterminé le milieu de pression le plus avantageux pour les différents corps à travailler, comme le maïs, l'orge, le seigle, le froment, l'avoine, le foin, la paille, le bois, etc., et ils ont obtenu des résultats extrêmement intéressants. Le foin, par exemple, leur a donné 12,5 0/0 d'alcool et le maïs le chiffre énorme de 55 0/0.

Colani et *Kruger* décrivent à peu près de la manière suivante leur procédé appliqué au traitement du maïs. La coction a lieu dans un vase A cylindrique, clos et offrant une capacité de 1 mètre cube $1/2$ (fig. 318); ce vase est en cuivre, parce que l'acide chlorhydrique, exclusivement employé dans cette méthode, n'attaque que très-peu le cuivre et seulement au contact de l'air.

Par l'expulsion de l'air au moyen de la vapeur, l'appareil est complètement préservé de toute action corrosive. Il est muni :

- 1° d'un double fond perforé ;
- 2° de deux trous d'homme, dont le supérieur *b*, pratiqué sur le couvercle, sert pour charger le grain, et dont l'inférieur *c*, établi un peu au-dessus du doublefond, sert pour évacuer le résidu ;
- 3° d'une éprouvette *d* permettant de suivre le travail par la prise d'un échantillon aux différentes phases de l'opération ;
- 4° d'un manomètre *e* ;
- 5° d'une horloge *f*, pour observer la durée de l'opération ;
- enfin, 6° de quatre tuyaux à robinet ; le premier (1) sert pour l'introduction de l'eau acidulée, le second (3) pour l'expulsion de l'air contenu dans le cylindre, et ils s'ouvrent tous les deux à la partie supérieure de ce dernier, tandis que les deux autres tubes débouchent au-dessous du faux-fond ; de ces derniers, l'un (2) sert pour l'introduction de la vapeur et l'autre (4) est un tuyau de vidange, qui s'élève au-dessus de l'appareil et vient déboucher dans une cuve en bois *G*, placée à une certaine hauteur (6 mètres environ) et destinée à recevoir le produit de la saccharification ;

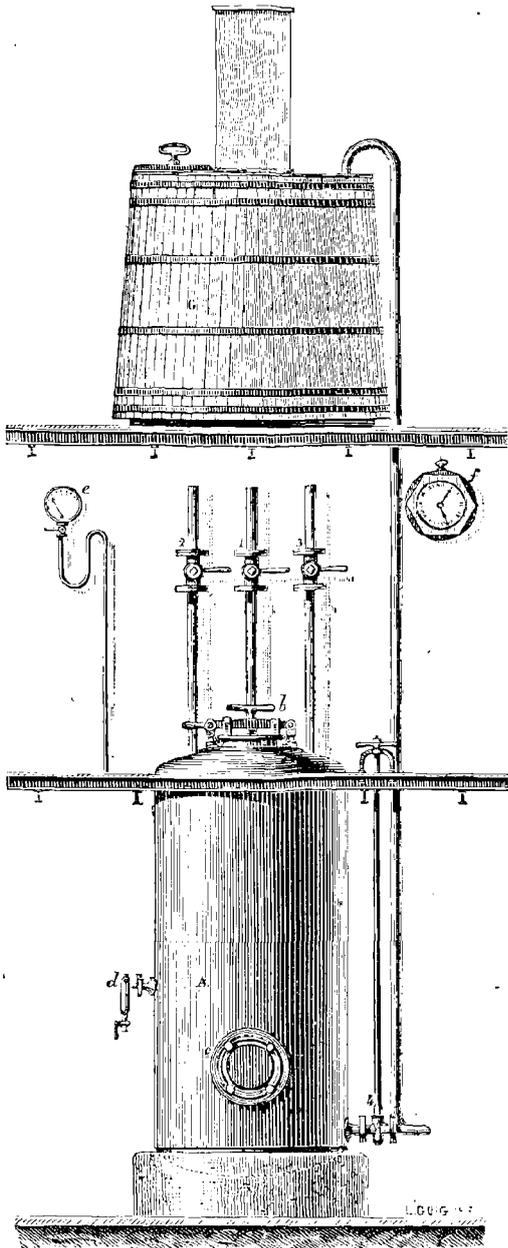


Fig. 518. - Saccharificateur de Colani et Kruger

cuve de dépôt est munie d'un couvercle et d'une petite cheminée en bois, pour permettre à la vapeur de s'échapper librement sans produire de projection. Voici maintenant comment l'opération doit être conduite : On introduit d'abord dans le saccharificateur 600 litres d'eau acidulée avec 16 kilog. d'acide chlorhydrique et en même temps on ouvre le robinet du tube à vapeur (2). Dès que les deux tiers de l'eau sont entrés, on charge, par le trou d'homme supérieur *b*, 560 kilog. de maïs concassé. On ferme le trou d'homme, on ouvre le robinet du tube à air (3), jusqu'à ce qu'il ne passe plus que de la vapeur. On ferme alors ce robinet, et le manomètre *e* ne tarde pas à monter. Quand il marque 5 atmosphères, on arrête l'introduction de la vapeur. Lorsque le manomètre descend vers 2,5, il faut rouvrir l'accès de la vapeur pendant quelques secondes, afin de rétablir la pression normale de 3 atmosphères. Après cinquante minutes de chauffage (à partir du moment où l'on a fermé le trou d'homme), on ouvre le robinet du tuyau de vidange (4), et, l'appareil devenant alors un véritable monte-jus, toute la masse liquide est poussée par le tuyau vers la cuve de dépôt *G*, tandis que le grain est retenu par le faux-fond troué. La vidange exigeant 4 minutes et le chargement 11, la durée totale de l'opération est donc, en ajoutant les 50 minutes de cuisson, de 65 minutes, ce qui est un temps relativement très-court. La dépense de fabrication est en outre beaucoup moindre que celle qu'exige l'ancien procédé, et, comme on l'a déjà dit, le rendement en alcool serait notablement augmenté.]

Préparation du moût avec les betteraves. — Lorsqu'on emploie pour la préparation de l'alcool les végétaux qui renferment déjà sous forme de sucre de canne ou de dextrose les corps qui doivent donner naissance à l'alcool, l'opération de la saccharification ou de la trempé devient inutile et l'on peut procéder à la mise en fermentation dès que les cellules saccharifères ont été désagrégées et que le sucre a été convenablement dissous. L'avantage que retire le fabricant de la suppression de la trempé est trop évident pour que l'on ne doive pas manquer de faire tous ses efforts pour introduire dans la fabrication de l'alcool les végétaux saccharifères à la place des substances amylacées; cependant, il ne faut pas perdre de vue qu'une matière sucrée ne peut être mise en usage que si son emploi se concilie avec les lois fiscales, et si, en outre, il satisfait aux exigences que réclame la fabrication de l'alcool au point de vue industriel et commercial.

Parmi les végétaux saccharifères qui sont dignes d'attention comme matières propres à la fabrication de l'alcool, les *betteraves à sucre* occupent le premier rang. La betterave à sucre, considérée comme source d'alcool, a surtout une grande valeur lorsque la maladie de la pomme de terre a produit un déficit dans la production de ce tubercule, et, en outre, lorsque par suite du bas prix des sucres, ou des proportions désavantageuses pour l'impôt, la fabrication du sucre n'est plus rémunératrice. L'extraction du jus, si simple qu'elle paraisse, est cependant extrêmement difficile, parce que les betteraves râpées, malgré leur richesse en jus, forment une pâte très-consistante, les 4 0/10 de substance celluleuse étant suffisants pour re-

tenir les 96 0/0 de jus. Cette propriété de la pulpe de betteraves s'oppose à la transformation de la racine tout entière en un moût suffisamment concentré, et jusqu'à présent on n'a encore trouvé aucun moyen pour convertir la pulpe en liquide. Si l'on pouvait faire fermenter complètement la pulpe consistante, 100 kilogr. de celle-ci fourniraient environ 6 litres d'alcool, rendement qui permettrait, le prix de l'alcool étant même très-bas, de convertir la betterave elle-même en esprit-de-vin. Mais comme la fermentation complète de la pulpe de betterave ne peut pas être réalisée, il ne reste plus qu'à traiter le jus, et par suite à extraire celui-ci par expression ou par macération, comme dans la fabrication du sucre de betteraves. Suivant le mode d'extraction du jus, on peut distinguer les méthodes suivantes :

α. Méthode par extraction du jus à l'aide de la râpe et des presses hydrauliques ou continues ou de la force centrifuge dans les turbines.

β. Méthode par extraction du jus au moyen de la macération (ou de la dialyse) et alors :

a. Les betteraves coupées en cossettes sont lessivées avec de l'eau froide ou de l'eau bouillante (procédés de *Siemens* et de *Dubrunfaut*) ;

b. Les betteraves coupées en cossettes (procédé de *Champonnois*), ou réduites en pulpe fine (procédé de *Kessler*), sont lessivées avec les vinasses chaudes de la distillation précédente.

γ. Méthode de *Leplay* (et la modification que lui a fait subir *Pluchart*), dans laquelle on soumet les betteraves coupées à la fermentation, sans extraire le jus et sans ajouter de levûre ; on distille ensuite l'alcool des cossettes fermentées à l'aide de la vapeur d'eau.

[Le jus extrait à l'aide des presses ou des turbines, comme il a été dit à propos de la fabrication du sucre (voy. p. 92 et 96), est immédiatement mélangé avec 200 à 250 grammes d'acide sulfurique à 60° B. par hectolitre ou avec une quantité double d'acide chlorhydrique ; cette addition d'acide a pour but de favoriser la transformation du sucre cristallisable en sucre interverti et en même temps de s'opposer au développement des fermentations visqueuse et lactique. Le jus acidulé, préalablement chauffé au moyen de la vapeur à 26 ou 28°, est ensuite mélangé, dans la proportion de 50 à 60 grammes par hectolitre, avec de la levûre de bière délayée dans un peu d'eau ou de moût. Au bout de quelques heures, la fermentation se déclare, et lorsqu'elle est terminée, on procède à la distillation. Cette méthode fournit un alcool qui revient à un prix assez élevé et n'est d'ailleurs employée que dans les grands établissements industriels du Nord ; les autres méthodes sont plus économiques et tout à fait convenables pour les distilleries agricoles.]

L'extraction du jus par macération peut être effectuée simplement et économiquement de la manière suivante : Plusieurs cuves en bois ou macérateurs sont remplis alternativement avec les betteraves coupées en lanières (cossettes) et humectées avec une solution étendue d'acide sulfurique ; les cossettes sont maintenues entre deux faux-fonds en tôle percés de trous. Après avoir chargé un macérateur, on commence à l'emplir de jus faible provenant d'une opération précédente, ou d'eau chaude, si l'on est au début du travail :

on abandonne alors cette première cuve à elle-même pendant deux ou trois heures, afin de donner au liquide le temps de pénétrer les cellules de la betterave et de dissoudre le sucre. Une heure et demie après l'emplissage du premier macérateur, on charge de cossettes le second et ainsi de suite jusqu'au dernier. Quand la macération est achevée dans le premier vase, on y fait arriver du jus faible à sa partie supérieure, et le jus fort sort inférieurement pour se rendre dans les cuves à fermentation; on alimente ainsi en ajoutant par minute 4 à 5 litres de liquide par 1000 kilogr. de cossettes. Ce travail dure environ 4 heures 1/2. Pendant ce temps, le degré du jus sortant du macérateur diminue progressivement, et lorsqu'au moyen d'un densimètre on a constaté que le liquide ne marque plus que 1 degré ou une fraction de degré supérieure à celui des sels contenus dans les vinasses, on fait arriver dans le macérateur un courant de vinasse en ayant soin de le maintenir toujours plein; les cossettes ainsi lessivées sont complètement épuisées au bout d'une demi-heure. On supprime alors l'arrivée des vinasses, et l'on extrait du macérateur les pulpes épuisées, après en avoir enlevé à l'aide d'une pompe tout le liquide qu'il contenait; ce liquide ou jus faible est envoyé sur les cossettes chargées dans le second macérateur; on procède avec celui-ci exactement comme il vient d'être dit, et ainsi de suite jusqu'au dernier. Le jus ainsi obtenu doit arriver dans les cuves à fermentation avec une température de 18 à 22° et une teneur de 1 millième en acide sulfurique pour une densité de 3 degrés. La fermentation a lieu d'une manière continue, c'est-à-dire qu'on met en levain une première cuve avec de la levûre de bière, et que pour les suivantes on prend toujours du liquide d'une cuve en fermentation que l'on fait passer dans la cuve à remplir; puis dans cette cuve et dans celle dont on a pris une partie on fait arriver le jus des macérateurs; toutes les cuves se montent ainsi à la suite en empruntant du liquide en fermentation de la précédente, et le travail s'exécute pendant des mois sans levûre de bière.

Les figures 319 et 320 représentent, la première en coupe verticale, la seconde en plan, une distillerie de betteraves par macération disposée d'après les indications de *D. Savalle* et dans laquelle la macération et la fermentation sont conduites comme il vient d'être dit. A est le générateur à vapeur, B la machine à vapeur pour l'atelier d'extraction, C l'appareil à laver les betteraves, D l'élevateur montant les betteraves lavées au coupe-racines E, et F le distributeur de cossettes déversant à volonté celles-ci dans l'un ou l'autre des macérateurs G, G', G"; H, H' sont les cuves à fermentation et I les pompes à jus fermentés, à eau froide et d'alimentation pour le générateur; K est l'appareil distillatoire et N l'appareil à rectification; L est le réservoir pour les flegmes et G le réservoir aux alcools de bon goût.

Pour retirer l'alcool des betteraves directement sans en extraire le jus, on procède de la manière suivante: Les racines coupées en lanières sont introduites dans des cuves contenant du jus fermenté ou de l'eau acidulée et additionnée de levûre. Lorsque la fermentation est achevée, les lanières

sont retirées des cuves et placées sur des diaphragmes percés de trous et superposés dans des cylindres en tôle hermétiquement clos. Par la partie inférieure de ces cylindres, on fait arriver un courant de vapeur d'eau qui déplace l'alcool contenu dans les fragments de betteraves et l'entraîne dans un serpentin où s'opère sa condensation.

Fabrication de l'alcool avec les résidus des sucreries. — Aux

Antilles, ainsi qu'aux Indes orientales, les résidus de la fabrication du sucre, comme les écumes, la mélasse, etc., sont mis en fermentation et le liquide fermenté est ensuite soumis à la distillation. L'eau-de-vie obtenue par distillation des mélasses étendues avec de l'eau et fermentées porte dans les Antilles les noms de *rhum* et de *tafia*, et à Madagascar et dans l'île de France, celui de *guldive*. Les parties qui passent les premières à la distillation contiennent l'arome caractéristique du rhum.

Par la fermentation et la distillation des écumes de sucre de canne, on obtient ordinairement une eau-de-vie d'une odeur empyreumatique et un peu acide, qui est ordinairement donnée aux ouvriers noirs et qui est appelée *rhum de nègre*. En

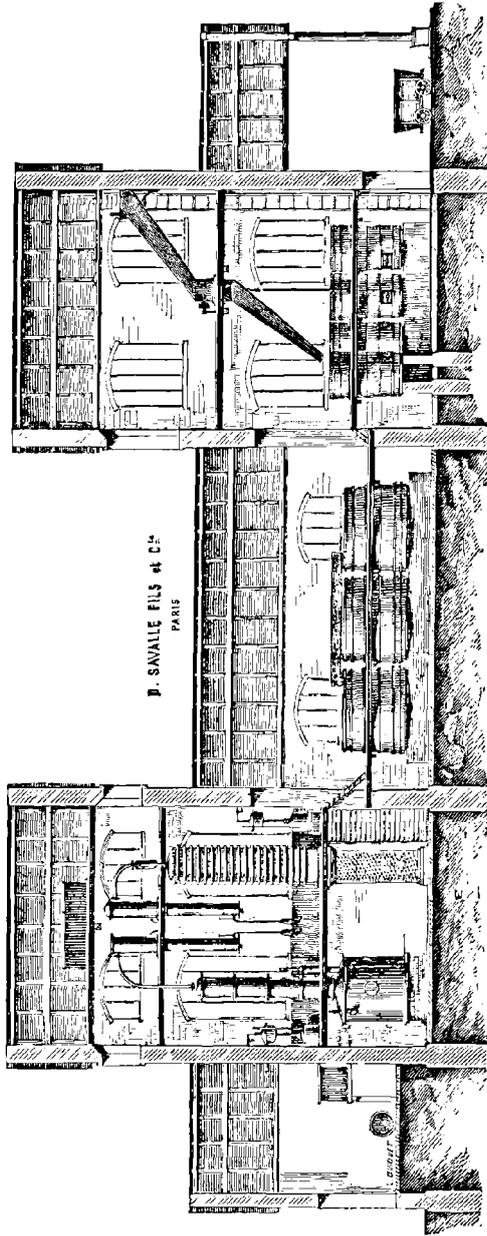


Fig. 319. — Ensemble d'une distillerie de betteraves par la macération.

Angleterre et en Allemagne, on fabrique beaucoup de rhum ordinaire en

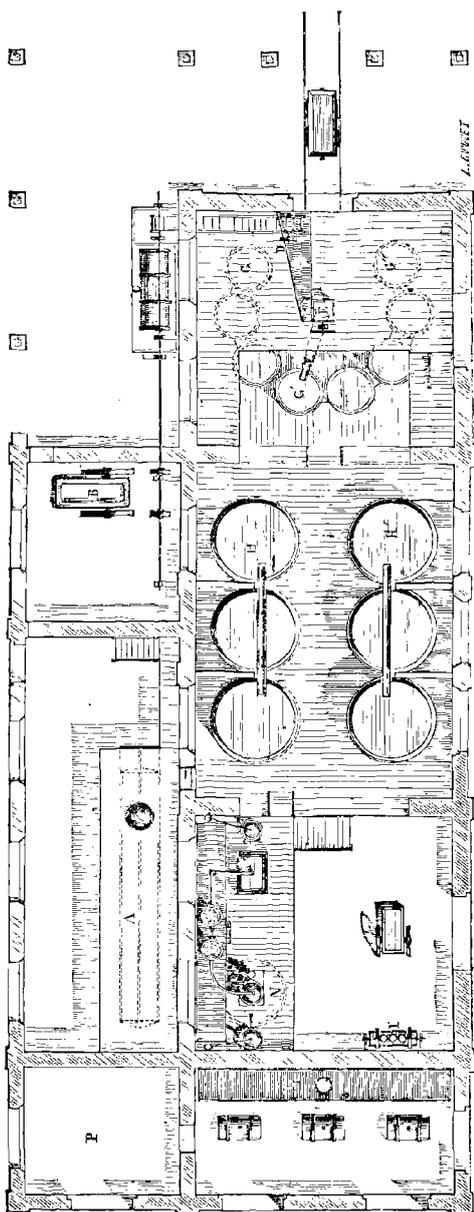


Fig. 520. — Plan de la distillerie de betteraves par la macération.

mettant en fermentation, avec de la levûre, la mélasse étendue des raffineries de sucre, et en distillant le liquide fermenté au bout de trois ou quatre jours. L'arome particulier du rhum est dû à la présence d'une petite quantité d'un éther à acide gras volatil, l'éther pé-largonique. [Le rhum, tel qu'il vient d'être distillé, est incolore; pour lui communiquer la couleur jaune ambré qu'on lui connaît et en même temps pour augmenter sa saveur particulière, on y ajoute un peu de caramel et un liquide désigné sous le nom de *sauce*; ce liquide se prépare en faisant infuser dans du rhum des pruneaux, des clous de girofle, des râpures de cuir, du goudron, etc.]

La *mélasse de betteraves*, qui se forme en si grande quantité dans les sucreries indigènes, sert aussi à la préparation de l'alcool (voyez page 158). Seule, la mélasse de betteraves ne fermente complètement qu'avec beaucoup de difficulté. Mais si, après l'avoir étendue avec de l'eau (ou de la vinasse)

de façon à avoir un moût marquant 7 à 8° Baumé (ou 12°, si l'on a employé de la vinasse à 4°, par exemple), on y ajoute de l'acide sulfurique

(1,5 pour 100)¹, de façon à détruire la réaction alcaline et à transformer le sucre de canne en sucre interverti, on peut faire facilement partir la fermentation et la conduire à sa fin. [La mise en levain s'effectue en mélangeant à 100 litres de mout 250 gr. de levûre de bière fraîche délayée dans un peu d'eau tiède; la fermentation est sensiblement activée par une addition de 500 grammes de malt et d'une égale quantité de farine de seigle. Lorsque la fermentation est terminée, on neutralise complètement les acides avec un lait de chaux et l'on abandonne le tout au repos pendant douze à quinze heures, afin que le liquide s'éclaircisse, puis on procède à la distillation. En opérant ainsi, 100 kilog. de mélasse à 42° B. donnent ordinairement de 28 à 30 litres d'alcool pur.]

L'odeur repoussante de l'eau-de-vie de betteraves fraîchement préparée finit par disparaître en majeure partie avec le temps; les huiles qui communiquent cette odeur à l'eau-de-vie de betteraves se composent d'une petite quantité d'alcool propylique, puis des alcools butylique et amylique, d'acide pèlargonique et d'acide caprylique; en outre, d'après des recherches récentes, il est probable que cette eau-de-vie renferme un mélange des acides œnanthique, capronique et valérianique. Le résidu qui reste dans la cucurbitè après la distillation de l'alcool est transformé en charbon de vinasse (voy. t. I, page 285). L'acide sulfurique que l'on ajoute à la mélasse n'a pas seulement pour fonction de transformer le sucre de canne en un sucre facilement fermentescible, il doit avant tout empêcher la fermentation lactique et la fermentation muqueuse, qui sans cela se produiraient facilement. D'après A. Müller, l'acide sulfurique peut être remplacé avec avantage par l'acide phosphorique.

Préparation de l'alcool avec le vin, le marc de raisins, le cidre, la bière, etc. — La préparation de l'alcool du vin par distillation est surtout en usage en France, ainsi qu'en Espagne et en Portugal. [Cette industrie offre en France une très-grande importance; la quantité d'alcool de vin à 50° fabriquée en 1876 s'est élevée à environ 764,690 hectolitres.] La qualité de l'eau-de-vie préparée avec le vin dépend du degré de maturité des raisins, du soin avec lequel la fermentation et la distillation sont conduites, du mélange plus ou moins intime des principes volatils du vin et de l'alcool, de l'âge du vin et de l'espèce de celui-ci. Les vins blancs sont préférables aux vins rouges; les vins vieux fournissent une qualité meilleure que les jeunes; les vins gâllisés et pétiotisés conviennent spécialement pour la distillation. L'eau-de-vie fraîchement distillée est sans couleur et elle reste incolore, si on la met immédiatement en bouteilles. Mais comme on a coutume de la conserver dans des tonneaux en bois de chêne, elle dissout une petite quantité des matières colorantes et extractives du bois et prend une colo-

¹ Lorsque, comme cela a lieu le plus souvent, les vinasses provenant de la distillation du mout doivent être employées pour la fabrication de la potasse, il y a avantage, suivant *Camichel et Hewiot*, à remplacer une partie de l'acide sulfurique par de l'extrait de châtaignier; voy. t. I, p. 285.]

ration jaunâtre. Les meilleures eaux-de-vie sont distillées dans le département de la Charente; toutes les eaux-de-vie de ce département et celles de quelques cantons de la Charente-Inférieure portent dans le commerce le nom d'*eaux-de-vie de Cognac* et elles se distinguent par une saveur aromatique douce toute spéciale, que jusqu'à présent on a vainement cherché à imiter. [On divise les eaux-de-vie de Cognac en deux qualités différentes: l'une est désignée sous le nom de *fine Champagne* et l'autre sous celui *des bois*; la première est la plus appréciée. Les eaux-de-vie de *Saint-Jean-d'Angély*, les cognacs de *Saintonge* et *d'Aunis*, les eaux-de-vie de *Surgères*, de la *Rochelle* et de *Mauzé*, méritent également d'être mentionnées, bien qu'ils soient moins estimés que les véritables eaux-de-vie de Cognac. Parmi les eaux-de-vie communes, on peut citer les eaux-de-vie de *Marmande*, fabriquées dans le Lot-et-Garonne, les eaux-de-vie d'*Armagnac* distillées dans le Gers et les Pyrénées (Hautes, Basses et Orientales) et enfin les eaux-de-vie de *Montpellier*, qui sont les plus communes et les moins recherchées. — Lorsqu'on distille du vin additionné dans certaines proportions d'un alcool étranger à ce liquide (alcool de betteraves, de riz, de sorgho, etc.), on obtient une eau-de-vie qui ne présente aucune différence avec celle produite par distillation du même vin à l'état naturel. Sur ce fait est basé la nouvelle méthode employée depuis quelques années par plusieurs distillateurs des Charentes, qui obtiennent ainsi un rendement plus grand en eau-de-vie de cognac, rendement qui peut s'élever jusqu'au double de la quantité produite par la distillation du vin sans addition d'alcool. Avec la méthode ancienne la plus grande partie des acides organiques qui, avec l'alcool, donnent naissance aux éthers, auxquels le cognac doit son goût et son arôme, se retrouvent dans les vinasses; avec la nouvelle méthode les acides en excès sont utilisés au profit de l'alcool ajouté et, par suite, l'eau-de-vie ainsi produite est rendue semblable à celle obtenue avec le vin naturel.] — La vinasse que l'on obtient en distillant le vin contient une grande quantité de *glycérine* et elle peut être facilement employée pour la préparation de celle-ci.

On prépare aussi de l'eau-de-vie en distillant le *marc de raisins* et la *lie de vin* (eau-de-vie de marc, eau-de-vie de lie). [L'eau-de-vie de marc se fabrique principalement dans le Languedoc, la Champagne, la Bourgogne et la Lorraine. Dans ce but, on délaye le marc avec de l'eau tiède, on laisse fermenter, on soutire le vin ainsi produit (piquette) et on le soumet séparément à la distillation; le marc est ensuite distillé avec une petite quantité d'eau. L'eau-de-vie de marc a une odeur désagréable, un goût âcre et pénétrant dont il est difficile de la débarrasser et qui est due à la présence d'une huile volatile qui, suivant *Aubergier*, existe toute formée dans les pellicules des raisins. L'eau-de-vie de lie, assez recherchée dans certaines contrées, a une odeur forte, elle marque au moins 50°, et si on l'étend à 50° elle devient trouble.

Les *eaux-de-vie* que l'on obtient, principalement en Normandie, en Picardie et en Bretagne, par distillation du *cidre* et du *poiré*, sont des liquides d'une odeur forte et désagréable dont on peut les priver par rectification,

mais qui est très-recherchée par les consommateurs. L'eau-de-vie de bière, qu'on ne prépare en général qu'avec de la bière avariée, est également un produit offrant une saveur désagréable.

L'eau-de-vie désignée en Allemagne sous le nom de *Kirschenwasser*, et en France, par abréviation, sous celui de *kirsch*, est un liquide obtenu par distillation du jus des cerises sauvages fermenté. La fabrication du kirsch se fait principalement dans la Forêt-Noire, en Allemagne et en Suisse; en France elle a lieu exclusivement dans la Haute-Saône, les Vosges et le Doubs. Le kirsch est incolore, il a un goût rappelant celui du noyau et son parfum est dû à la présence d'une petite quantité d'acide cyanhydrique, provenant des noyaux des cerises. 100 kilogr. de cerises donnent ordinairement 7 à 8 litres de kirsch à 51 ou 55°.

Le *genièvre* est de l'eau-de-vie de grains aromatisée avec des baies de genièvre; pour le préparer, on redistille l'eau-de-vie après l'avoir mélangée avec une certaine quantité de baies (1 kilog. par hectolitre) ou bien on fait passer les vapeurs alcooliques à travers un récipient contenant les baies. C'est surtout en Hollande qu'a lieu la préparation du genièvre, dont les fabriques les plus importantes se trouvent à Schiedam. L'eau-de-vie que dans le nord de la France et en Belgique on consomme sous le nom de genièvre n'est souvent autre chose que de l'eau-de-vie de seigle et d'orge ou de pommes de terre et d'orge.

Dans la Russie méridionale, on prépare depuis quelques années de l'alcool avec les raisins secs, les raisins de Corinthe, les caroubes et les figues sèches. Dans ce but, ces différents fruits, importés à Odessa, de la Turquie et de la Grèce, sont triturés, puis mélangés dans une grande cuve avec quatre fois leur poids d'eau bouillante; la masse est maintenue en ébullition et brassée continuellement pendant une demi-heure. Le moût ainsi obtenu est refroidi avec de la glace jusqu'à 50 ou 55°, puis versé dans des cuves où il est mis en fermentation avec de la levûre de bière. La fermentation, qui dure sept jours, est terminée lorsque le liquide marque 0° Baumé, et l'on procède alors à la distillation. Il existe actuellement à Odessa onze fabriques qui travaillent par jour jusqu'à 20,000 kilogrammes de fruits et peuvent produire chaque année une quantité d'alcool représentant une valeur d'environ 5 millions de francs.]

B. DISTILLATION DU LIQUIDE VINEUX (DU MOUT FERMENTÉ).

Généralités. — Le liquide vineux ou le moût fermenté est un mélange de substances non volatiles et de substances volatiles. Aux premières appartiennent les fibres végétales, les glumes, les sels minéraux, les matières protéiques, la levûre non décomposée et la levûre décomposée, l'acide succinique, l'acide lactique, la glycérine, etc.; les substances volatiles sont l'alcool, les huiles odorantes ou essences (*Fuselöle* des Allemands), l'eau et une petite quantité d'acide acétique. Les éléments du liquide vineux qui se

sont produits sous l'influence de la fermentation sont séparés des corps non volatils *par distillation*, et dans ce but ils sont transformés en vapeurs, qui sont ramenées à l'état liquide (*sont condensées*) par réfrigération. Lorsqu'on chauffe à l'ébullition le moût fermenté, il se forme des vapeurs qui se composent essentiellement d'alcool et d'eau ; le liquide obtenu par la condensation de ces vapeurs est par conséquent un mélange d'alcool et d'eau.

L'eau bout à	+ 100°	cent. à la pression barométrique de	0 ^m ,760
L'alcool bout à	+ 78°	— —	0 ^m ,760

Comme maintenant le point d'ébullition de l'eau est plus élevé de 24°,7 que celui de l'alcool, on pourrait peut-être croire que, lorsque le moût fermenté est chauffé jusqu'à 80° environ, il ne devra distiller *que l'alcool*, et que l'eau devra rester. Comme on le sait, cela n'a pas lieu, et le point d'ébullition d'un mélange d'eau et d'alcool est, en toutes circonstances, dès que l'on commence à chauffer, plus élevé que celui de l'alcool pur, et les vapeurs qui se forment sont toujours un mélange de vapeurs alcooliques et de vapeurs aqueuses. La raison de ce fait doit être cherchée dans l'affinité de l'alcool pour l'eau, ainsi que dans l'évaporation ; l'affinité retient l'alcool et l'empêche de se dégager sous forme de vapeurs à sa température d'ébullition (78°,5). Lorsque, en chauffant, on a atteint le point d'ébullition du mélange d'alcool et d'eau, soit 90°, il a dégagé sous forme de vapeurs la majeure partie de l'alcool, parce que le point d'ébullition de celui-ci est le plus bas ; mais une quantité d'eau égale n'est vaporisée que si un courant d'air est dirigé à travers l'eau chauffée à 90°, et les vapeurs alcooliques qui se dégagent se comportent exactement comme un courant d'air et absorbent pendant leur passage à travers le mélange d'alcool et d'eau une quantité de vapeurs aqueuses qui dépend de la température. Comme la quantité des vapeurs qui se dégagent d'un liquide est directement proportionnelle à la température du liquide, la quantité des vapeurs aqueuses devient plus grande dans le mélange de vapeurs à mesure que s'élève le point d'ébullition du mélange entier, jusqu'à ce que enfin, lorsque le point d'ébullition de l'eau (= 100°) est atteint, il ne se trouve plus du tout d'alcool dans les vapeurs qui se dégagent. C'est pourquoi au commencement de la distillation les vapeurs renferment beaucoup d'alcool et *très-peu* d'eau, tandis que plus tard elles contiennent *plus* d'eau et qu'à la fin elles renferment *seulement* de l'eau. On ne peut donc jamais par une distillation pure et simple séparer l'alcool contenu dans un liquide vineux des autres éléments volatils. Si au contraire on interrompt la distillation au moment convenable, on a dans le produit distillé tout l'alcool avec une petite quantité d'eau, tandis que les résidus de la distillation ne renferment plus d'alcool.

Le produit de la distillation qui se compose d'alcool et d'eau se nomme *flegmes* (alcool brut, blanquette) ; si on soumet ce produit à une nouvelle distillation ou rectification, il devient plus riche en alcool, jusqu'à ce que enfin par une nouvelle rectification il acquière une certaine richesse alcoo-

lique, qui ne peut plus être augmentée par distillation. Les dernières portions d'eau sont retenues si énergiquement par l'alcool que leur élimination par distillation n'est plus praticable, mais elle peut être réalisée, si l'on ajoute à l'alcool hydraté une substance qui a plus d'affinité pour l'eau que celle-ci n'en a pour l'alcool. La chaux caustique, le chlorure de calcium fondu, etc., sont des corps de ce genre; en les faisant digérer avec le liquide et en soumettant ensuite celui-ci à la distillation, on obtient de l'*alcool absolu*, qui dans l'industrie n'est jamais employé en grandes quantités à la fois. Le produit de la rectification des flegmes qui passe le premier et qui est très-riche en alcool se nomme *première eau-de-vie (avant-coulant)*⁴, celui qui passe ensuite est appelé *eau-de-vie dernière (après-coulant, repasses)*. Un alcool rectifié deux fois contient environ 50 pour 100 d'alcool; il n'est pas possible de préparer par rectification un alcool marquant plus de 95° centésimaux. Le résidu qui reste après l'expulsion de l'alcool porte le nom de *vinasse*.

[Dans le commerce, on donne aux alcools de vin ou d'autres liquides fermentés des noms qui varient avec leur richesse. On désigne sous le nom d'*eau-de-vie* les premiers produits de la distillation, qui marquent de 16 à 20° à l'aréomètre de Cartier (= 57 à 55° centés.), et l'on appelle *preuve de Hollande* ou *eau-de-vie ordinaire* celle qui marque 19° Cartier (= 50° centés.), tandis que l'*eau-de-vie forte* est à 21 ou 22° Cartier (= 56 ou 59° centés.). Lorsque les alcools sont à des degrés supérieurs à ceux qui viennent d'être indiqués, ils portent le nom d'*esprits* et ils sont désignés par des nombres fractionnaires, qui indiquent, en poids, la quantité d'eau qu'il faut ajouter à chaque liquide alcoolique pour obtenir de l'eau-de-vie ordinaire à 19° Cartier ou à 50° centésimaux. Ainsi le *trois-cinq* ($\frac{3}{5}$) est de l'alcool à 29°,5 Cartier (= 77 à 78° centés.), qui, mélangé dans la proportion de 3 parties avec 2 parties d'eau, donne 5 parties en poids d'eau-de-vie à 19° Cartier; le *trois-six* ($\frac{3}{6}$) est de l'alcool à 55° Cartier (= 85° centés.), dont 3 parties mélangées à poids égal avec de l'eau produisent 6 parties d'eau-de-vie au même degré, c'est-à-dire à 19° Cartier. L'alcool à 56° Cartier (= 90° centés.) porte ordinairement le nom d'*esprit rectifié*.]

Appareils distillatoires. — Un *appareil distillatoire (alambic)* comme celui dont on se sert pour l'extraction de l'esprit-de-vin se compose, dans sa forme la plus simple, de quatre parties : la cucurbite, le chapiteau, le réfrigérant et le récipient destiné à recueillir le produit de la distillation.

La *cucurbite* ou la chaudière est ordinairement en cuivre, rarement en tôle, et elle a généralement la forme d'une chaudière plate, mais qui est rétrécie supérieurement, de manière à former une ouverture ronde de 56 à 75 centimètres de diamètre. L'ouverture est munie d'un col haut de 7 à 8 centimètres. Pour faire écouler la vinasse, un tuyau de vidange muni d'un

⁴ D'après les recherches de G. Krämer et A. Pinner, la première eau-de-vie contient de grandes quantités d'aldéhyde et d'acétal.

robinet est adapté immédiatement au-dessus du fond ; à la partie supérieure de la cucurbite, et sur le côté, se trouve encore un autre tuyau pour l'introduction du liquide vineux. Le *chapiteau* conduit les vapeurs dégagées de la cucurbite dans l'appareil condensateur. Bien qu'un simple tube pourrait suffire pour remplir ce but, on préfère dans les appareils distillatoires simples un chapiteau grand et large, non-seulement afin de retenir les particules du liquide vineux, qui souilleraient le produit de la distillation, mais encore pour obtenir un produit plus riche en alcool, parce que par l'action de la surface plus grande les vapeurs éprouvent un refroidissement qui empêche l'entraînement des vapeurs qui se sont d'abord condensées. Enfin, les grands chapiteaux ont aussi l'avantage de fournir au liquide vineux qui se dilate un espace pour s'élever. Comme le volume des vapeurs diminue pendant le refroidissement, la forme la plus convenable à donner au chapiteau serait celle d'un cône. Les *réfrigérants* sont destinés non-seulement à condenser aussi complètement que possible les vapeurs qui ont traversé le chapiteau, mais encore à les refroidir assez pour que rien ne se perde par évaporation ; ils ne doivent pas offrir aux vapeurs un trop large espace, parce que sans cela il pénètre pendant la distillation de l'air atmosphérique, qui s'imprègne de vapeurs alcooliques et qui en sortant avec le liquide condensé entraîne avec lui une certaine quantité de vapeur d'alcool ; enfin, ils doivent être construits simplement et solidement, et pouvoir se nettoyer facilement et complètement. Les réfrigérants sont des tuyaux en étain ou en cuivre (rarement en plomb), qui sont refroidis extérieurement par de l'eau ou, comme dans les nouveaux appareils, par le liquide vineux.

Appareils distillatoires perfectionnés. — Les *appareils distillatoires* à l'aide desquels on peut obtenir *immédiatement* par une seule distillation de l'*alcool concentré*, si différente que puisse être leur construction, ont cela de commun, que les vapeurs d'alcool et d'eau mélangées, dans leur trajet de la cucurbite au réfrigérant, deviennent de plus en plus riches en alcool, jusqu'à ce que enfin, ayant acquis la force de l'alcool, elles viennent se condenser dans le réfrigérant.

Cet enrichissement est obtenu de deux manières différentes :

1° Le mélange des vapeurs passe à plusieurs reprises à travers des liquides alcooliques qui sont produits par la condensation des vapeurs dégagées au commencement de l'opération ; plus tard, lorsque la température s'élève par suite de l'arrivée non interrompue des vapeurs, il se produit une nouvelle distillation, dans laquelle se forment des vapeurs beaucoup plus riches en alcool que celles qui ont pris naissance dans la première distillation.

2° Les vapeurs sont exposées à l'action des parois froides et des surfaces métalliques de l'appareil ; au moyen d'un refroidissement de ce genre convenablement réglé il est possible de *décomposer le mélange des vapeurs* de manière que la partie la plus riche en alcool reste à l'état de vapeurs, tandis que les vapeurs aqueuses se condensent.

Autrefois, lorsqu'on voulait préparer de l'esprit-de-vin fort, on était obligé de soumettre le premier produit obtenu à des distillations répétées qui coûtaient du temps et de l'argent. Maintenant ces rectifications se produisent dans l'appareil lui-même, et comme le mélange de vapeurs est décomposé, on est en état de préparer au moyen d'une seule distillation de l'alcool ayant la force que l'on désire.

Dans la plupart des nouveaux appareils distillatoires on peut distinguer les parties suivantes :

1° La cucurbite ou chaudière dans laquelle se trouve le liquide vineux à distiller ;

2° Deux réfrigérants, dont l'un sert comme *rectificateur* et dont l'autre complète la condensation du produit rectifié ;

3° Un *déslegmateur*, dans lequel le mélange des vapeurs est décomposé en deux parties, l'une très-aqueuse, qui se condense, et l'autre beaucoup plus riche en alcool, qui reste à l'état de vapeur. Cette dernière arrive dans le réfrigérant, la première retourne dans la cucurbite.

Parmi les appareils usités en Allemagne pour la distillation du liquide vineux préparé avec les pommes de terre, nous décrirons dans les pages suivantes les appareils de *Dorn*, de *Pistorius*, de *Gall*, de *Schwarz* et de *Siemens*.

Appareil de Dorn. — L'appareil de *Dorn* (fig. 324) se compose d'une chaudière A, d'un chapiteau B, qui à cause de sa grande capacité agit comme déslegmateur, d'un réfrigérant D, et d'un vase en cuivre placé entre la chaudière et le réfrigérant; ce vase est séparé par une cloison horizontale en deux compartiments C et F, dont le supérieur sert de chauffe-vin et l'inférieur de rectificateur. Le petit réfrigérant *n*, qui est en communication avec le chapiteau, permet d'essayer quand on le désire la richesse alcoolique des vapeurs qui se dégagent de la chaudière. Le chauffe-vin est rempli de liquide vineux jusqu'au niveau du robinet *o* et il contient une quantité de liquide presque égale à celle qui est nécessaire pour remplir la chaudière. A l'aide de l'agitateur *xx* le moût est brassé de temps en temps, afin de rendre uniforme l'absorption de la chaleur. Les vapeurs qui se dégagent de la chaudière pénètrent dans le serpentín *i* et chauffent peu à peu le liquide vineux presque jusqu'à 85°. Lorsque la distillation est terminée, la vinasse est retirée par *a* et la chaudière est de nouveau remplie avec le moût contenu dans le chauffe-vin. Dès que la distillation commence, les vapeurs sont condensées dans le serpentín *i* du chauffe-vin et elles se rassemblent sous forme liquide dans le réservoir F. Lorsque les vapeurs ne sont plus condensées en *i*, ce qui arrive aussitôt que le moût a atteint une certaine température, elles arrivent dans le liquide qui se trouve en F et l'échauffent jusqu'à l'ébullition. Les vapeurs formées par cette deuxième distillation (rectification) passent par *y* dans le serpentín *zz* du réfrigérant D et elles en sortent par *p* à l'état liquide. On continue la distillation jusqu'à ce que le produit ne contienne plus que 55 à 40 pour cent d'alcool; on essaye ensuite à l'aide du petit réfrigérant *n* si le moût dégage encore des vapeurs alcooliques. Si le produit qui sort par *n* ne renferme pas d'alcool, on

doit regarder la distillation comme terminée. La chaudière est vidée, puis de nouveau remplie au moyen du tube à robinet qui la fait communiquer avec le chauffe-vin; ce dernier est chargé avec de nouveau moût et la distillation est recommencée. Le liquide qui se trouve dans le réservoir F coule dans la chaudière par le tuyau *j* ou *q*. Ainsi qu'il résulte de la de-

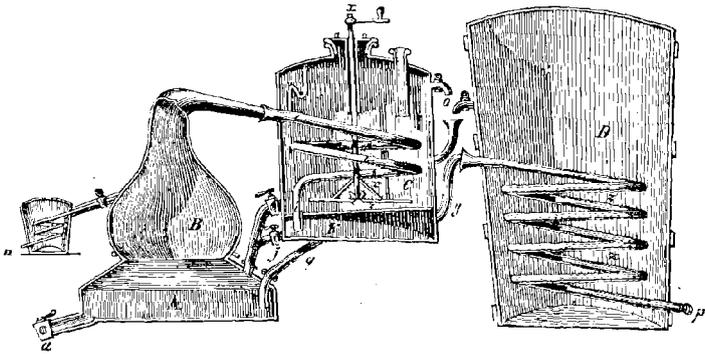


Fig. 321. — Appareil de Dorn.

scription et du dessin, l'appareil de *Dorn* ne contient pas de déflégmateur véritable, et en outre il n'a qu'une chaudière. C'est pourquoi on l'emploie maintenant plutôt pour l'extraction de l'alcool de moûts que pour la rectification de l'esprit.

Appareil de Pistorius. — *Pistorius* est le premier qui, en Allemagne, employa deux chaudières au lieu d'une et qui combina de la manière la plus convenable les rectificateurs et les déflégmateurs avec les chaudières. Si l'on veut à l'aide d'un appareil construit normalement non-seulement extraire *tout* l'alcool du liquide vineux, mais encore obtenir celui-là aussi pur et aussi concentré que possible, et cela avec la plus petite dépense de temps, de main-d'œuvre et de construction, on doit reconnaître que l'appareil de *Pistorius* offre de grands avantages. Aussi est-il, dans l'Allemagne du Nord (il est beaucoup moins employé dans l'Allemagne du Sud, où on se sert plutôt de l'appareil de *Gall*), généralement préféré aux autres appareils, pour la construction desquels l'appareil de *Pistorius* a été dans beaucoup de cas le point de départ. A et B (fig. 322) sont les deux chaudières. A est la chaudière proprement dite, qui se trouve placée immédiatement au-dessus d'un foyer, ou mieux qui est chauffée par de la vapeur amenée par un tuyau en communication avec un générateur. La deuxième chaudière B est disposée un peu plus haut derrière la première, et, si l'on n'emploie pas la vapeur, elle est chauffée par la flamme du foyer qui se trouve au-dessous de la première. Sur la chaudière A est fixé à l'aide de vis un grand chapiteau D; *p* est un tuyau qui part du chapiteau et qui est muni d'une soupape de sûreté s'ouvrant à l'intérieur et par laquelle l'air peut entrer dès que, vers la fin de la

distillation, il vient à se produire un vide par suite de la condensation des vapeurs. Ce tuyau, comme dans l'appareil de *Dorn*, communique avec un petit réfrigérant *q*, qui peut être fermé au moyen d'un robinet et qui sert pour indiquer si l'opération est terminée. Dans les deux chaudières se trouvent les agitateurs *m* et *n* ; ceux-ci se composent de tiges de fer munies d'une

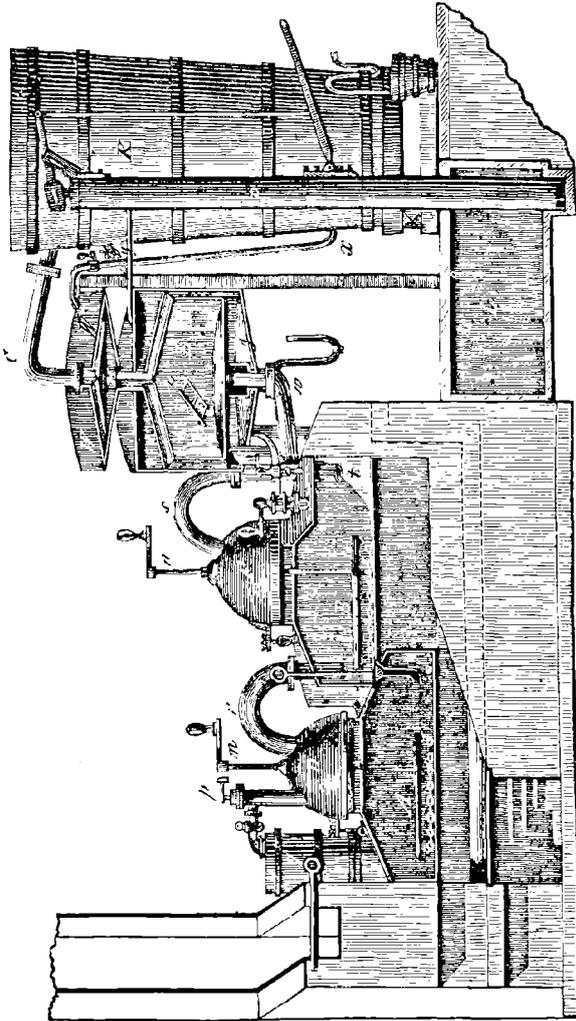


Fig. 322. — Appareil de Pistorius.

manivelle et aux extrémités desquelles est fixée une barre transversale à laquelle est attachée une chaîne qui repose sur le fond de la chaudière et traîne sur celui-ci lorsque la manivelle est mise en mouvement. Ces agitateurs sont destinés non-seulement à empêcher le moût de brûler, mais encore à pousser les dernières portions du contenu de la chaudière vers le

trou de vidange. Le tuyau *r* conduit les vapeurs dans la deuxième chaudière, où il descend très-bas. Le tuyau *s*, qui part du chapiteau *F* de cette dernière chaudière, amène les vapeurs dans le chauffe-vin, qui (comme dans l'appareil de *Dorn*) est divisé en deux compartiments ; le supérieur *E* contient le moût, l'inférieur *g* les vapeurs, qui passent, par l'espace étroit *v*, dans le bassin ou *déflegmateur* *H*. Souvent les vapeurs, avant de se rendre dans le compartiment *g*, passent dans une troisième chaudière qui ne se trouve pas dans notre dessin. Le *déflegmateur* consiste en deux ou trois cônes tronqués en cuivre superposés et unis les uns aux autres (les bassins) et il porte supérieurement un vase plat rempli d'eau *W*. Les bassins communiquent ensemble au moyen d'un tube, et ils portent dans le milieu une cloison qui est fixée de telle sorte qu'entre le bord de celle-ci et la paroi des bassins il ne reste qu'un espace étroit. Par conséquent, les vapeurs qui arrivent sur le bassin inférieur ne pénètrent pas immédiatement dans l'ouverture opposée, mais sont obligées de contourner la cloison. Le tube *x* amène de l'eau froide sur le *déflegmateur*, le petit tube *y* sur le chauffe-vin. A l'aide de la pompe *P* on fait monter le moût du réservoir *L* dans le chauffe-vin. De celui-ci le moût passe par le tube *w t* dans la deuxième chaudière et de celle-ci dans la première. Tout d'abord on remplit de moût les deux chaudières et le chauffe-vin ; cela fait, on chauffe la première chaudière, soit à feu nu, soit à vapeur. Les vapeurs qui se dégagent de la chaudière *A* passent à travers le moût de la chaudière *B*, qui est alors chauffée jusqu'à l'ébullition. La chaudière *B* agit par conséquent comme un rectificateur ; comme les vapeurs produites dans cette chaudière n'ont plus aucune pression particulière à surmonter, celles qui ne sont pas condensées dans le chauffe-vin abandonnent très-promptement celui-ci pour se rendre vers le *déflegmateur*. Lorsqu'on veut commencer la distillation, on charge chaque bassin d'abord avec de l'eau froide que l'on a soin de remplacer dès qu'elle commence à s'échauffer, c'est-à-dire dès que les vapeurs abandonnent le *déflegmateur* et se dirigent par le tube *C* vers le réfrigérant *K*. Aussitôt que les vapeurs ont quitté le bassin inférieur, ce qui ne tarde pas, alors commence la distillation proprement dite. Le liquide condensé, qui d'abord arrive goutte à goutte, finit par remplir l'éprouvette où se trouve l'aréomètre et enfin coule sous forme d'un filet vers le réservoir à alcool. Le chauffage à la vapeur a maintenant presque partout remplacé le chauffage à feu nu.

Appareil de Gall. — Dans la plupart des appareils que l'on emploie pour la distillation des moûts fermentés, les vapeurs alcooliques n'ont pas la même richesse pendant toute la durée de la distillation, cette richesse va en diminuant vers la fin de l'opération. Dans l'appareil de *Gall* ou *appareil à bain-marie* (fig. 523 et 524), cet inconvénient n'existe pas. Deux cucurbites sont en rapport d'une part avec la chaudière à vapeur et d'autre part avec le réservoir à alcool (séparateur), comme dans les autres appareils distillatoires ; mais la manière dont ce rapport est établi offre un caractère particulier. *B, B* sont les deux cucurbites placées l'une à côté de l'autre. C'est la chaudière à vapeur avec les tubes de chauffe *i, i*. Afin d'empêcher le refroidissement

dissement par l'air extérieur, les cucurbites plongent dans la chaudière à vapeur. D est une troisième cucurbite placée en dehors de la chaudière à vapeur. E est le réservoir à alcool, F et G sont deux déflegmateurs; A est le réfrigérant avec le serpentin H. Le moût est d'abord introduit par le tuyau *aa* dans la cucurbite D, qui agit comme chauffe-vin et rectificateur. Les cucurbites B, B sont remplies avec le contenu de D. La vapeur qui s'échappe de la chaudière arrive par le tube recourbé *b* dans le robinet à trois voies *c*, d'où elle est conduite dans l'une des deux cucurbites B, ou par le tuyau *d* dans le tonneau où s'effectue la coction des pommes de terre. Les vapeurs

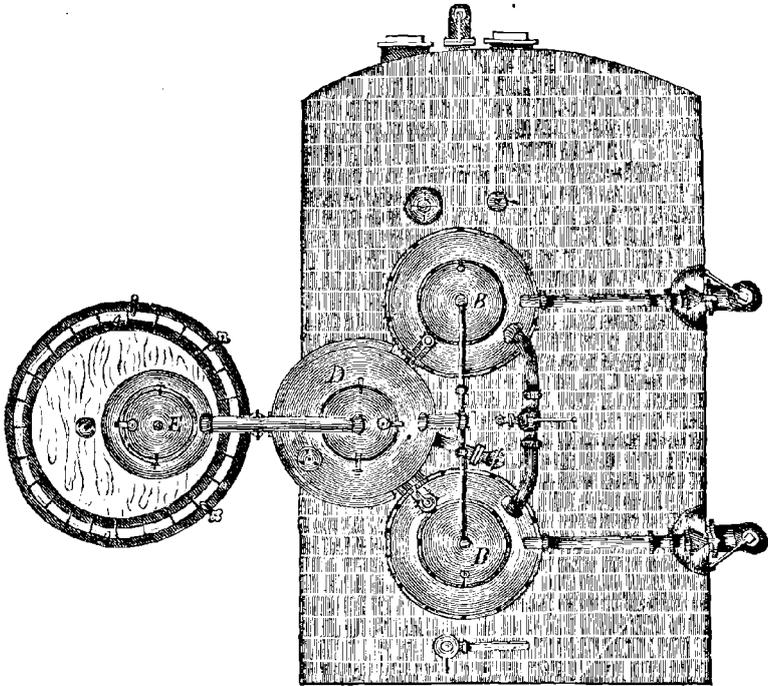


Fig. 525. — Appareil de Gall; plan.

qui s'élèvent de l'une des deux cucurbites B, B passent dans celle qui sert comme deuxième cucurbite, puis dans la cucurbite D, dans le réservoir à alcool E et, après avoir traversé les deux déflegmateurs F et G, dans le réfrigérant. Ce qui caractérise l'appareil de *Gall*, c'est qu'au moyen d'une disposition de tubes et de robinets convenablement combinés chacune des deux cucurbites peut fonctionner à volonté comme première ou comme seconde chaudière, et il suffit pour cela de diriger la vapeur d'abord dans la droite, puis dans la gauche ou inversement. En outre, chaque cucurbite peut être isolée de l'appareil, elle peut être vidée et chargée de nouveau,

pendant que l'autre fonctionne sans interruption. C'est pourquoi l'appareil de *Gall* est un appareil à marche continue.

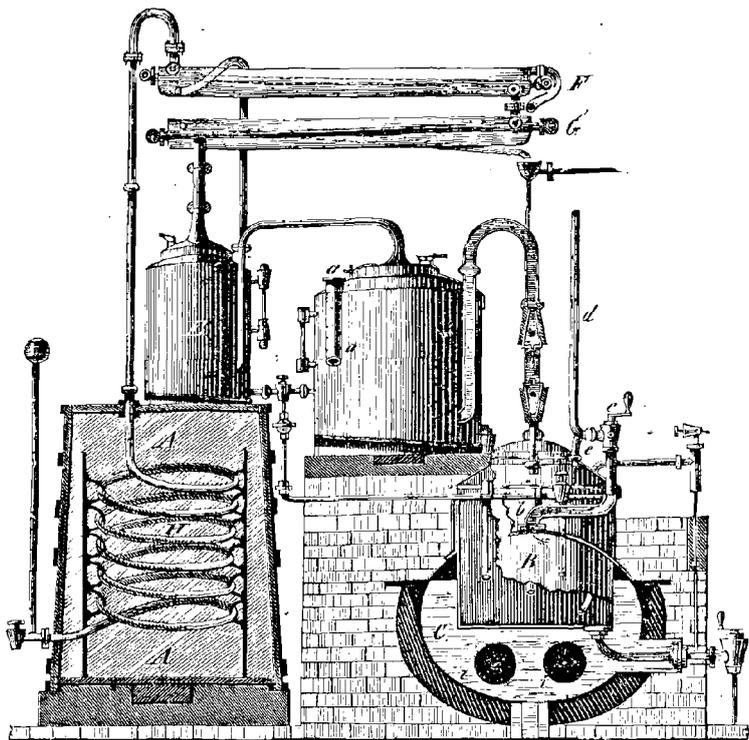


Fig. 524. — Appareil de Gall; coupe verticale

Appareil de Schwarz. — L'appareil construit par *Schwarz* est celui qui est le plus employé dans le sud-ouest de l'Allemagne. Il se compose (fig. 525) de la chaudière à vapeur D, des deux cucurbites à moût A et B, du chauffe-vin C avec le réservoir à alcool E, des deux rectificateurs H et F et du réfrigérant G. M est un réservoir à eau froide, N un réservoir à eau chaude. La vapeur d'eau produite dans la chaudière D passe par le tube *gg* dans le compartiment inférieur A de la double cucurbitte et traverse le moût chauffé qu'elle renferme; elle s'accumule ensuite, déjà mélangée avec des vapeurs alcooliques, dans le chapiteau *z*, pour suivre, en passant par le tube *u*, une marche analogue à travers le compartiment supérieur de la double cucurbitte, et de là, après avoir subi une double rectification, elle est amenée par le tube *t* dans le chauffe-vin C, dont la partie supérieure agit comme déflegmateur et qui est munie de tubes *a,a,a*, refroidis avec du moût; les flegmes qui s'y condensent se rassemblent dans le réservoir E agissant comme rectificateur. La vapeur qui s'échappe du compartiment su-

liquide vineux à distiller est d'abord introduit dans le chauffe-vin C, où il est maintenu à l'aide de l'agitateur *dd* à une consistance et une température uniformes. Lorsqu'il a été chauffé, il arrive par le tube *e* dans le compartiment supérieur de la double cucurbite et de là, au moyen de la soupape *f*, dans le compartiment inférieur, où se rassemblent aussi les flegmes provenant des autres parties de l'appareil; les flegmes coulent en effet par les tubes *m'* et *n'* des compartiments *h* et *l* des deux rectificateurs H et F et ils passent de là dans le compartiment supérieur de la double cucurbite, où ils se mêlent avec le moût. Dès que le moût a abandonné tout son alcool, ce que l'on reconnaît en essayant l'inflammabilité des vapeurs au robinet *os*, on retire la vinasse de la cucurbite par le robinet *p*. Au moyen des tuyaux *q, q, q*, les rectificateurs et le réfrigérant sont pourvus d'eau froide. L'eau, échauffée dans le réfrigérant, arrive par le tube *r* dans la chaudière à vapeur. Par R les vapeurs sont dirigées dans le tonneau renfermant les pommes de terre, par S dans le réservoir N, lorsque l'eau doit y être chauffée jusqu'à l'ébullition. L'appareil de *Schwarz* offre sur un grand nombre d'appareils distillatoires l'avantage que chacune de ses parties peut être facilement et parfaitement nettoyée. Mais il présente aussi plusieurs inconvénients: ainsi, par exemple, la construction du chauffe-vin n'est pas très-convenable, le liquide condensé dans le réservoir E n'éprouve pas un contact suffisant avec les vapeurs, et la distillation n'est pas toujours exécutée comme cela devrait être. Les vapeurs passent si rapidement à travers ce liquide qu'elles ne sont qu'incomplètement déshydratées, aussi arrivent-elles dans le déflegmateur chargées d'une quantité d'eau encore assez grande, et dans ce dernier appareil leur rectification ne pourra être qu'incomplète, parce que les tubes ronds et droits n'offrent aux vapeurs qu'une surface peu étendue et une grande partie de celles-ci se dérobe au refroidissement, les vapeurs condensées sous forme de vésicules sont même entraînées par celles qui ne sont pas condensées. Le réfrigérant, qui se compose d'un certain nombre de tubes verticaux droits, est aussi défectueux, en tant que les vapeurs qui arrivent par en haut tombent sous forme de vésicules par l'extrémité inférieure des tubes dès qu'elles ont été condensées et n'ont pas le temps d'abandonner leur chaleur. Un refroidissement suffisant du produit distillé n'est possible qu'au moyen d'une grande dépense d'eau froide.

Appareil de Siemens. — Parmi les appareils qui, relativement au rendement qu'ils fournissent, peuvent être construits avec une faible dépense, on doit aussi compter l'appareil distillatoire établi dans l'usine de Hohenheim et qui donne immédiatement de l'eau-de-vie. Il est représenté en coupe par la figure 326 dans la modification qui convient pour la préparation de l'alcool. L'appareil se compose de deux cucurbites à moût placées dans une chaudière à vapeur et dont on peut changer les rapports (à l'aide des robinets *a, b* et *c*) comme dans l'appareil de *Gall*; le chauffe-moût et le déflegmateur sont construits d'après *Siemens*. L est la chaudière à vapeur, P l'une des cucurbites à moût, K est le réservoir à alcool, R le chauffe-moût, A le réservoir pour l'alcool brut qui est destiné à l'alimentation de

la chaudière à vapeur, C le déflegmateur, B le réservoir pour les vapeurs condensées en C. Du déflegmateur les vapeurs passent dans le réfrigérant (non représenté dans la figure). Les dimensions de cet appareil sont basées sur les calculs suivants. La chaudière à vapeur a à fournir pour la coccion de 5,000 kilogr. de pommes de terre en quatre périodes de 40 à 45 minutes ou dans l'espace de trois heures une quantité de vapeur égale à la

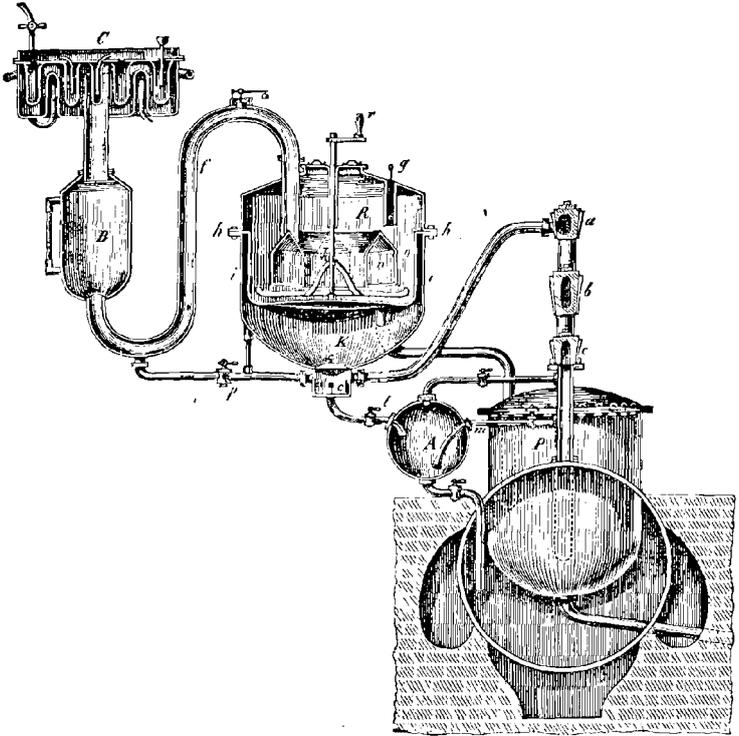


Fig. 526. — Appareil de Siemens.

cinquième partie du poids des pommes de terre, par conséquent à 1,000 kilogr., ce qui fait par heure 335 kilogr., qui nécessitent une surface liquide en évaporation de 11 mètres carrés. Comme dans la distillerie on a besoin d'une machine à vapeur, cette surface doit être augmentée d'environ 20 0/0 ; il résulte de là que l'on doit donner à la chaudière une surface d'évaporation de 13, 5 à 14 mètres carrés. Les chaudières à moût n'ont pas besoin d'avoir une capacité plus grande que 500 litres environ ; comme on l'a déjà dit, l'alcool ne retourne pas dans les chaudières à moût, et celles-ci se trouvant dans la chaudière à vapeur ne sont pas refroidies extérieurement, ce qui compense la quantité d'eau entraînée par les vapeurs.

Le chauffe-moût consiste en une capacité cylindrique *ii*, dont le fond porte une excavation *c*. Dans le cylindre se trouve la partie inférieure plus étroite

oo du réservoir à moût proprement dit, ainsi que le tube de chauffe *fn*. La partie supérieure du chauffe-moût est unie avec l'inférieure au moyen de l'anneau *hh*; *r* est un agitateur qui est animé d'un mouvement continu pendant la distillation. Les vapeurs de la deuxième cucurbite sont dirigées au-dessous dans l'excavation *e*, qui est recouverte d'un crible *c'*, afin que les vapeurs arrivent au contact des flegmes. Les vapeurs entourent la partie inférieure du réservoir à moût et passent dans le tube *f*, par lequel elles se rendent dans le cylindre inférieur du déslegmateur. Les flegmes qui se rassemblent dans le réservoir sont dirigés dans le réservoir A par le tube à robinet *l*. Les parties supérieure et inférieure du chauffe-moût sont en fonte, il n'y a que le fond intérieur et les surfaces de chauffe qui soient en cuivre. Ce chauffe-moût a sur les autres appareils analogues l'avantage de distribuer uniformément la chaleur; en outre, il peut être facilement nettoyé, ce qui lui permet de mieux conserver sa conductibilité pour la chaleur, qui sans cela diminue rapidement par suite de la formation d'une croûte ne conduisant pas la chaleur, et de plus on obtient un produit plus pur. Le déslegmateur C est disposé de telle sorte que les vapeurs rectifiées sont emmenées par des tubes placés vis-à-vis l'un de l'autre, qui se réunissent avant de pénétrer dans le réfrigérant. Le reste est suffisamment expliqué par le dessin.

Appareil de Cellier-Blumenthal. — Aux appareils distillatoires qui sont destinés à la distillation du vin (et non d'un moût de pommes de terre ou de grains), et qui fonctionnent d'une manière continue, appartient l'appareil de Cellier-Blumenthal modifié par Derosne et qui fait époque dans l'histoire de la fabrication de l'esprit-de-vin. Il se compose (fig. 327) de deux chaudières A' et A, du premier rectificateur B, du deuxième rectificateur C, du chauffe-vin et du déslegmateur D, du réfrigérant F, du régulateur E de l'écoulement du liquide qui se trouve dans le réservoir G. La chaudière A', bien que comme A elle soit remplie avec du vin, agit comme chaudière à vapeur; la vapeur qui se dégage arrive dans les deux rectificateurs au contact du vin qui descend sous forme d'un courant continu, ce qui produit une déslegnation; la vapeur devenue plus riche en alcool se concentre encore plus dans le vase D et de là arrive dans le réfrigérant F. Afin que dans les rectificateurs il se produise une rectification véritable, le vin qui descend doit être chauffé à une température déterminée qui est communiquée par son passage dans le réfrigérant F et dans le chauffe-vin D. La vapeur qui se dégage de la chaudière A' arrive par le tube Z jusque sur le fond de la deuxième chaudière A. Les deux chaudières sont chauffées par un seul foyer. Au moyen du tube B', le liquide est conduit de la deuxième chaudière dans la première. Le premier rectificateur B contient un certain nombre de disques en forme de calottes sphériques, d'inégale grandeur et qui sont fixés les uns au-dessus des autres à des baguettes verticales de manière qu'ils puissent être enlevés et nettoyés; les plus grands disques ont leur côté concave tourné par en haut et ils sont percés de trous comme un crible. Au moyen de cette disposition les vapeurs qui s'élèvent rencontrent une grande surface humectée par le vin qui descend en cascade et se met ainsi en con-

tact très-intime avec les vapeurs. Dans le deuxième rectificateur se trouvent six compartiments ; dans le milieu des cloisons horizontales, qui séparent

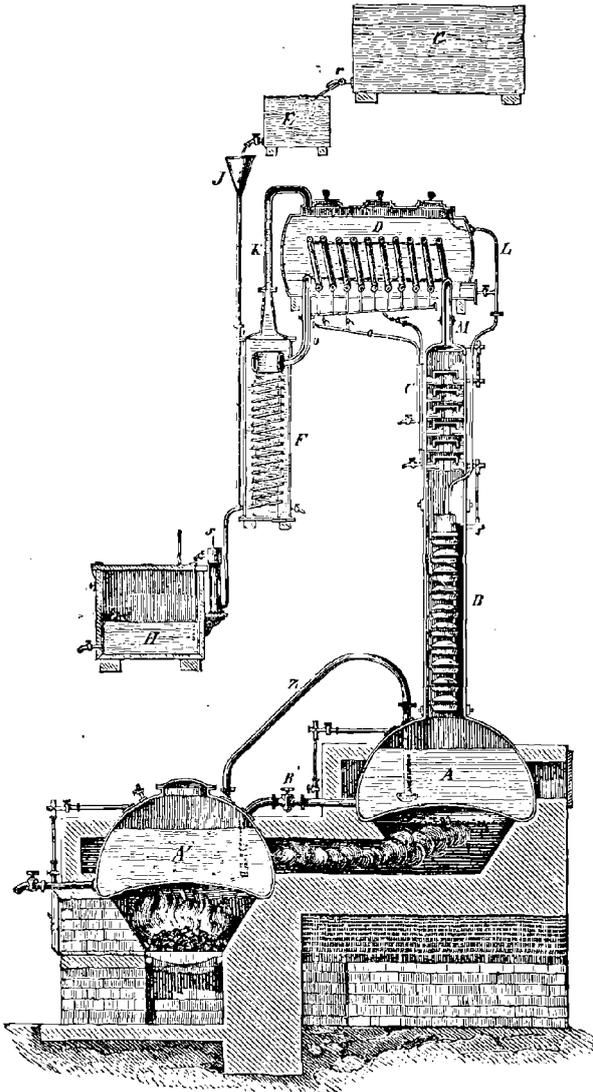


Fig. 527. — Appareil de Cellier-Blumenthal.

ceux-ci, est une ouverture munie d'un ajustage vertical sur lequel est fixée une capsule renversée, qui descend presque jusqu'au fond du compartiment. Une partie des vapeurs se condense dans les compartiments, de telle sorte que les

vapeurs sont forcées de traverser le liquide alcoolique et de surmonter une pression équivalente à une colonne liquide d'environ 2 centimètres. Le chauffe-vin et le déflegmateur D consistent en un cylindre horizontal en cuivre, qui contient un serpentín à spires verticales; le tube M communique avec ce serpentín dont l'autre extrémité débouche dans le tube O. Dans les spires se rassemblent des flegmes dont la richesse alcoolique est la plus forte dans les spires antérieures et qui va en diminuant dans les postérieures; ils se rassemblent dans la partie inférieure de chaque spirale et, au moyen d'ajutages, ils sont conduits dans un tube collecteur, duquel, à l'aide d'un autre tube et d'un robinet convenablement disposé, le liquide tout entier ou seulement une partie de celui-ci peut être dirigé à volonté dans le tube O ou dans le rectificateur. Le vin chauffé est amené par le tuyau L du déflegmateur dans le rectificateur. Le réfrigérant F est un cylindre fermé de toutes parts et muni d'un serpentín, qui communique avec le tube O; l'autre extrémité du serpentín conduit le produit distillé au dehors. Au-dessus de cet appareil se trouve le tuyau K qui alimente le déflegmateur avec du vin. Le vin froid coule par le tuyau J dans le réfrigérant. Lorsque l'appareil doit être mis en activité, on remplit d'abord les deux chaudières A et A' avec du vin. On ouvre ensuite le robinet de E, de sorte que le tube J, le réfrigérant F et le déflegmateur D se remplissent de vin. On chauffe le vin de la chaudière A' jusqu'à l'ébullition; les vapeurs se dégagent par le tube Z, elles se condensent en A, dont le liquide s'échauffe sous l'influence des vapeurs qui arrivent et des gaz de la combustion qui l'entourent et ne tarde pas à entrer aussi en ébullition. Les vapeurs alcooliques se dirigent vers le premier rectificateur B et vont de là dans le serpentín du chauffe-vin D, où une grande partie se condense; les flegmes retournent dans le rectificateur. Dès que le chauffe-vin est chauffé de manière que la main ne puisse plus supporter la chaleur du liquide qu'il renferme, on ouvre le robinet du vase E, et la distillation commence. Le vin amené par le tuyau J dans le réfrigérant F commence déjà à s'échauffer dans cet appareil et il arrive ensuite en D, où sa température s'élève presque jusqu'au point d'ébullition; de là le tube L le conduit dans le rectificateur B, d'où il coule dans la chaudière A. Dès que le liquide de la chaudière A' ne contient plus d'alcool, on fait écouler la vinasse par le tube à robinet dont elle est munie près de son fond, et l'on ouvre le robinet B', afin que la chaudière A' se remplisse de nouveau. La vapeur suit la même voie, mais en sens inverse; après sa condensation dans le réfrigérant F, elle arrive dans le vase s muni d'un aréomètre et de là en H. [Lorsqu'on veut avec cet appareil distiller des vins très-riches en alcool, comme ceux du Midi, on ajoute entre le réfrigérant F et le chauffe-vin D une pièce (*évaporateur* ou *pièce de sûreté*), qui se compose de deux cylindres concentriques verticaux laissant entre eux un espace annulaire et entourant la partie inférieure du tube K. Cet espace annulaire, fermé en haut et en bas, communique supérieurement avec le tube O et inférieurement avec le serpentín de F. Sur les surfaces des cylindres on fait couler une petite quantité d'eau, qui en s'évaporant enlève une grande partie de

la chaleur aux produits alcooliques très-abondants qui arrivent par le tube O et pénètrent ensuite dans le serpentin F, après s'être notablement refroidis et en partie condensés.] L'alcool obtenu à l'aide de l'appareil qui vient d'être décrit est d'autant plus concentré que le nombre des spires du serpentin contenu dans le déflegmateur ou chauffe-vin D est plus grand. Les robinets qui doivent être laissés ouverts sont indiqués par la richesse alcoolique du vin et la force que doit avoir le produit de la distillation. L'appareil de *Derosne* peut facilement être transformé en appareil intermittent; il suffit pour cela de remplir le réfrigérant et le rectificateur avec de l'eau froide et de fermer l'extrémité inférieure du tuyau L.

Appareil de Laugier. — L'appareil de *Laugier* (représenté en coupe

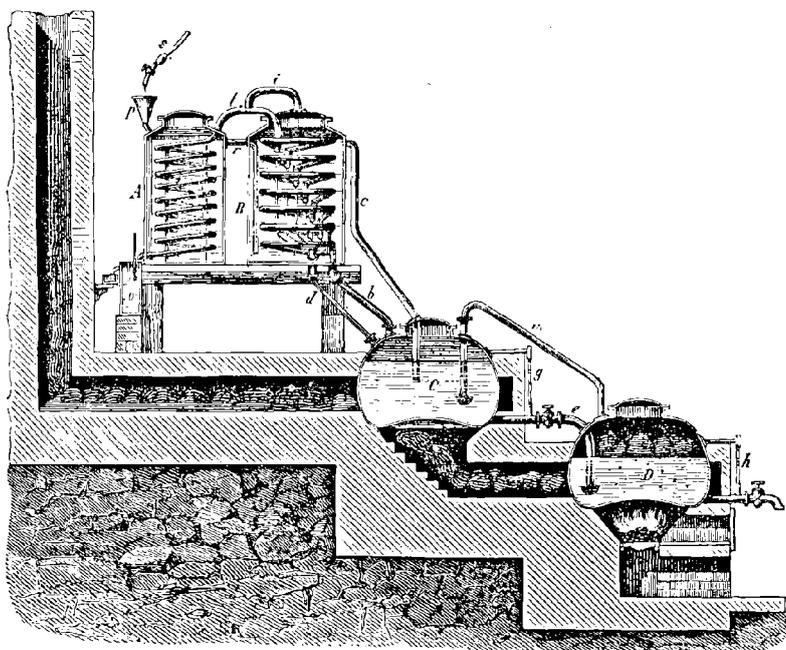


Fig. 528. — Appareil de Laugier.

par la figure 528) offre aussi un grand intérêt. L'appareil de *Derosne* se distingue par la faible dépense de combustible qu'il entraîne, par la rapidité de la distillation et l'excellente qualité du produit qu'il fournit, il est cependant un peu compliqué, parce qu'il est disposé de manière qu'on puisse employer du vin de toute force et distiller de l'alcool à tous les degrés de concentration. Les appareils qui, comme celui de *Laugier*, ne doivent servir qu'à distiller des liquides ayant toujours les mêmes qualités (vin ou autre liquide vineux) et qui doivent donner un produit de richesse alcoolique constante, peuvent au contraire être construits

beaucoup plus simplement. Dans l'appareil de *Laugier*, le liquide vineux à distiller arrive par le tube *s* et l'entonnoir *p* dans la partie inférieure du vase A, où il sert pour la condensation des vapeurs d'alcool. De ce vase le liquide chauffé se rend, par le tuyau *r*, dans la partie inférieure du deuxième vase B, où s'effectue la déflegmation à l'aide d'un tube réfrigérant. Le liquide arrive ensuite par *c* dans la deuxième chaudière C, qui est chauffée par les gaz de la combustion provenant du foyer sur lequel se trouve la première chaudière D; dans la chaudière C le liquide éprouve une rectification et la vinasse passe par le tube *e* dans la chaudière D; *m* est le tube qui conduit les vapeurs de D dans la chaudière C,

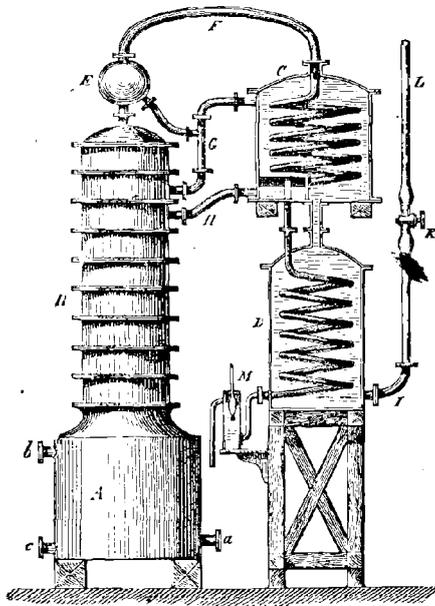


Fig. 329. — Appareil distillatoire à une seule chaudière chauffée à la vapeur.

le tube *b* amène les vapeurs alcooliques dans le déflegmateur. Par le tube *d* les flegmes arrivent dans la chaudière C; *f* sert pour vider la chaudière D; *g* et *h* sont des tubes qui indiquent le niveau du liquide dans les chaudières; *l* conduit les vapeurs non condensées du déflegmateur dans le réfrigérant, *i* les vapeurs produites en B dans le serpentin. L'alcool condensé dans le réfrigérant s'écoule, comme le montre le dessin, dans une éprouvette *o*, où se trouve un aréomètre qui indique la richesse centésimale. Le réfrigérant du vase B se compose de sept tronçons d'hélice à large diamètre, qui à leur extrémité la plus basse sont munis de petits tubes; ceux-ci se réunissent tous au tube *d*, par lequel les parties condensées retournent dans la chaudière A. En augmentant ou en modérant

l'ébullition dans la première chaudière et l'écoulement du vin, on peut régler le refroidissement des vapeurs dans les délegmateurs de manière à obtenir de l'eau-de-vie à 50° ou de l'alcool marquant plus de 80°.

On emploie quelquefois des appareils d'une construction encore plus simple, dans lesquels le liquide à distiller est chauffé par un serpentín où circule de la vapeur à haute pression. La figure 329 montre un appareil de ce genre. A est un cylindre en fonte ou en cuivre, dans lequel est chauffé le liquide à distiller à l'aide d'un serpentín en cuivre, qui pénètre par *b* dans le cylindre et qui en sort par *a*; la vinasse dépouillée d'alcool est vidée par *c*. B est un délegmateur dans lequel descend d'une manière continue le liquide à distiller, tandis que les vapeurs alcooliques, qui se dégagent de A, s'y élèvent sans interruption. La disposition donnée à l'intérieur du délegmateur pour augmenter la surface de contact est très-variable. Les vapeurs vont dans le réservoir E et par le tube F dans le rectificateur C, qui est disposé comme à l'ordinaire; la partie condensée retourne par H dans le délegmateur, les vapeurs non condensées se rendent dans le tube réfrigérant du vase D, où elles sont refroidies et condensées, après quoi elles sortent en M. Le liquide à distiller est contenu dans un réservoir placé à une certaine hauteur et le tube LI, muni du robinet K, l'amène dans l'appareil; il pénètre d'abord en D, puis en C, de là par G dans le délegmateur et enfin dans le cylindre A.

[**Appareils de D. Savalle.** — Parmi les ingénieurs qui ont le plus contribué au développement de la distillerie, on doit citer spécialement *Amand* et *Désiré Savalle*, dont les excellents appareils fonctionnent aujourd'hui, pour ainsi dire, dans toutes les parties du globe.

La partie essentielle par laquelle ces appareils se distinguent de ceux décrits précédemment est la *colonne distillatoire*; cette colonne, qui est ordinairement chauffée au moyen de vapeur introduite directement dans sa partie inférieure, est formée d'un soubassement, de vingt-cinq tronçons ou plateaux en fonte rectangulaires et d'une couverture sur laquelle s'adapte le tuyau pour le dégagement des vapeurs alcooliques. Les figures 330 et 331, qui représentent la disposition intérieure des tronçons, montrent la marche suivie par le liquide à distiller et par les vapeurs qu'il émet à l'intérieur de la colonne. Par les conduits *o*, appelés *trop-pleins*, le liquide sortant du chauffe-vin descend de plateau en plateau jusqu'à la partie inférieure de la colonne, de laquelle il sort dépouillé d'alcool par un tuyau particulier; il tombe d'abord en *r* (fig. 330) dans l'angle d'un premier plateau, puis, en suivant la direction des flèches *r*, *s* et *t*, il arrive dans l'angle opposé, où se trouve le trop-plein *o*, par lequel il descend sur le plateau suivant, et ainsi de suite. Pendant que le liquide descend, les vapeurs alcooliques montent d'un plateau à l'autre par les orifices rectangulaires *u* et *v* et sont forcées, comme le montrent les flèches (fig. 331), dans leur marche ascendante, de passer à travers le liquide qui se trouve sur le plateau. Les surfaces de barbotage P P' P'' P''' (fig. 330) étant très-grandes, le dépouillement de l'alcool contenu dans le liquide à distiller a lieu d'une manière parfaite; en outre, l'espace

parcouru par le liquide à la surface de chaque plateau étant relativement étroit, la rapidité de l'écoulement est très-grande et toutes les matières en suspension se trouvent, par suite, entraînées; on peut d'ailleurs, s'il

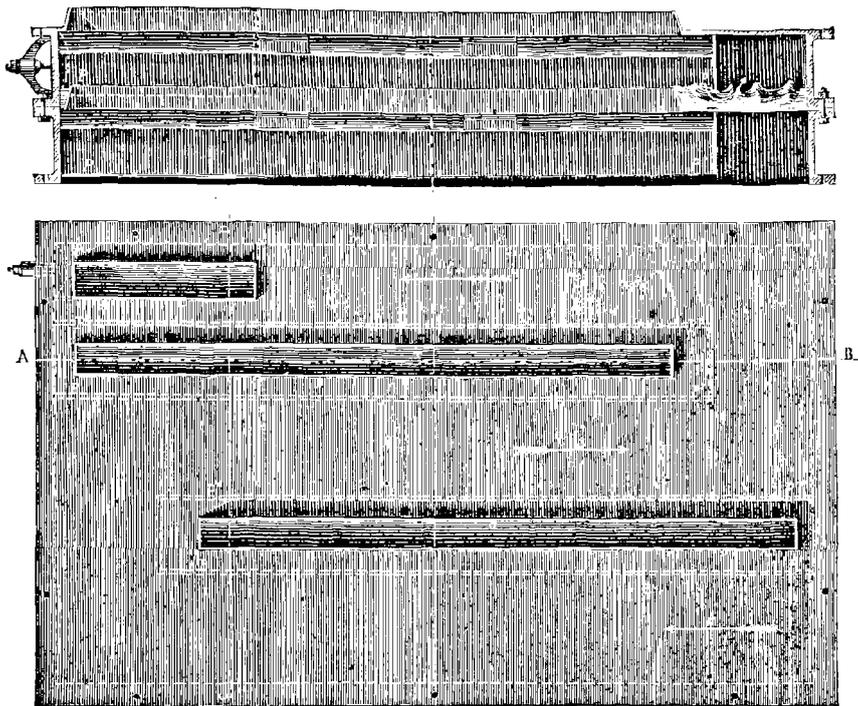


Fig. 330. — Vue intérieure des tronçons des colonnes Savalle.

vient à se produire des obstructions, ouvrir le regard dont chaque trop-plein est muni et visiter celui-ci sans démonter l'appareil.

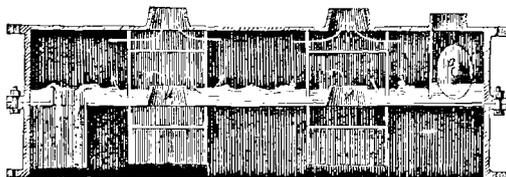


Fig. 331. — Coupe transversale des tronçons des colonnes Savalle.

Une autre pièce importante des appareils Savalle, c'est le régulateur automatique de chauffage des colonnes, qui est représenté en coupe verticale

par la figure 352. Son organe principal est un flotteur C, qui a pour fonction d'ouvrir et de fermer un robinet de vapeur E adapté sur les conduits de chauffage, et dont la puissance, augmentée par le levier D, atteint 400 kilogrammes, de façon que ni la poussière ni l'usure du robinet de vapeur ne puissent empêcher son action. On verse de l'eau froide dans la chaudière ou

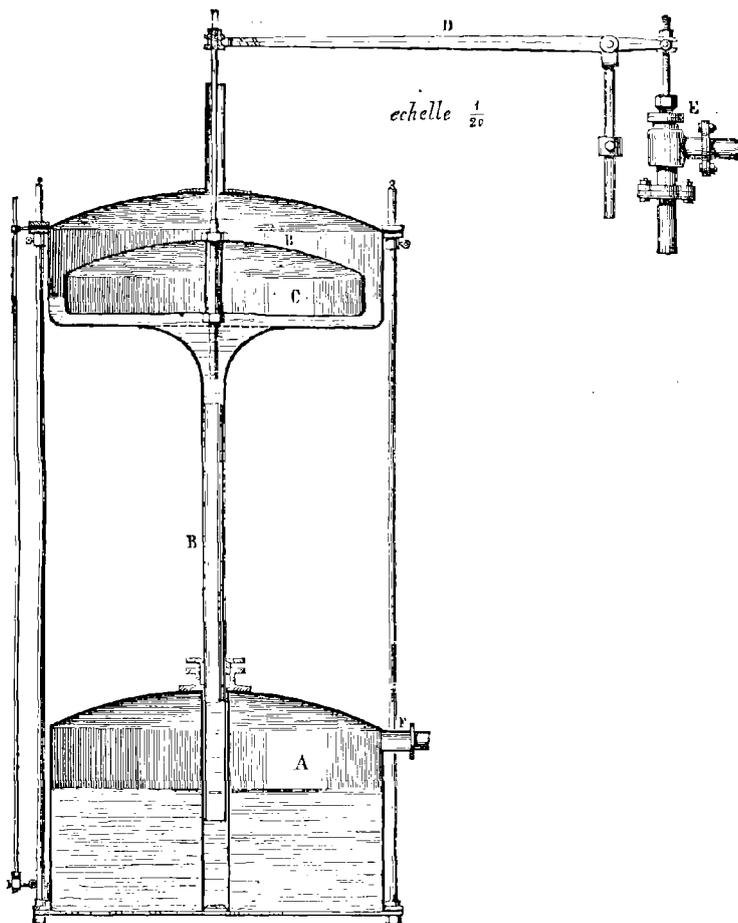


Fig. 352. — Régulateur automatique de chauffage des appareils Savalle.

bâche inférieure A, jusqu'au niveau de la tubulure F, par laquelle la pression de vapeur dans l'appareil à régler se [transmet au régulateur, par laquelle s'échappe aussi le trop-plein d'eau de la bâche inférieure. Afin d'assurer toute sécurité au régulateur, on a ménagé en A une chambre d'air qui forme matelas entre la vapeur de pression] et la couche d'eau; sous cette pression l'eau monte par le tube d'ascension B dans la bâche supérieure,

soulève à un moment donné le flotteur C, et met en jeu le levier P, qui ouvre ou ferme la soupape du robinet distributeur E. La figure 555 représente sur une plus grande échelle le robinet de vapeur, et la figure 554 sa soupape. A l'aide de cet appareil, on obtient dans les colonnes distillatoires une température et une pression constantes, qui sont indispensables pour avoir un jet continu et abondant d'alcool à un titre toujours élevé et sensiblement le même; on n'a plus à craindre les coups de feu, qu'il est difficile d'éviter avec les autres appareils, et on n'a pas besoin pour la conduite de la distillation d'hommes spéciaux toujours difficiles à rencontrer dans les campagnes.

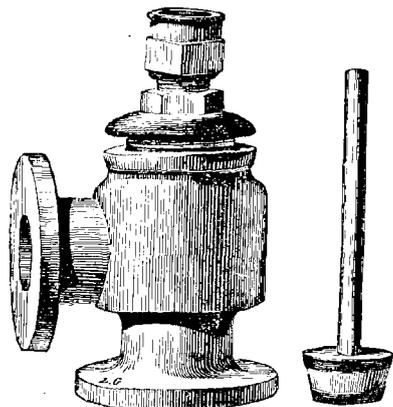


Fig. 555. — Robinet de vapeur du régulateur.
Fig. 554. — Soupape du robinet de vapeur.

Les appareils construits par Savalle offrent des dispositions un peu différentes, suivant qu'ils sont destinés à la distillation des betteraves, des grains, des mélasses de betteraves, des mélasses de cannes ou des vins.

Distillation des betteraves. — L'appareil représenté par la figure 555 est construit spécialement pour la distillation des betteraves, mais il peut également servir pour celle des vins ou de tout autre liquide clair; en voici la légende explicative :

A, colonne distillatoire en fonte; B, brise-mousse, retournant à la colonne les mousses et les matières entraînées par le courant de vapeur et se rendant au chauffe-vin; C, chauffe-vin tubulaire; D, réfrigérant tubulaire à compartiments intérieurs; E, éprouvette graduée pour l'écoulement des flegmes; F, régulateur de chauffage de l'appareil; G, serpentín d'épreuve; H, second brise-mousse, où passent les vapeurs sortant du chauffe-vin pour se rendre au réfrigérant par le tube C; les mousses entraînées retournent à la colonne par le tuyau s; i, tuyau conduisant les vapeurs de chauffage de la soupape 1 du régulateur à la base de la colonne, où elles se jettent librement; j, tuyau de pression faisant communiquer la colonne avec le réservoir inférieur du régulateur; kl, tuyau conduisant les vapeurs alcooliques de la colonne au brise-mousse B et au chauffe-vin C; m, tuyau avec robinet à cadran pour l'alimentation des jus fermentés vers le chauffe-vin; n, tuyau d'eau froide pour le réfrigérant; p, tuyau conduisant l'alcool vers l'éprouvette E; o, tuyau conduisant l'alcool du condensateur au réfrigérant; u, tuyau pour l'écoulement de l'eau chauffée dans le serpentín d'épreuve; 1, soupape de vapeur de chauffage; 2, robinet à cadran pour les jus fermentés; 3, robinet du tuyau d'eau froide; 4, robinet des vapeurs sortant des vinasses pour se rendre au serpentín d'épreuve; 5, niveau d'eau du soubassement de la colonne; 6, robinet d'eau pure servant le serpentín d'épreuve.

Pour mettre l'appareil en marche, il faut :

1° Emplir d'eau froide le réfrigérant D et de jus fermenté le chauffe-vin C et tous les plateaux de la colonne; 2° fermer les robinets d'alimenta-

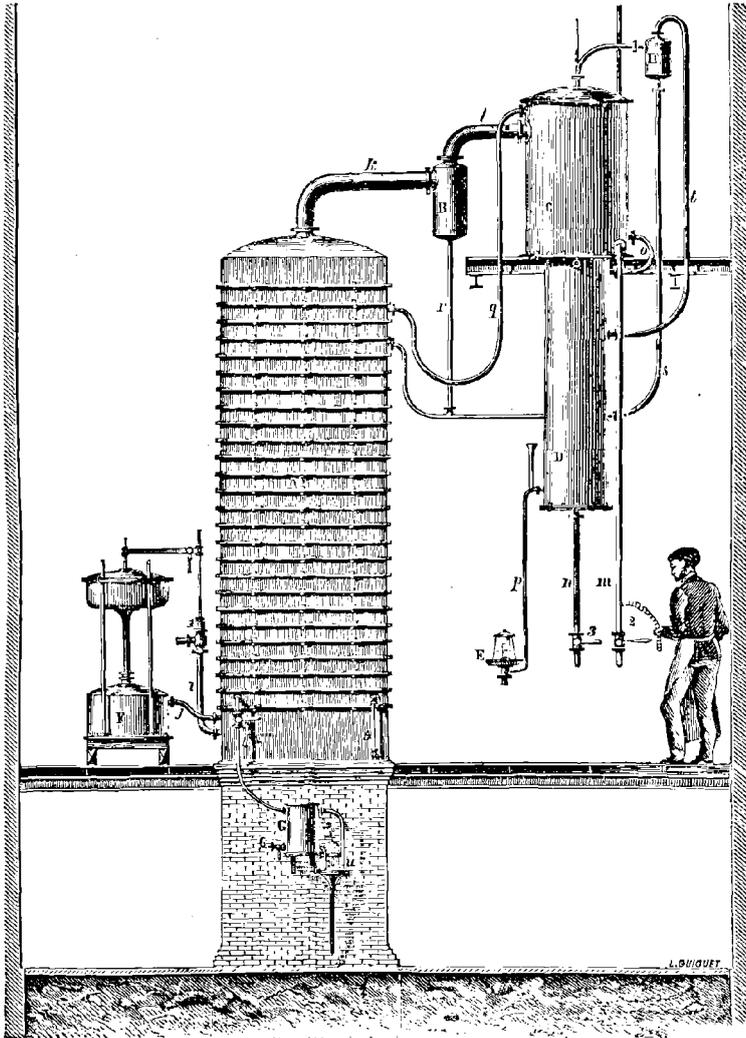


Fig. 553. — Appareil Savalle employé aux Moères pour la distillation des batteraves.

tion d'eau (5) et de jus fermenté (2); 3° ouvrir le robinet de vapeur pour chauffer graduellement tous les plateaux de la colonne et chasser sans secousse l'air contenu dans le chauffe-vin et le réfrigérant; 4° lorsque l'alcool brut coule à l'éprouvette E, ouvrir le robinet d'eau du réfrigérant (5).

puis peu à peu le robinet d'alimentation des jus fermentés (2); 5° cherch

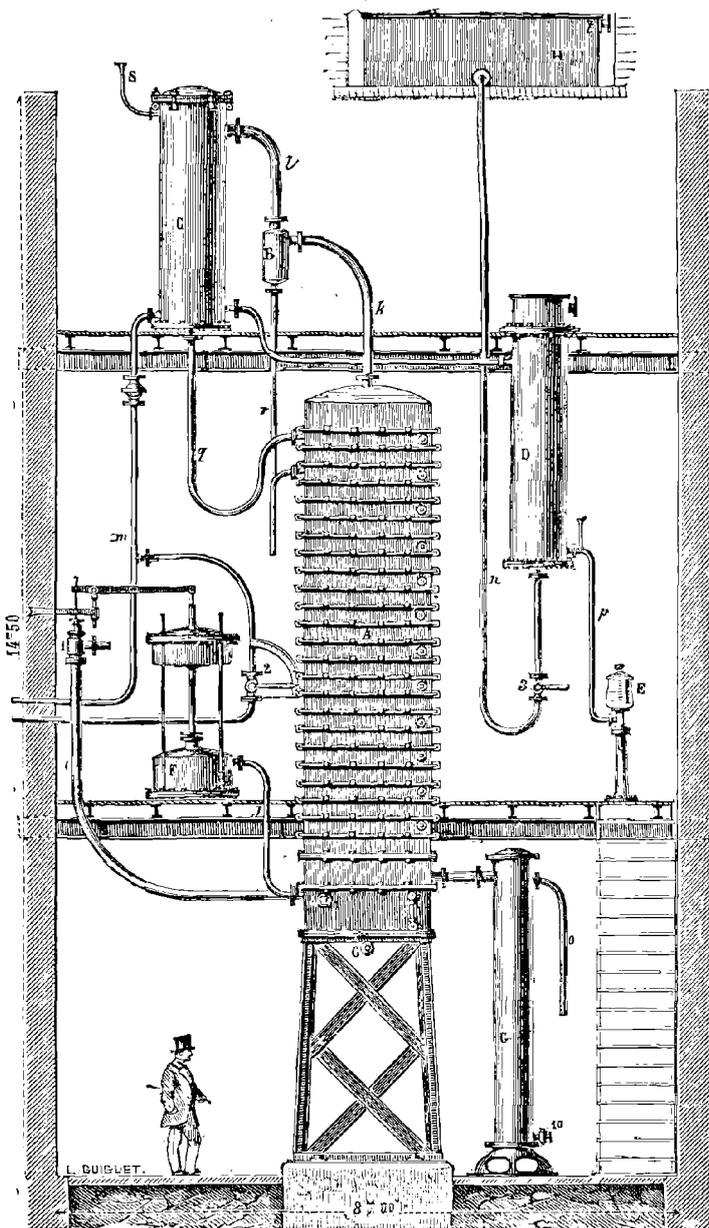


Fig. 556. — Appareil Savalle employé dans l'usine de Maisons-Alfort pour la distillation des grains.

le point d'alimentation convenable des jus fermentés, pour que, d'une pa

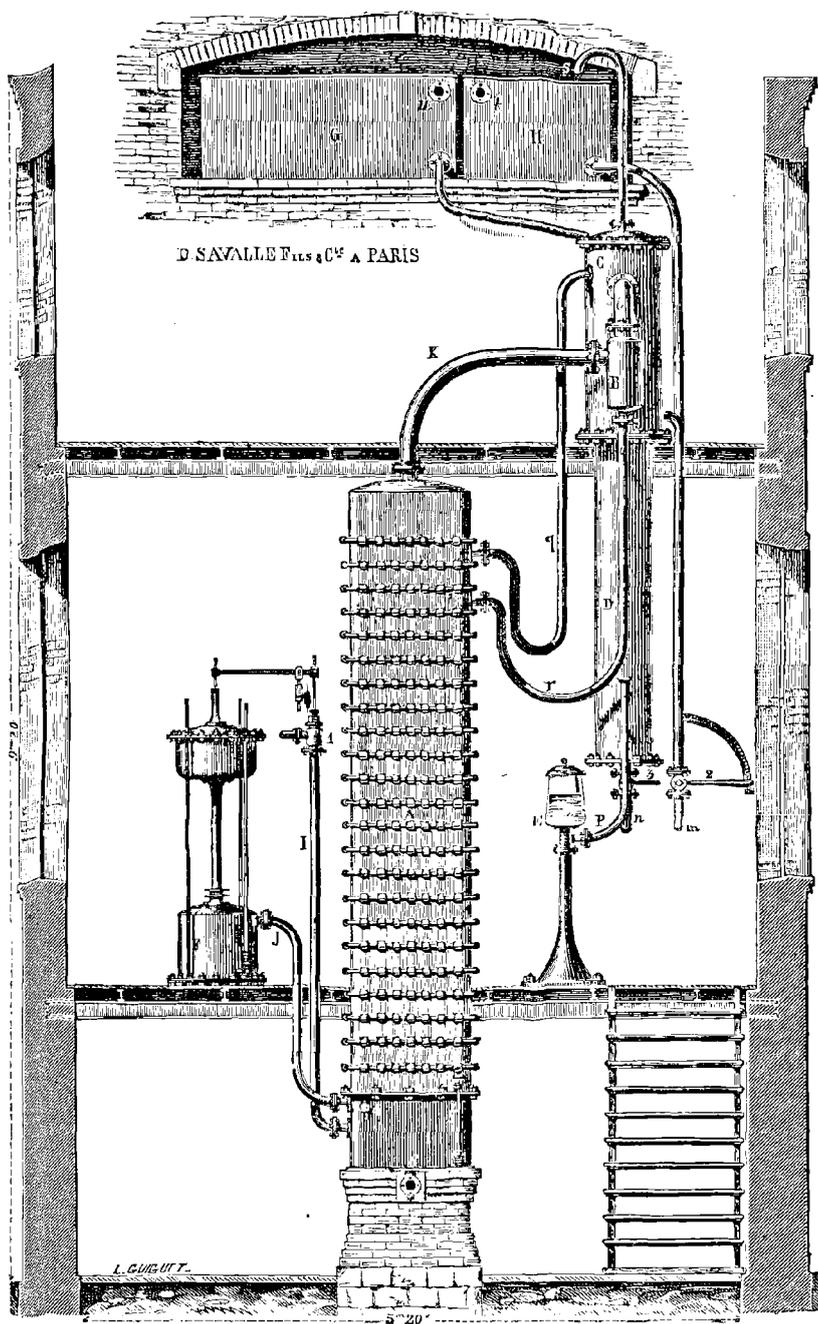


Fig 357 — Appareil Savalle pour la distillation des mélasses de cannes dans les Colonies.

il ne soit pas trop fort et n'arrête pas la production de l'alcool à l'éprouvette, et pour que, d'autre part, l'alimentation soit assez forte pour maintenir au produit le degré alcoolique convenable; c'est un point à déterminer une fois pour toutes, au moyen du robinet d'alimentation (2) et du cadran indicateur qui y est fixé; il faut pour réussir dans cette détermination que le réservoir à jus fermentés soit constamment plein au même niveau; 6° en commençant le travail et jusqu'à ce que les alcools arrivent la première fois à l'éprouvette, la vapeur de chauffage ne doit être donnée que modérément, ensuite le régulateur de vapeur fonctionne, et l'on n'a plus à s'en occuper; 7° pour terminer le travail, on arrête d'abord l'alimentation des jus fermentés, en fermant le robinet (2), puis, quelques instants après, on arrête la vapeur de chauffage; la colonne reste ainsi remplie de matières pour recommencer la distillation le jour suivant.

Distillation des grains. — La figure 336 représente un appareil *Savalle* pour la distillation des grains en matière pâteuse, tel qu'il a été établi récemment à Maisons-Alfort dans la grande usine du *Baron Springer*. En voici la légende :

A, colonne distillatoire en cuivre; B, brise-mousse; C, chauffe-vin tubulaire; D, réfrigérant tubulaire; E, éprouvette graduée; F, régulateur de vapeur; G, tube de contre-pression pour la sortie des vinasses; H, réservoir d'eau froide; *i*, tuyau conduisant les vapeurs de chauffage de la soupape du régulateur à la colonne; *j*, tuyau de pression; *kl*, tuyau conduisant les vapeurs alcooliques au brise-mousse et au chauffe-vin; *m*, tuyau de refoulement de la pompe à moût fermenté alimentant l'appareil; *n*, conduite d'eau au réfrigérant; *o*, sortie des vinasses; *p*, conduite d'alcool vers l'éprouvette; *q*, conduite des matières chaudes entrant dans la colonne; *r*, retour du brise-mousse; S, tube d'air; *t*, trop-plein du réservoir d'eau froide; 1, soupape du régulateur de vapeur; 2, robinet à cadran réglant l'alimentation des matières à distiller; 3, robinet d'eau froide pour le réfrigérant; 4, reniflard; 5, niveau d'eau; 6, purge de la base de la colonne; 10, purge du tube G.

Avec cet appareil, on peut travailler journellement 30,000 kilogrammes de grains, et obtenir environ 16,000 litres de flegmes à 50°; le fonctionnement est si parfait que les vinasses sortant au bas de la colonne sont complètement épuisées d'alcool.

Distillation des mélasses de cannes. — L'appareil *Savalle* pour la distillation de mélasses de cannes, en vue de la production des rhums et des tafias, offre les dispositions représentées par la figure 357, qu'il est facile de comprendre d'après les explications données précédemment et sachant que G est le réservoir d'eau froide avec son trop-plein *u*, H le réservoir pour la mélasse fermentée avec son trop-plein *t* retournant à l'aspiration de la pompe et S le tube d'air du chauffe-vin.

Distillation des vins. — Parmi les appareils destinés à la distillation des vins, nous citerons celui que *Savalle* a construit tout récemment et qui est représenté par la figure 358. Cet appareil est très-simple, très-facile à installer, et peut produire en dix heures 600 litres d'eau-de-vie à 60°. Pour le mettre

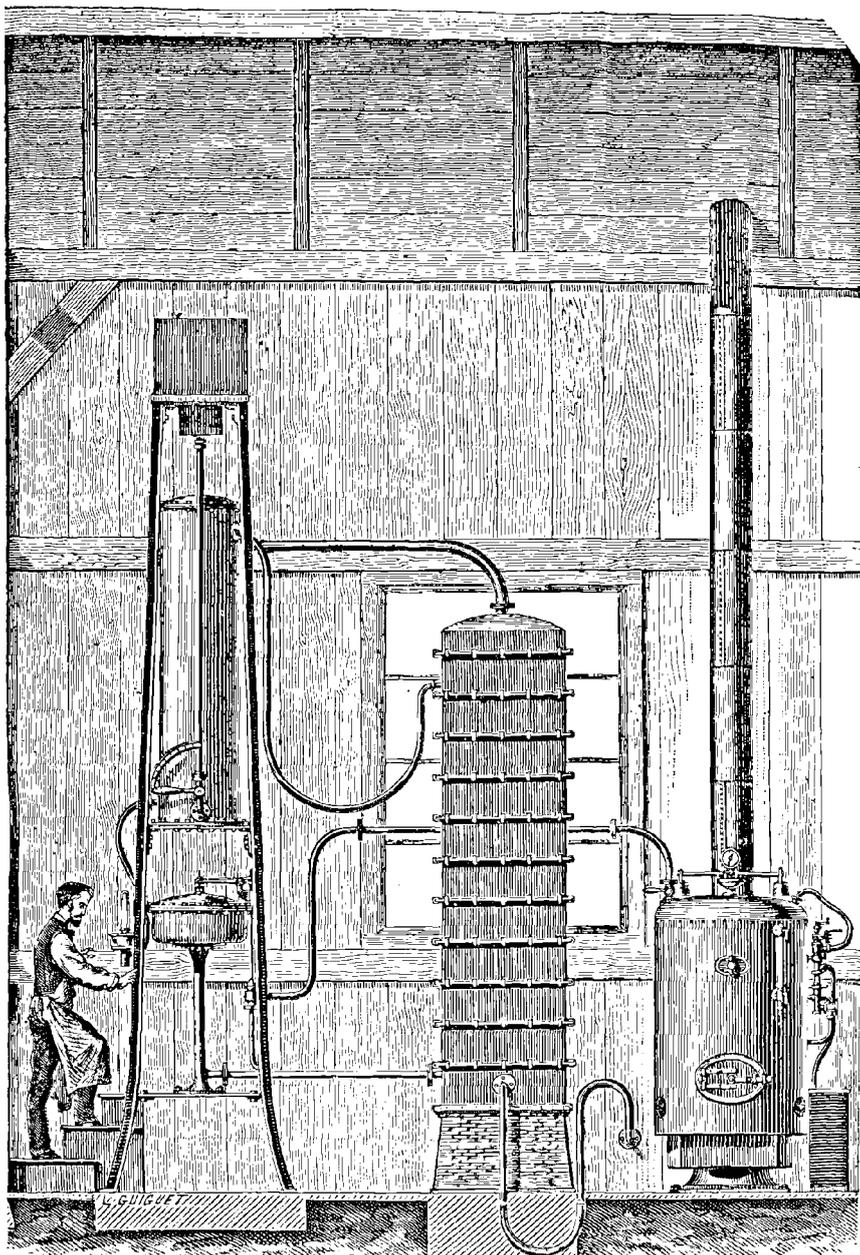


Fig. 358. — Nouvel appareil Savalle pour la distillation des vins.

en activité, on commence par faire arriver le vin dans le petit réservoir supérieur, puis, ouvrant le robinet à cadran, on fait écouler le liquide dans le chauffe-vin et toute la colonne. On introduit ensuite graduellement la vapeur produite dans le générateur qui se trouve à droite de la colonne et la distillation commence. Les vinasses épuisées sortent sans cesse par le siphon de vidange situé au bas de la colonne. Cet appareil est aussi tout à fait convenable pour la production des rhums et des tafias.

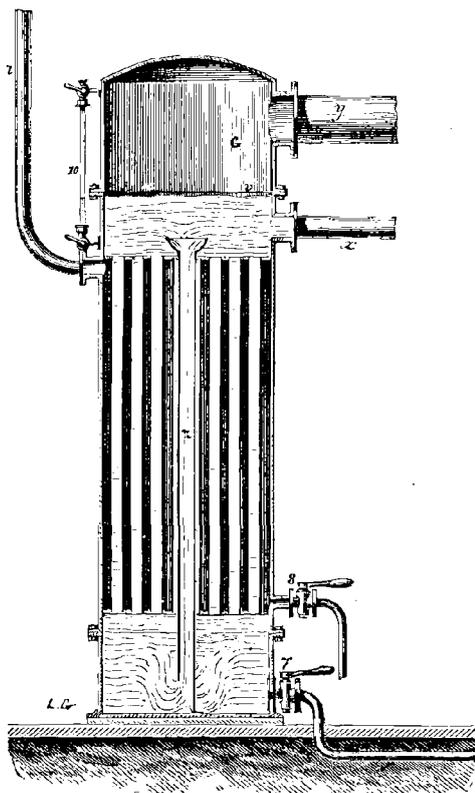


Fig. 339. — Système tubulaire pour le chauffage des colonnes à distiller les mélasses de betteraves.

représenté en coupe verticale par la figure 339. Il fonctionne de la manière suivante : La vapeur des générateurs arrive du régulateur par le conduit *i*; elle se jette autour de la paroi extérieure des tubes, cède son calorique à la vinasse contenue dans ceux-ci et sort condensée par le robinet 8, tandis que la vinasse, qui s'écoule continuellement par le tuyau *z*, vient remplir la série tubulaire et sort sans interruption par le robinet 7; les vapeurs produites par la vinasse se rendent dans la colonne distillatoire par le conduit recourbé *y*. Un gros tube *z*, établi au milieu du faisceau tubulaire, aide la circulation de

Distillation des mélasses de betteraves. — Dans tous les appareils dont il a été question jusqu'ici, le chauffage des colonnes distillatoires a lieu par introduction directe de la vapeur des générateurs à la base des colonnes. Mais, lorsqu'on distille des mélasses de betteraves, il faut éviter que les vapeurs d'eau viennent étendre la masse liquide des vinasses et augmenter, par suite, les frais d'évaporation lors du traitement de ce résidu pour sels potassiques. Pour obvier à ce grave inconvénient, *Savalle* a adopté un dispositif dans lequel les vapeurs produites par chauffage, dans un système tubulaire, des vinasses sortant de la colonne, sont employées au chauffage de celle-ci. Ce dispositif, établi à côté de la colonne distillatoire (fig. 340), est

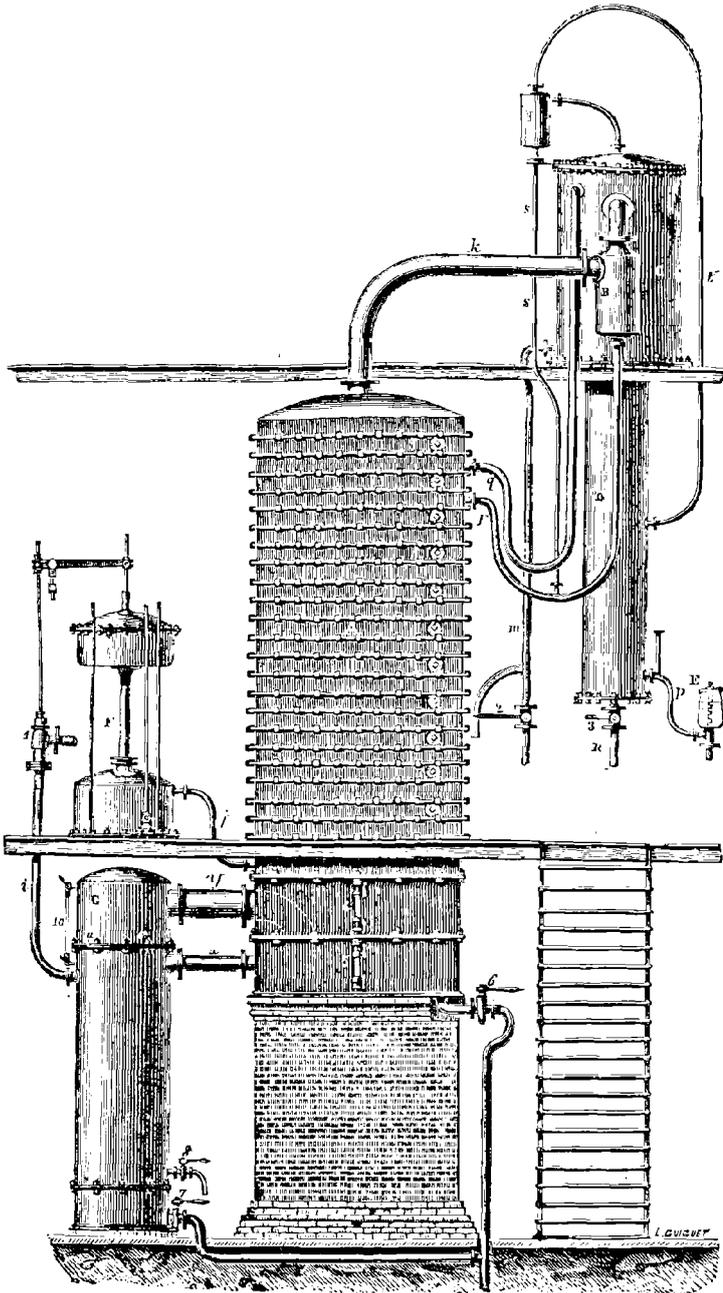


Fig. 540. — Appareil Savalle pour la distillation des mélasses de betteraves

la vinasse, qui est élevée par l'ébullition à la partie supérieure des tubes, et est ramenée par l'entonnoir et le tube z dans le réservoir inférieur. Au moyen de l'indicateur de niveau 10, on peut se rendre compte de la hauteur de la vinasse dans le réservoir supérieur G. En démontant le joint uv , on peut nettoyer et réparer facilement les tubes.

L'appareil à distiller les mélasses est représenté avec son système de chauffage tubulaire G par la figure 340 ; les explications qui ont été données précédemment suffiront pour faire comprendre la destination des autres parties de l'appareil.]

[**Détermination de la teneur alcoolique des vinasses.** — Afin de s'assurer si les vinasses contenaient encore de l'alcool, on se servait autrefois d'un simple serpentin d'épreuve, comme celui qui accompagne l'appareil représenté par la figure 335 (p. 504), ou bien on prenait une petite quantité de ces vinasses que l'on distillait dans un simple alambic. *Savalle*, ayant remarqué que ces méthodes donnaient toujours des résultats erronés, a imaginé le procédé suivant, à l'aide duquel on obtient des indications tout à fait exactes. Dans la chaudière a de l'appareil représenté par la figure 341 on introduit 10 litres de vinasse par une ouverture ménagée à cet effet dans le couvercle ; on met de l'eau froide dans le manomètre g , dans l'analyseur c et dans le réfrigérant d , puis on allume le gaz amené par le conduit h . Le liquide contenu en a entre en ébullition ; les vapeurs traversent la colonne b et viennent se condenser en c , d'où elles retournent à l'état liquide charger les dix plateaux de la colonne b . Après quelques instants de distillation intérieure, l'eau se trouve chaude en c et alors les vapeurs les plus riches en alcool passent à la distillation, en se condensant dans le réfrigérant d , et s'écoulant dans l'éprouvette graduée e . Le volume du produit de la distillation dépend de la teneur alcoolique du liquide essayé ; un produit de 100 centimètres cubes renfermera tout l'alcool contenu dans les 10 litres de vinasses soumis à l'épreuve. Lorsque le volume du produit distillé a atteint 100 centimètres cubes, on est donc sûr qu'il contient tout l'alcool des 10 litres de vinasses ; il suffit alors de plonger dans l'éprouvette e un alcoomètre, afin de connaître la richesse du produit. *Savalle* applique également son appareil, en le modifiant un peu, à la sortie des vinasses des colonnes distillatoires ; dans ce cas, l'appareil fonctionne d'une manière continue, et l'on peut se rendre à chaque instant un compte tout à fait exact de la marche de l'opération. Ce même appareil, tel qu'il est représenté par la figure 341, est aussi très-utile pour la détermination de la richesse alcoolique des vins et autres liquides fermentés, que l'on veut soumettre à la distillation.]

Élimination des huiles odorantes ou essences, rectification des alcools. — Comme on l'a fait remarquer page 279, il se produit, pendant la fermentation alcoolique, dans certaines conditions non encore parfaitement déterminées, outre l'alcool ordinaire (alcool éthylique), des quantités plus ou moins considérables d'alcools homologues : alcool propylique, alcool butylique et alcool amylifique, qui communiquent à l'alcool des pro-

priétés désagréables et qui sont désignés sous le nom d'*huiles odorantes* ou *essences* (*Fuselöl* des Allemands). La composition de l'huile odorante varie avec la nature du moût (moût de pommes de terre, de grains, de betteraves); elle ne se forme en grande quantité que lorsque la fermentation s'effectue à une température élevée dans une solution de sucre concentrée et

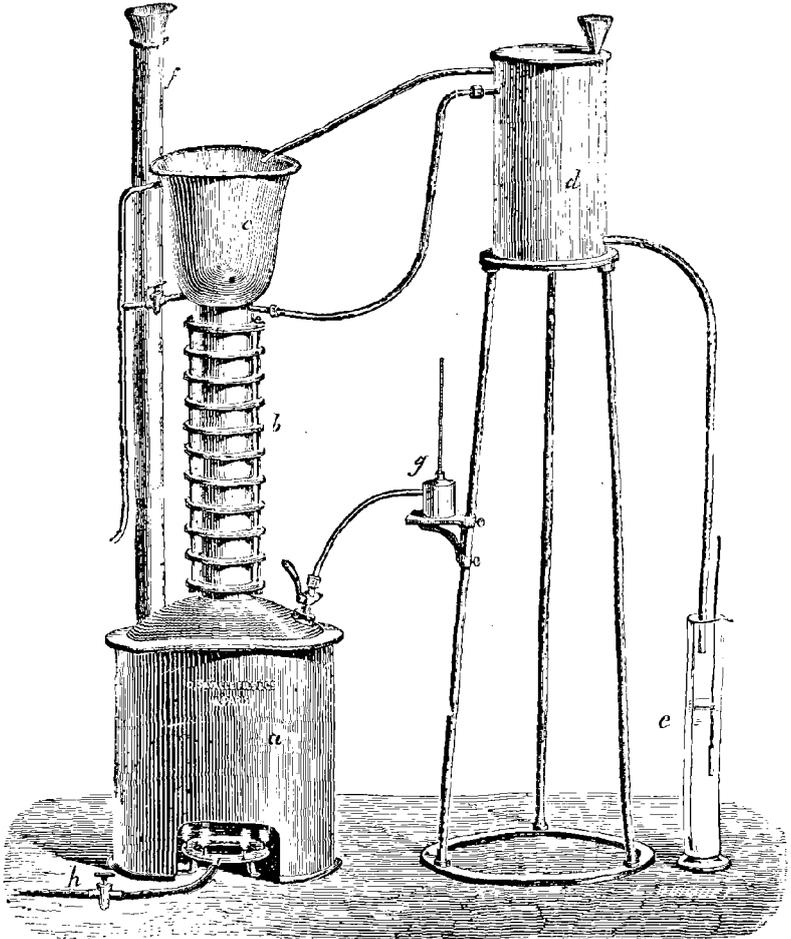


Fig. 541. — Appareil Savalle pour déterminer la teneur alcoolique des vinasses.

en l'absence de l'acide tartrique. Un liquide très-étendu qui fermente à une basse température ne fournit pas d'huile odorante, du moins de l'alcool amylique, lequel ne se trouve jamais dans le vin qui a fermenté en présence d'acide tartrique.

De toutes les huiles odorantes, c'est l'*huile de pommes de terre* qui se trouve en quantité prédominante dans les alcools de grains, de pommes de

terre, etc. ; elle se compose essentiellement d'alcool amylique, $C^5H^{12}O$; c'est une huile incolore et fluide, d'un poids spécifique de 0,818, d'une odeur pénétrante, qui excite la toux, d'une saveur brûlante et qui bout à 129-130°. Les agents oxydants (manganate et permanganate de potassium), un mélange d'acide sulfurique et de chromate de potassium (ou le peroxyde de manganèse, ainsi que le noir de platine), la transforment en acide valérianique ($C^5H^{10}O^2$). Les acides la convertissent de la même manière que l'alcool ordinaire en éthers particuliers. Ces éthers ont presque tous une odeur extrêmement agréable et sont, pour cette raison, employés dans la parfumerie et pour aromatiser des bonbons, etc.

[Les alcools renferment également des acides (de l'acide acétique notamment), qui ont aussi pris naissance pendant la fermentation des liquides vineux, et qui contribuent avec les essences à donner aux produits leur saveur désagréable (voy. p. 277).

Pour un grand nombre d'usages les alcools de pommes de terre, de grains, de betteraves, ne peuvent être employés sans avoir été préalablement *rectifiés*, c'est-à-dire débarrassés des essences et des acides auxquels ils doivent leur mauvais goût et leur odeur désagréable. Mais le plus ordinairement on n'a pas seulement pour but en rectifiant les alcools d'en éliminer les huiles odorantes, on se propose également de les ramener au titre exigé par le commerce.]

Les procédés qui ont été proposés pour l'élimination des essences consistent à décomposer ces corps par oxydation ou chloruration, ou à masquer leur présence et à les transformer en combinaisons d'une odeur moins désagréable ou bien encore à effectuer une élimination véritable. Le chlorure de chaux, le permanganate de potassium, etc., forment des éthers composés (valérates d'amyle, de butyle, de propyle) lorsqu'on rectifie sur ces substances de l'alcool renfermant des huiles odorantes, mais l'action oxydante se fait aussi sentir sur l'alcool éthylique, de telle sorte que la quantité de réactif à employer est extrêmement difficile à déterminer. Si l'on rectifie l'alcool à purifier avec un mélange d'acide sulfurique et de vinaigre, il se forme, outre

un peu d'éther acétique, de l'acétate d'amyle $\left. \begin{matrix} C^5H^9O \\ C^5H^{11} \end{matrix} \right\} O$, qui a une odeur

agréable de fruits. L'acide chlorhydrique et l'acide azotique qui ont été employés pour la purification de l'alcool agissent d'une manière analogue. Le meilleur moyen de désinfection de l'alcool consiste dans l'emploi du *charbon* bien cuit (charbon végétal, de bois de bouleau, de bois de pin, charbon de tourbe, charbon d'os) ; ce corps, mis en contact avec de l'alcool renfermant des huiles odorantes, absorbe celles-ci mécaniquement. Pour purifier l'alcool et l'eau-de-vie à l'aide du charbon, on fait agir celui-ci sur les vapeurs de ces liquides, ou bien on opère par digestion à froid et filtration ; il n'est pas convenable de rectifier l'eau-de-vie ou l'alcool sur le charbon, parce que à la température d'ébullition les huiles odorantes absorbées par le charbon peuvent être facilement redissoutes. Les charbons destinés à la désinfection des alcools doivent être granulés et ensuite tamisés pour sépa-

rer la poussière. Avec le charbon granulé on remplit un cylindre en cuivre dont les deux fonds sont percés de trous, et on le dispose dans l'appareil entre le déflegmateur et le rectificateur de manière que les vapeurs traversent le charbon de bas en haut. Pour 100 litres d'eau-de-vie à désinfecter, on compte [de 3 à 5 kilogrammes de charbon granulé, à travers lequel la même quantité d'esprit peut passer deux fois, avant que sa force absorbante soit épuisée, force qu'on peut régénérer par la calcination. L'appareil de *Falkmann* (fig. 342) se compose essentiellement d'un vase AA en forme de chapiteau, dans lequel sont disposées les cloisons percées de trous *b, b, b*; sur chaque cloison se trouve une couche de charbon, sur

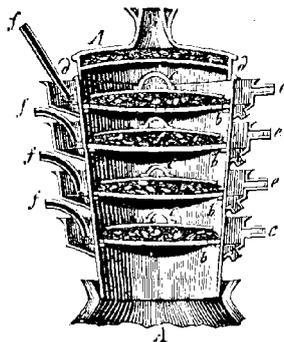


Fig. 342. — Appareil de Falkmann pour la désinfection des alcools.

laquelle est placé un couvercle *c*. Le tout est fermé avec un chapeau qui contient une couche de charbon *dd*. Le réfrigérant qui entoure le vase *A* et qui reçoit par les tubes *f, f, f* le liquide destiné à le refroidir, lequel s'échappe ensuite par les ajutages *e, e, e, e*, sert à régler la température des couches de charbon. Cet appareil est extrêmement énergique, parce que, en réalité, il s'y produit en même temps une désinfection et une déflegmation. Avec 100 kilogrammes de charbon de bois on peut désinfecter 40 hectolitres d'esprit (à 80 degrés).

[La saturation des acides et une seconde distillation ou *rectification* exécutée avec soin sont les seuls moyens réellement pratiques qui permettent de détruire d'une manière satisfaisante le mauvais goût et l'odeur désagréable des alcools. La rectification est basée sur ce fait, que toutes les huiles odorantes sont beaucoup moins volatiles que l'alcool, de sorte qu'en fractionnant le produit on peut arriver, tout en augmentant la richesse des alcools, à opérer la séparation des huiles odorantes. La rectification s'effectue habituellement dans des appareils spéciaux, parmi lesquels nous citerons ceux de *Dubrunfaut* et de *Savalle*, qui sont les plus employés.]

[**Rectificateur de D. Savalle.** — La figure 343 représente la vue en élévation d'un rectificateur *Savalle*, dont voici la légende explicative :

A, chaudière en cuivre ou en tôle, munie intérieurement d'un serpentин chauffeur et destinée à recevoir l'alcool à rectifier ; B, colonne à diaphrag-

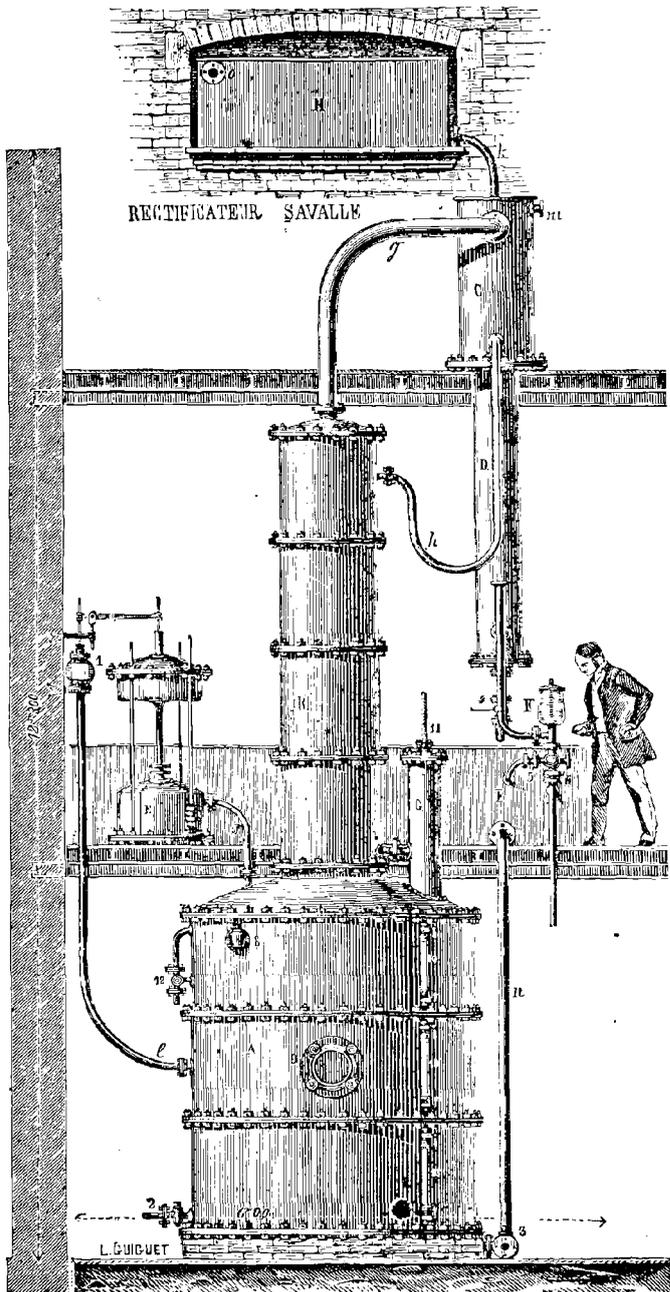


Fig. 543. — Rectificateur Savalle

mes où s'effectuent des distillations multiples ; C, condenseur analyseur tubulaire, dont la fonction est de retourner à l'état liquide, vers la colonne B, les deux tiers des vapeurs alcooliques, et de laisser passer l'autre tiers (dont le degré est élevé) au réfrigérant ; D, réfrigérant, qui liquéfie et refroidit l'alcool rectifié ; E, régulateur automatique de chauffage ; F, éprouvette pour l'écoulement de l'alcool rectifié, indiquant le volume écoulé par heure ; G, dôme de vapeur pour servir, à la fin des opérations, à la séparation et à l'élimination des huiles essentielles lourdes ; H, réservoir à eau froide alimentant par le tube *k* le réfrigérant et le condenseur et muni du trop-plein *o* ; I, réservoir à alcool brut, où sont renvoyés aussi les alcools secondaires ; *g*, tuyau conduisant les vapeurs alcooliques de la colonne au condenseur ; *h*, tube de retour pour les alcools faibles ; *j*, tube pour communiquer la pression au régulateur ; *l*, conduite des vapeurs de chauffage ; *m*, trop-plein des eaux chaudes ; *n*, tuyau pour charger d'alcool brut la chaudière A ; 1, robinet du régulateur à vapeur ; 2, sortie des eaux de condensation de la vapeur de chauffage ; 3, robinet double servant à vider et à emplir la chaudière A ; 4, robinet régulateur pour l'eau de condensation ; 5, robinet d'écoulement des alcools secondaires ; 6, robinet d'écoulement des éthers ; 7, robinet d'écoulement des alcools bon goût ; 8, reniflard pour empêcher l'écrasement de l'appareil ; 9, trou d'homme pour visiter le serpentín de chauffage de la chaudière ; 10, 10', 10'', niveaux d'eau indiquant le volume de liquide contenu dans la chaudière ; 11, thermomètre indiquant les différentes phases de l'opération et le moment où il faut la terminer en soutirant les huiles lourdes.

Conduite de la rectification. — On commence par saturer exactement les acides contenus dans l'alcool brut ; à cet effet, on y ajoute de la chaux vive, de la potasse perlasse et du blanc d'Espagne bien lavé, dans des proportions qui varient nécessairement avec le degré d'acidité de l'alcool, degré qu'il est indispensable de déterminer exactement⁴ ; 50 grammes de chaux par hectolitre sont en général suffisants pour les alcools de betteraves.

L'alcool étant saturé et ramené avec de l'eau à 40 ou 50 degrés, dans le cas où il marque plus de 50 degrés, on le charge dans la chaudière A, puis on fait arriver la vapeur, après avoir ouvert le robinet de purge n° 2 ; quand le contenu de la chaudière est en ébullition, on ferme à moitié le robinet de vapeur, puis on ouvre complètement le robinet d'eau de condensation n° 4. Les vapeurs alcooliques sont alors condensées en C et retournent à l'état liquide par le tuyau *h*, pour garnir successivement tous les plateaux de la colonne B. Dès que tous les plateaux sont garnis d'alcool, le régulateur de vapeur commence à fonctionner, on diminue alors l'arrivée de l'eau froide dans le condensateur C, de façon à ne plus condenser que les deux tiers de la vapeur arrivant en C ; l'autre tiers se rend dans le réfrigérant D et de là dans l'éprouvette E. Les premiers produits marquent 94 degrés ; ils sont *très-éthériques*, d'une odeur âcre, forte, et généralement d'une couleur verte ; on

⁴ Voy. à ce sujet : D. *Savalle*, Appareils et procédés nouveaux de distillation, p. 189.

les fait écouler par le robinet n° 6 dans le réservoir aux produits de mauvais goût, tant qu'ils sont imprégnés de cette odeur piquante; on obtient ainsi 3 p. 0/0 de l'alcool soumis à la rectification. L'alcool s'épure ensuite graduellement, il est d'une qualité supérieure au premier; on le désigne sous le nom de *moyen-goût*, et on le réunit, en ouvrant le robinet n° 5, aux alcools bruts de l'opération du lendemain; après commence, par le fractionnement, le trois-six *bon goût*, qui se reconnaît à sa neutralité, sa douceur et sa limpidité; il continue jusqu'à la fin de l'opération. Quand le thermomètre posé sur le dôme G marque 99 à 100°, on déguste le produit dans l'éprouvette F, et on le fractionne en le renvoyant au réservoir à alcool moyen-goût, aussitôt que l'on observe que sa qualité diminue. Puis, aussitôt que le thermomètre monte à 101°, on fait cesser la production de l'alcool à l'éprouvette F, en ouvrant complètement le robinet d'eau de condensation n° 4. Cette condensation a pour effet de maintenir l'alcool à fort degré dans le condensateur C et dans la partie supérieure de la colonne, pour empêcher ces parties de s'imprégner d'huiles essentielles. Enfin, quand le thermomètre est à 102°, le liquide contenu dans la chaudière est épuisé d'alcool. On ouvre alors le robinet de vidange de la chaudière (n° 3), puis le robinet n° 12 à trois ouvertures, afin de mettre en communication la colonne et le réservoir aux huiles. Enfin, on ferme immédiatement après le robinet de vapeur de chauffage; comme la pression n'est pas maintenue dans la colonne B, les plateaux se vident successivement de haut en bas sur le plateau inférieur, qui communique par le robinet n° 12 avec le réservoir à mauvais goût; à cette période de l'opération, les plateaux de la colonne ne contiennent plus que des huiles essentielles et de l'alcool mauvais goût, que l'on réunit aux produits éthers du début de la rectification.

Grâce au système de déchargement des plateaux de la colonne, les huiles odorantes ne viennent jamais salir le condenseur ni le réfrigérant; elles restent dans les plateaux inférieurs de l'appareil, et ces derniers se trouvent nettoyés par le peu d'alcool à fort degré qui tombe des plateaux supérieurs. — En admettant, comme on l'a dit plus haut, que la chaudière soit chargée de flegmes à 50°, l'opération commence lorsque le thermomètre marque 85°, et elle est terminée dès que la température s'élève à 102°, c'est-à-dire lorsqu'il ne reste plus d'alcool dans l'eau contenue dans la chaudière. — Avec le rectificateur *Savalle*, on obtient des alcools ne marquant pas moins de 96 à 97 degrés centésimaux.

L'*éprouvette-jauge* F, qui est munie d'un thermomètre et d'un aréomètre, indique en même temps au distillateur la température, le degré, la vitesse d'écoulement de l'alcool rectifié, et elle le prévient du moment où il doit le goûter, afin d'en opérer le fractionnement. La construction de l'éprouvette-jauge a pour principe l'écoulement différentiel, par un orifice donné, des liquides soumis à des pressions différentes. La figure 344 représente, sur une plus grande échelle, la disposition de cet appareil, dont voici le mode de fonctionnement.

L'alcool arrivant du réfrigérant par le tube B emplit d'abord la tubu-

lure C, autour du tube gradué F, baigne le robinet de dégustation D et monte pour se déverser graduellement par l'orifice d'écoulement pratiqué en F sur le tube gradué. Cet orifice est fixe pour un même appareil et se trouve une fois pour toutes réglé à la mise en marche ; mais il doit nécessairement varier avec le débit des différents appareils, et, en se rappelant que pour un débit de 100 litres à l'heure la section de l'orifice d'écoulement représente 15 millimètres carrés, on pourra facilement calculer la grandeur à donner à cet orifice pour chacun des appareils auxquels on appliquera l'éprouvette. N'ayant qu'une section d'ouverture restreinte, le jet d'alcool ne peut passer en entier que si la pression l'y oblige. Le niveau du liquide s'élève alors dans l'éprouvette jusqu'au point où la pression qu'il opère sur l'orifice d'écoulement devient assez forte pour faire débiter à l'orifice le volume d'alcool qui arrive. Le niveau du liquide de l'éprouvette subit ainsi des variations que l'on constate par la graduation, dont chaque division correspond à un volume différent et indique la quantité d'alcool écoulée par heure. De l'éprouvette, les alcools se rendent dans un réservoir de distribution G, muni de trois robinets, au moyen desquels on opère le fractionnement des produits. Le robinet K communique avec le réservoir destiné aux alcools mauvais goût ; par I on évacue les alcools secondaires et par J les alcools de bon goût. Comme on le voit, ces robinets sont disposés de telle sorte que, si à la fin d'une opération, la plus petite quantité d'alcool mauvais goût venait à s'échapper, elle irait tomber au fond de la boule G, de laquelle on la ferait ensuite sortir par le robinet K. En plongeant dans l'éprouvette un alcoomètre¹ et un thermomètre, on pourra à chaque instant se rendre compte du degré et de la température de l'alcool qui passe à la distillation. — L'éprouvette-jauge peut également être appliquée aux colonnes distillatoires.]

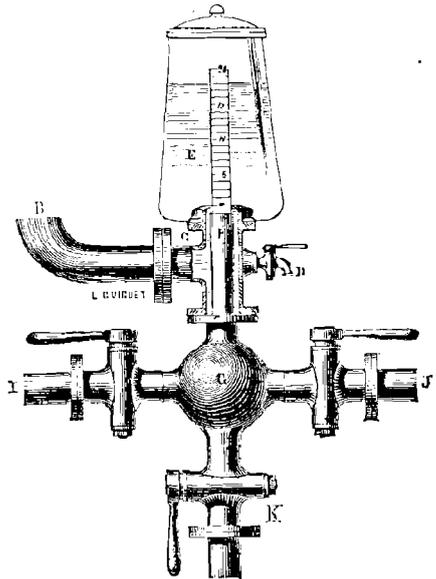


Fig. 544. — Éprouvette-jauge de Savalle.

[**Détermination du degré de pureté des alcools.** — C'est ordinairement

¹ [On construit depuis quelque temps un alcoomètre spécialement destiné à cet usage, dont la tige, longue de 14 centimètres environ, s'adapte parfaitement à l'éprouvette-jauge.]

à l'aide du goût et de l'odorat que l'on juge du degré de pureté des alcools préalablement étendus avec de l'eau. Cette méthode très-imparfaite ne peut, on le comprend, que donner des résultats très-approximatifs; au contraire, avec le procédé imaginé par *D. Savalle* (1877), on peut déterminer avec une exactitude assez grande la quantité des impuretés (éthers et huiles volatiles) que contient un alcool; ce procédé consiste à comparer avec des types la couleur que prend l'alcool soumis à l'essai lorsqu'on le mélange avec un réactif particulier imaginé par *Savalle*. Les types sont au nombre de seize; celui qui est marqué zéro représente l'alcool parfaitement pur et les autres numéros sont formés avec de l'alcool mélangé avec des quantités croissantes d'impuretés (1 à 15 millièmes) et une certaine quantité du réactif de *Savalle*, qui possède la propriété de communiquer à l'alcool une coloration rougeâtre, dont l'intensité est en rapport avec la proportion des impuretés. Pour faire un essai, on mesure une quantité déterminée du réactif avec lequel on mélange à l'aide d'un compte-gouttes et en agitant un égal volume de l'alcool à essayer. Le mélange effectué, on le verse dans un flacon ayant la même forme et la même capacité que ceux où se trouvent les types, et l'on fait la comparaison de la nuance produite avec celle de l'un des types; celui qui offre la couleur du mélange obtenu indique en millièmes la quantité des impuretés contenues dans l'alcool essayé¹.]

Rendement en alcool. — Le rendement en alcool fourni par une matière donnée dépend non-seulement de la proportion des éléments alcooligènes (amidon, dextrose ou sucre de canne) renfermés dans la matière première, mais du plus ou moins de soin que l'on met dans l'exécution de toutes les opérations que nécessite la préparation de l'alcool (préparation du moût, direction de la fermentation). Relativement au premier point, la chimie apprend que :

100 parties d'amidon donnent	56,78 parties d'alcool.
100 — de sucre de canne.	53,80 —
100 — de dextrose.	51,10 —

abstraction faite des produits qui, comme la glycérine et l'acide succinique, ne se forment qu'en petite quantité dans la fermentation alcoolique.

Cependant l'expérience montre que le rendement en alcool est plus petit qu'il ne devait être, en admettant que chaque molécule d'amidon ou de sucre doit fournir 2 molécules d'alcool: ainsi 100 parties de sucre de canne ne donnent pas, comme il est indiqué plus haut, 53,8 parties d'alcool, mais seulement 51,1.

¹ [*D. Savalle* désigne sous le nom de *diaphanomètre* l'ensemble des réactifs et des ustensiles nécessaires pour l'essai des alcools d'après sa méthode, et il livre cet appareil, enfermé dans une boîte avec instruction, au prix de 150 francs.]

100 kilogr. d'orge donnent.	44,64	litres d'eau-de-vie à 50° centés.
100 — de malt d'orge.	54,96	— —
100 — de froment.	49,22	— —
100 — de seigle.	45,80	— —
100 — de pommes de terre.	18,32	— —

[Le rendement alcoolique des betteraves diffère suivant les pays. En Autriche, où l'on cultive des betteraves d'excellente qualité, on obtient en moyenne, d'après *D. Savalle*, 6 p. 0/0 d'alcool à 90 degrés; en France, avec des betteraves cultivées dans de bonnes conditions, le rendement est ordinairement de 5 p. 0/0 d'alcool à 90 degrés, soit un hectolitre avec 2,000 kilogrammes de betteraves.]

Alcoométrie. — Pour déterminer la richesse alcoolique de l'eau-de-vie ou de tout autre liquide alcoolique distillé, qui cependant ne contient pas d'autres éléments que l'alcool et l'eau, on se sert des *aréomètres*, des *alcoomètres*, des *pèse-esprit*, des *pèse eau-de-vie* ou des *pèse-liqueurs*. Le *vaporimètre* et l'*ébullioscope* (voyez pages 172 et 173) sont plus rarement employés dans l'alcoométrie. L'emploi des aréomètres repose sur ce principe, qu'un corps plongé dans un liquide déplace un volume de ce liquide égal à son poids et qu'il perd de son poids une quantité qui est précisément égale au poids du volume du liquide déplacé. D'après la quantité dont le cylindre qui forme l'aréomètre s'enfonce dans le liquide, on apprend quel est le poids spécifique du liquide et de ce poids spécifique on déduit la richesse en alcool. — Les aréomètres les plus employés sont ceux de *Tralles*, de *Richter* et de *Gay-Lussac*. L'aréomètre de *Stoppani* est semblable à celui de *Richter*. Ces aréomètres sont des aréomètres centésimaux, c'est-à-dire que le nombre qui se trouve inscrit au point jusqu'où ils s'enfoncent indique combien l'alcool essayé contient d'alcool pur dans 100 parties. Mais, tandis que les aréomètres de *Tralles* et de *Gay-Lussac* indiquent la richesse centésimale en volume, l'alcoomètre de *Richter* donne cette même richesse en poids. Comme la graduation de l'aréomètre de *Richter* repose sur des suppositions qui ne sont pas tout à fait exactes, les aréomètres de *Tralles* et de *Gay-Lussac* doivent lui être préférés. L'aréomètre de *Tralles* est l'instrument légal employé dans l'Empire d'Allemagne pour la détermination de la richesse des alcools (à 14°,44 R.); en Autriche on se sert également de cet instrument, seulement avec cette différence que les indications sont rapportées à la température de 12° R (= 15° C.). [En France l'alcoomètre légal est l'aréomètre de *Gay-Lussac*, qui donne directement les volumes en alcool absolu, si l'on opère à la température de 15° C.; ses indications diffèrent très-peu de celles de l'aréomètre de *Tralles*. L'aréomètre de *Cartier*, qui n'est qu'une modification de l'aréomètre de *Baumé*, n'est plus guère employé¹.]

¹ Voy. pour plus de détails : *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édition française traduite par *L. Gautier* (pages 1066 et suivantes). Paris, 1877.

318 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

Les tables suivantes donnent, la première les degrés de l'alcoomètre centésimal de *Gay-Lussac* avec les poids spécifiques qui leur correspondent, la seconde la correspondance des degrés de l'alcoomètre de *Gay-Lussac* avec ceux de l'aréomètre de *Cartier*, et la troisième la comparaison des échelles de *Tralles* et de *Richter* entre elles et avec les richesses centésimales réelles et les poids spécifiques correspondant, à la température de 15° C.

1. — CORRESPONDANCE DES DEGRÉS GAY-LUSSAC AVEC LES POIDS SPÉCIFIQUES.

RICHESSE ALCOOLIQUE CENTÉSIMALE EN VOLUME, D'APRÈS GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE A 15° CENTIGR.	RICHESSE ALCOOLIQUE CENTÉSIMALE EN VOLUME, D'APRÈS GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE A 15° CENTIGR.	RICHESSE ALCOOLIQUE CENTÉSIMALE EN VOLUME, D'APRÈS GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE A 15° CENTIGR.
0	1,0000	54	0,9608	68	0,8966
1	0,9985	55	0,9594	69	0,8952
2	0,9970	56	0,9581	70	0,8907
3	0,9956	57	0,9567	71	0,8882
4	0,9942	58	0,9555	72	0,8857
5	0,9929	59	0,9558	75	0,8854
6	0,9916	40	0,9523	74	0,8805
7	0,9903	41	0,9507	75	0,8779
8	0,9891	42	0,9491	76	0,8753
9	0,9878	43	0,9474	77	0,8726
10	0,9867	44	0,9457	78	0,8699
11	0,9855	46	0,9440	79	0,8672
12	0,9844	47	0,9422	80	0,8645
13	0,9833	48	0,9404	81	0,8617
14	0,9822	49	0,9386	82	0,8589
15	0,9812	50	0,9367	85	0,8560
16	0,9802	51	0,9348	84	0,8531
17	0,9792	52	0,9329	85	0,8502
18	0,9782	53	0,9309	86	0,8472
19	0,9773	54	0,9289	87	0,8442
20	0,9763	55	0,9269	88	0,8411
21	0,9753	56	0,9248	89	0,8379
22	0,9742	57	0,9227	90	0,8346
25	0,9732	58	0,9206	91	0,8312
24	0,9721	59	0,9185	92	0,8278
23	0,9711	60	0,9163	95	0,8242
26	0,9700	61	0,9141	94	0,8206
27	0,9690	62	0,9119	95	0,8168
28	0,9679	63	0,9096	96	0,8128
29	0,9668	64	0,9073	97	0,8086
30	0,9657	65	0,9050	98	0,8042
31	0,9645	66	0,9027	99	0,8006
32	0,9633	67	0,9004	100	0,7947
33	0,9621	68	0,8980		

II. — CORRESPONDANCE DES DEGRÉS GAY-LUSSAC AVEC LES DEGRÉS CARTIER.

DEGRÉS GAY-LUSSAC.	DEGRÉS CARTIER.	DEGRÉS GAY-LUSSAC.	DEGRÉS CARTIER.	DEGRÉS GAY-LUSSAC.	DEGRÉS CARTIER.	DEGRÉS GAY-LUSSAC.	DEGRÉS CARTIER.
0	10	26	14 1/8	52	19 5/4	78	29 5/4
1	10 1/4	27	14 1/4	55	20 1/8	79	30 1/4
2	10 3/8	28	14 3/8	54	20 5/8	80	30 3/4
3	10 5/8	29	14 1/2	55	20 3/4	81	31 1/4
4	10 3/4	30	14 5/8	56	21	82	31 5/4
5	10 7/8	31	14 7/8	57	21 5/8	83	32 1/4
6	11 1/8	32	15	58	21 5/4	84	32 3/4
7	11 1/4	33	15 1/4	59	22	85	33 1/4
8	11 1/2	34	15 5/8	60	22 5/8	86	33 7/8
9	11 3/8	35	15 5/8	61	22 3/4	87	33 3/8
10	11 3/4	36	15 5/4	62	23 1/8	88	35
11	11 1/8	37	16	65	23 1/2	89	35 5/8
12	12 1/8	38	16 1/8	64	23 7/8	90	36 1/8
13	12 1/4	39	16 3/8	65	24 1/4	91	36 7/8
14	12 3/8	40	16 5/8	66	24 5/8	92	37 1/2
15	12 1/2	41	16 7/8	67	25	95	38 1/4
16	12 5/8	42	17 1/8	68	25 5/8	94	38 7/8
17	12 3/4	43	17 5/8	69	25 3/4	95	39 5/8
18	12 7/8	44	17 5/8	70	26 1/4	96	40 1/2
19	13	45	17 7/8	71	26 5/8	97	40 1/4
20	13 1/4	46	18 1/8	72	27	98	42 1/4
21	13 3/8	47	18 5/8	75	27 1/2	99	45 1/8
22	13 1/2	48	18 5/8	74	27 7/8	100	44 1/8
23	13 5/8	49	18 7/8	75	28 5/8		
24	13 3/4	50	19 1/4	76	28 7/8		
25	13 7/8	51	19 1/2	77	29 1/4		

III. — CORRESPONDANCE DES ÉCHELLES DE TRALLES ET DE RICHTER, DES RICHESSES CENTÉSIMALES ET DES POIDS SPÉCIFIQUES.

POIDS SPÉCIFIQUE.	RICHESSE EN POIDS	RICHESSE CENTÉSIMALE	RICHESSE CENTÉSIMALE
	RÉELLE.	EN POIDS D'APRÈS RICHTER.	EN VOLUME D'APRÈS TRALLES.
0,990	4,99	5	6,25
0,981	11,11	10	15,75
0,972	18,12	15	22,20
0,964	24,85	20	30,16
0,956	29,82	25	36,50
0,947	35,29	30	42,12
0,937	40,66	35	48,00
0,926	46,00	40	55,66
0,915	51,02	45	58,82
0,906	54,85	50	62,65
0,899	60,54	55	67,96
0,885	64,79	60	72,12
0,872	69,79	65	76,66
0,862	74,66	70	80,56
0,850	78,81	75	84,43
0,838	85,72	80	88,54
0,827	88,56	85	91,85
0,815	92,54	90	95,05
0,805	96,77	95	97,55
0,795	99,60	100	99,55

Les alcoomètres généralement employés en Allemagne, de même qu'en France, sont des alcoomètres centésimaux, qui indiquent combien de volumes d'alcool sont contenus dans 100 volumes du liquide alcoolique. De l'eau-de-vie à 50° *Tralles* ou à 50° *Gay-Lussac* est par conséquent de l'eau-de-vie qui, dans 100 litres, renferme 50 litres d'alcool, ou de 100 litres de laquelle on peut retirer 50 litres d'alcool. Si l'on considère que lorsqu'un mélange de l'alcool et de l'eau il se produit une condensation et une diminution de volume considérable, que 50 litres d'alcool et 50 litres d'eau ne donnent que 96 lit. 375, il en résulte que 100 litres d'un tel mélange ne contiennent pas 50 litres d'alcool, mais 51 lit. 880.

Résidus des distilleries. — Il existe entre la fabrication de l'alcool et l'agriculture et surtout l'alimentation du bétail des rapports extrêmement importants. La fabrication de l'alcool laisse des résidus qui sont encore convenables pour alimenter le bétail : en réalité elle n'extrait des substances amylacées qu'elle emploie que l'alcool, qui, par la fermentation, s'est formé dans la trempé, et elle laisse sous une forme concentrée, non altérée par la fermentation, tous les principes nutritifs renfermés dans les pommes de terre, les céréales ou les betteraves. D'après cela, il est évident que, si les frais occasionnés pour l'extraction du produit (alcool ou eau-de-vie) sont restitués par celui-ci, les résidus des distilleries sont aussi des substances alimentaires, obtenues sans frais, dont la production occupe le premier plan, tandis que l'eau-de-vie prend la place d'un produit secondaire.

La distillation des pommes de terre, considérée comme industrie agricole, est essentiellement basée sur la décomposition chimique de la substance des pommes de terre en un aliment pour le bétail et en un produit d'une valeur proportionnellement très-concentrée, très-facile à conserver et à transporter — la *vinasse* et l'*alcool*. Il n'est possible de juger exactement si, dans un cas donné, la distillerie, combinée avec l'agriculture, peut ou ne peut pas être établie avec avantage, que si l'on considère l'importance qu'elle a par rapport à l'élevage du bétail, aussi bien que relativement à la possibilité, résultant de l'augmentation de l'engrais produit, de cultiver en pommes de terre, etc., un sol sablonneux, si en outre on établit un compte exact et détaillé des frais et du revenu et si on fait la balance des recettes et des dépenses. Le coût de la matière première, la main-d'œuvre, la surveillance, le combustible, l'usure des ustensiles, l'intérêt du capital foncier et d'exploitation, l'impôt de l'eau-de-vie (ou du malt) et les autres impôts constituent les *frais*. Le *revenu* se compose de l'alcool (ou de l'eau-de-vie) et de la vinasse. Il est à peine besoin de mentionner que le prix des matières premières doit être mis au nombre des principaux facteurs, qui déterminent le revenu de la distillerie. Une comparaison de ce prix avec la valeur du produit obtenu fait donc aussi reconnaître immédiatement si dans le cas donné il peut encore être question d'un profit. La deuxième partie du revenu se compose des résidus de la distillerie, de la *vinasse*, qui doivent être également évalués en argent, ce qui présente des difficultés, parce que les opinions des agronomes et des chimistes-agriculteurs,

relativement à la valeur nutritive de ces résidus, différent et doivent différer encore notablement, si l'on considère que la vinasse ne peut jamais avoir une composition constante, que ses qualités dépendent des matières premières qui l'ont fournie, du procédé employé pour la distillation, de la perfection plus ou moins grande avec laquelle ont été effectués le démêlage et la fermentation, etc.

Vinasse. — La *vinasse* est un liquide dans lequel se trouvent en solution ou en suspension de la fécule non décomposée, de la dextrine, des corps peptiques, des substances protéiques, de la matière grasse, de petites quantités de sucre, des glumes, de l'acide succinique, de la glycérine, des sels et des éléments de levûre. Elle ne renferme que 4 à 10 pour 100 de substance sèche. Cette variabilité dans la teneur en substance sèche dépend de la variation de composition de la matière première, de la différence dans la quantité d'eau ajoutée pour le démêlage et de l'inégalité avec laquelle la trempé fermentée absorbe l'eau pendant la distillation. *Ritthausen* a obtenu les résultats suivants en analysant différentes sortes de vinasses de pommes de terre, dans lesquelles la proportion relative de substance sèche et d'eau était pour I 1 : 7,5, pour II 1 : 6, pour III 1 : 4,08, pour IV 1 : 4, pour V : 1,5 :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Substances non azotées. . .	2,78	3,25	3,08	4,14	5,31
Substances protéiques. . .	0,82	1,04	1,26	1,59	1,78
Celulose	0,46	0,43	0,94	0,78	1,00
Cendre.	0,52	0,59	0,72	0,79	0,01
Eau	95,40	94,71	94,00	92,90	90,90

Lorsque dans une distillerie on emploie les pommes de terre et le malt toujours dans les mêmes proportions et toujours de même qualité, lorsqu'en outre la trempé possède une concentration uniforme et que du reste le procédé employé est toujours le même, la vinasse doit avoir une composition assez constante. On peut admettre qu'en moyenne les trois quarts des éléments solides de la vinasse sont des substances nutritives, que la proportion relative des matières non azotées et des matières azotées est en moyenne = 1 : 3, tandis que dans les pommes de terre elle est comme 1 : 8. En se transformant en vinasse celles-ci perdent la plus grande partie de leurs éléments non azotés, et de cette façon elles deviennent un aliment riche en substances protéiques. Dans la pratique, on considère 150 à 250 kilogrammes de vinasse de pommes de terre comme équivalents à 50 kilogrammes de foin.

Comme la vinasse contient 0,75 à 1 pour 100 de glycérine, on pourrait en la traitant par la vapeur d'eau à haute pression en extraire la *glycérine* par distillation, sans diminuer beaucoup sa valeur nutritive.

[Les résidus de la fabrication de l'alcool avec les grains sont de la *vinasse*, quand on opère par distillation de la masse pâteuse, ou de la *drèche* (voy. p. 265), lorsque, comme en Angleterre, on prépare un véritable moult.

Les résidus provenant de la fabrication de l'alcool avec les betteraves sont, comme ceux de l'extraction du sucre, tout à fait convenables pour l'ali-

mentation du bétail, après avoir été mélangés avec d'autres aliments. Avec la méthode de *Champonnois* on obtient une pulpe à peu près cuite, qui représente environ 80 pour 100 du poids total des betteraves employées; la méthode de *Leplay* fournit 50 pour 100 de pulpe complètement cuite, qui est plus digestible et moins altérable que la précédente; enfin lorsqu'on opère par râpage et expression du jus, les résidus que l'on obtient sont tout à fait semblables à ceux des sucreries (voy. p. 95).

Dans la grande distillerie de *Tilloy, Deleune* et C^{ie}, à Courrières (Pas-de-Calais), on prépare un excellent engrais pour le sol avec les vinasses provenant de la distillation des grains saccharifiés par les acides. Dans ce but, on reçoit les vinasses dans des citernes et on les y laisse en repos pendant plusieurs jours; la majeure partie des substances azotées se précipite et quand le liquide surnageant s'est éclairci, on le décante. Le dépôt égoutté, puis desséché par la chaleur, se présente sous forme d'une matière pulvérulente de couleur gris-noirâtre et presque sèche. Cet engrais, désigné sous le nom de *guano artésien*, renferme en moyenne 4,25 pour 100 d'azote. Avec 100 kilogrammes de maïs on obtient 20 à 25 kilogrammes de guano, qui est vendu 15 francs les 100 kilogrammes.]

Levûre pressée ou levûre sèche. — Bien que dans la fermentation du moût de bière houblonné il se forme de la levûre (levûre superficielle et levûre de dépôt) en quantité considérable et que cette levûre puisse être employée dans la plupart des cas où il s'agit de produire une fermentation alcoolique, on ne doit cependant pas s'en servir à l'état impur pour certains usages, par exemple pour la préparation du pain, à cause de sa saveur amère de houblon. Si l'on cherche à éliminer les éléments amers par des lavages ou, comme *Trommer* l'a récemment recommandé, en dissolvant la levûre dans une lessive alcaline et la précipitant de cette dissolution par de l'acide sulfurique étendu, elle perd toujours de son activité. En outre, la production de la levûre dans l'industrie de la bière est une chose tout à fait accessoire, et tout ce qui concerne sa quantité et sa qualité doit être mis au second plan vis-à-vis des mêmes considérations relativement à la bière. La fabrication de la levûre devait donc naturellement s'établir comme branche d'industrie particulière et indépendante et en même temps donner naissance à une source de ce produit si important, source destinée à le fournir plus abondant et meilleur et aussi plus avantageusement au point de vue économique. Bien que la fabrication de la levûre produise souvent celle-ci par la fermentation alcoolique, on cherche cependant, depuis que les recherches de *O. Brefeld* (1872-1875) semblent avoir démontré que l'accroissement de la levûre et la fermentation alcoolique doivent être séparés l'un de l'autre, à faire de la levûre le produit principal et à diriger la fermentation de manière à atteindre ce but.

Les études exactes faites dans ces derniers temps sur la nature de la levûre et les conditions de sa propagation ont permis d'établir sur des bases rationnelles la préparation de la levûre pressée (voy. p. 155). Ainsi qu'il résulte de ce qui a été dit précédemment, la production de la levûre ressemble à la

culture d'une plante, on dépose des cellules de levûre bien développées dans un sol, qui offre les conditions favorables à la végétation de la levûre et qui contient les aliments nécessaires en quantité suffisante. D'après une opinion confirmée par la pratique, les solutions des substances protéiques, notamment du gluten et des corps albuminoïdes analogues des céréales, constituent un aliment tout à fait convenable pour les cellules de levûre. On démêle suivant la manière ordinaire du malt d'orge concassé (1 partie) avec du seigle moulu (3 parties) et l'on refroidit la trempe avec de la vinasse claire. Pour 100 kilogrammes de grain moulu on ajoute 500 grammes de carbonate de sodium et ensuite 350 kilogrammes d'acide sulfurique étendu d'eau et l'on met la trempe en fermentation avec de la levûre. Du liquide en pleine fermentation on enlève la levûre à l'aide d'une écumoire, on la passe à travers une toile de lin ou un tamis et on la reçoit dans de l'eau froide où on la laisse se déposer. Le dépôt est pressé jusqu'à ce qu'il forme une pâte malléable, que l'on mélange ordinairement avec 4 ou 10 pour 100 (et même quelquefois 24 pour 100) de fécule de pommes de terre pour la mieux déshydrater. Quelquefois on élimine l'eau de la levûre pressée en la plaçant sur des corps absorbants — briques poreuses ou plaques de plâtre — ou encore mieux en la soumettant à l'action de la force centrifuge. Le carbonate de sodium semble avoir pour effet de faire passer le gluten des grains à l'état soluble, l'acide sulfurique favoriserait également cette transformation, s'opposerait à la formation de l'acide lactique, qui ne pourrait se produire qu'aux dépens de l'amidon et entraînerait par conséquent une diminution de l'alcool, et enfin il hâterait la séparation des globules de levûre. Les observations de Pasteur et d'autres, en admettant qu'elles soient exactes, ont au point de vue pratique une grande importance pour la fabrication de la levûre ; ces observateurs ont vu que les spores de levûre se transforment en cellules dans un liquide *ne contenant pas de matières protéiques*, notamment dans une dissolution de sucre mélangée avec du tartrate d'ammonium, du phosphate de potassium et du phosphate de magnésium. D'après cela, la levûre prendrait, comme les plantes à organisation plus élevée, les matières nécessaires pour le développement de nouvelles cellules à la nature inorganique, l'azote à l'ammoniaque, le carbone à l'acide carbonique résultant de la décomposition du sucre.

Relativement au *rendement en levûre pressée*, on peut évaluer à 15 ou 16 kilogrammes de levûre faite la quantité fournie par 100 kilogrammes de seigle, y compris le malt nécessaire ; comme la quantité réelle de la levûre proprement dite ou de la substance azotée s'élève tout au plus à 20 pour 100 dans la levûre pressée, la valeur nutritive de la vinasse produite dans la fabrication de la levûre, n'est que peu diminuée, du moins en ce qui concerne la substance azotée.

[A Paris on emploie dans la boulangerie, notamment pour la préparation des pains viennois, d'assez grandes quantités de levûre pressée ; cette levûre était autrefois expédiée de Vienne, de la Moravie et de la Hollande et revenait à prix élevé, mais maintenant elle est préparée sur une grande

échelle dans la distillerie de grains établie par le baron *Max Springer*, à Maisons-Alfort, près Paris.]

Levûre artificielle. — Nous mentionnerons encore la *levûre artificielle*, dont la destination essentielle consiste uniquement à transmettre la fermentation de la trempé ou du moût qui fermente aujourd'hui à la trempé ou au moût à faire fermenter le lendemain, et qui est pour la fabrication de l'alcool ce qu'est le levain pour la préparation du pain. Il existe un grand nombre de procédés pour la préparation de la levûre artificielle et des ferments artificiels en général; tous ceux que l'on connaît actuellement peuvent être rapportés à l'une des catégories suivantes: 1° la trempé est simplement mise en fermentation avec une petite quantité du moût de la veille en pleine fermentation; 2° au moyen d'un siphon, on soutire du moût en pleine fermentation une petite quantité de la partie liquide, on laisse cette portion fermenter et on s'en sert pour mettre la trempé du lendemain en fermentation; 3° dès que dans la trempé mise la dernière en fermentation la formation de la levûre est parvenue à son summum d'intensité, on mélange une partie de la levûre qui monte à la surface avec le moût à faire fermenter, dont on élève la température jusqu'au degré nécessaire pour la fermentation. Au bout de quelques heures ce moût peut être employé pour faire partir une fermentation. Lorsqu'il s'agit de préparer de la levûre artificielle véritable, on fait comme pour la préparation de la levûre pressée, une trempé de malt et de grains moulus avec de l'eau, de la vinasse ou du moût de pommes de terre frais, que l'on met en fermentation avec de la levûre de bière ou de la levûre-mère, c'est-à-dire un reste du ferment artificiel lui-même conservé pour cet usage.

FABRICATION DU PAIN

Généralités. — Le but de la *préparation du pain* est de modifier chimiquement et physiquement les propriétés de la farine des céréales, de manière à faire passer celle-ci dans l'état le plus convenable pour être facilement divisée entre les dents et imbibée par la salive, et par suite digérée avec plus de facilité. Si on pétrit de la farine avec de l'eau de manière à en faire une pâte, on obtient après dessiccation à la température ordinaire une sorte de gâteau, qui contient inaltérés et à l'état insoluble des grains d'amidon et qui n'est digéré que difficilement, abstraction faite de ce que, à cause de sa saveur fade, il n'excite pas l'appétit. Si la dessiccation s'effectue à la température d'ébullition de l'eau, le gâteau ressemble à de l'empois desséché, qui oppose de grandes difficultés à la digestion. Si cette température n'agit qu'à la surface et non à l'intérieur de la pâte, celle-ci aura un aspect qui dans le milieu sera à la fois farineux et vitreux; c'est ainsi que sont les biscuits d'embarquement, qui peuvent toujours être considérés comme une pâte fortement desséchée et qui ont sur le pain cuit l'avantage de pouvoir se conserver longtemps, mais aussi l'inconvénient d'avoir une saveur fade et

d'être difficiles à digérer. Par la cuisson on veut atteindre deux buts différents : premièrement la masse du pain proprement dite doit être chauffée assez pour que l'amidon se désagrège, passe à l'état d'empois et non de manière à ce que la pâte se transforme en une masse solide cassante ou compacte, mais qu'elle se boursoufle et que, l'opération terminée, elle se présente avec l'aspect poreux et spongieux que l'on connaît ; deuxièmement, on veut par la cuisson griller la surface du pain, afin de la transformer en croûte, ce qui communique au pain non-seulement la saveur agréable qui le caractérise, mais encore la propriété de pouvoir être conservé longtemps sans s'altérer sensiblement. Le moyen le plus généralement employé pour rendre la pâte poreuse est la fermentation alcoolique que l'on fait naître en ajoutant un ferment, du *levain* ou de la *levûre* ; une petite portion de l'amidon de la farine se transforme en glucose, qui se dédouble en alcool et acide carbonique, et ce dernier cherche à se dégager, mais il en est empêché par la ténacité de la pâte. L'alcool produit en même temps que l'acide carbonique ne joue ici aucun rôle. Avec de la farine de froment et de la levûre, on obtient le *pain blanc* ; avec de la farine de seigle ou un mélange de celle-ci avec de la farine de froment et du levain on obtient le *pain noir*. Heeren a trouvé en moyenne 13 pour 100 d'humidité dans la farine telle qu'on l'emploie ordinairement pour la préparation du pain.

Les matières premières de la préparation du pain sont de la *farine*, de l'*eau* et un *ferment*, en outre, du sel, des épices, etc. La composition des espèces de farines les plus importantes est la suivante :

	a.	b.	c.	d.
Eau	15,54	14,60	14,00	11,70
Albumine.	1,54	1,56	1,20	1,24
Mucine.	1,76	2,92	3,60	3,25
Caséine	0,37	0,90	1,54	0,45
Fibrine.	5,19	7,36	8,24	14,84
Gluten	3,50	—	—	—
Gomme.	6,25	4,10	6,85	2,81
Matière grasse	1,07	1,80	2,23	5,67
Amidon.	65,64	64,28	53,15	58,13
Sucre.	2,55	3,46	3,00	2,19
Sable.	—	—	6,85	—

a. Farine de froment ; b. Farine de seigle ; c. Farine d'orge ; d. Farine de sarrasin. Indépendamment de ces farines, on emploie aussi dans certaines localités, pour la préparation du pain, les farines de maïs, de pois, de haricots, etc. La farine de froment donne 1,03 à 1,5 pour 100 de cendre ; la cendre se compose de 49,7 pour 100 d'acide phosphorique, de 31,8 pour 100 de potasse, de 14,7 pour 100 de magnésie, de 4,2 pour 100 de chaux, etc.

[Le son séparé de la farine par le blutage et qui forme 18 à 20 pour 100 du produit de la mouture, offre, d'après Poggiale, la composition suivante :

Eau	12,609
Sucre, dextrine, etc.	9,668
Matières azotées	12,998
— grasses	2,877
Amidon	21,692
Cellulose	55,575
Cendres	5,514
	<hr/>
	99,973

Une portion des matières azotées du son est constituée par un ferment soluble analogue à la diastase, auquel on a donné le nom de *céréaline*. Cette substance transforme l'amidon en sucre, qu'elle convertit ensuite en acide lactique et acide butyrique; en outre, elle fait subir au gluten une altération particulière, dont le produit final est une matière gommeuse colorée en brun; elle est rendue inactive par l'alcool et le sel marin. Suivant *Mège-Mouriès*, c'est à l'action de la *céréaline* que doivent être attribuées l'acidité et la coloration noire du pain préparé avec de la farine contenant du son.]

Les principales phases de la préparation du pain sont :

1° **Hydratation.** — *L'hydratation*, qui consiste à délayer la farine avec de l'eau de manière à en former une pâte, est la première manipulation effectuée par le boulanger. Elle a pour but de dissoudre la dextrine, le sucre de raisin (dont la quantité est augmentée pendant l'hydratation par l'action du gluten sur l'amidon) et quelques corps albuminoïdes et de pénétrer d'eau, de ramollir et de désagréger les éléments insolubles de la farine, le gluten notamment, ainsi que l'amidon. On ajoute en même temps que l'eau le ferment, le levain ou la levûre (levûre pressée).

Sous le nom de *levain*, on comprend cette quantité de pâte en fermentation que l'on prélève pour l'opération suivante; le levain se compose d'un mélange de farine et d'eau, dans lequel, sous l'influence des corps protéiques de la farine convertis en ferments (levûre et ferment lactique), une portion de l'amidon s'est transformée en sucre de raisin et a subi ensuite les fermentations alcoolique et acétique, tandis que une autre portion plus considérable est entrée en fermentation lactique. Le levain transmet à la pâte la fermentation et il agit de la même manière que le moût en fermentation sur le moût sucré, c'est-à-dire comme de la levûre. La pâte prélevée à la fin de la dernière opération prend le nom de *levain de chef*. Conservé pendant longtemps, le levain n'est plus propre à agir comme ferment et il entre peu à peu en putréfaction. On ne peut rien indiquer de certain sur la proportion de levain que l'on doit ajouter à la pâte, parce que cette proportion dépend de l'espèce du pain à préparer, du degré d'acidité et de la qualité du levain, etc. On compte ordinairement pour 100 parties de farine 4 parties de levain, ou 3 parties de levain pour 80 parties de pain. Lorsqu'on emploie de la levûre, on prend 2 parties de levûre pressée pour 100 parties de farine. L'hydratation se fait avec de l'eau tiède à une température de 21° à 37°. [La quantité de sel qui entre dans la confection du pain varie avec les différents pays;

ainsi en France, on prend généralement 500 à 600 grammes de cette substance pour 160 kilogrammes de farine, tandis que, en Angleterre, on en emploie 2 kilogrammes par 125 kilogrammes de farine; le sel est jeté sur le levain ou dissous dans l'eau.]

2° **Pétrissage.** — La pâte fluide ainsi obtenue et qui se compose de farine, d'eau et de ferment est, après avoir été saupoudrée de farine, abandonnée à elle-même dans un endroit où la température est douce et uniforme (généralement pendant la nuit). Alors le ferment, en agissant sur la dextrose de la pâte, donne naissance à la *fermentation panaire*; par suite du dégagement de l'acide carbonique la pâte se soulève (*elle lève*). Au moyen du *pétrissage*, on incorpore de la farine à la pâte levée, parce qu'elle n'a pas assez de consistance pour pouvoir être cuite. Si l'on procède suivant la manière ordinaire, d'après laquelle on ne délaye d'abord qu'un tiers de la farine avec l'eau, on mêle en pétrissant les deux autres tiers et l'eau nécessaire pour la formation d'une pâte normale. Après le pétrissage on saupoudre la pâte avec de la farine et on la laisse lever encore une fois dans un lieu à température douce; il faut pour cette fermentation plus de moitié moins de temps que pour la première. Dans la plupart des boulangeries on néglige maintenant la deuxième fermentation, et immédiatement après le pétrissage on procède au *tournage* de la pâte, c'est-à-dire qu'on la divise en pâtons ayant la forme que l'on donne ordinairement aux pains.

Pendant le tournage la pâte s'est affaïssée, aussi doit-on la laisser fermenter pendant quelque temps dans un lieu chaud, afin qu'elle lève de nouveau (*apprêt*). En général, cette fermentation s'effectue dans des corbeilles ou des toiles que l'on saupoudre avec un peu de remoulage afin d'empêcher les pâtons d'adhérer. Le volume de la pâte augmente presque du double. Pendant la fermentation on humecte fréquemment les pâtons avec de l'eau tiède, si c'est du pain de seigle que l'on prépare, afin que la surface ne se fendille pas. Cette opération est aussi renouvelée immédiatement avant l'enfournement. L'eau ramollit la couche superficielle de la pâte et dissout un peu de la dextrine qui, après l'évaporation de l'eau reste à la surface (croûte) et donne de l'éclat au pain. Lorsque les pains sont suffisamment levés et qu'ils ont une odeur alcoolique particulière, il est temps d'arrêter la fermentation par la cuisson. Comme pendant la cuisson le pain perd beaucoup de son poids par suite de l'évaporation de l'eau et comme en outre le poids du pain est déterminé par l'autorité, on doit prendre plus de pâte que doit peser le pain cuit. Le poids de pâte qui doit être pris pour un pain de poids déterminé diffère avec la grosseur du pain, et la quantité à prendre en plus est d'autant plus grande que le pain est plus petit. Suivant la grosseur du pain la pâte peut perdre à la cuisson jusqu'à 25 pour 100 de son poids. Cette particularité tient à ce que plus le pain est petit, plus il a de croûte proportionnellement à la mie et en outre à ce que la croûte contient moins d'humidité que la mie.

Pétrins mécaniques. Le pétrissage de la pâte avec les mains et les bras est un travail extrêmement fatigant, auquel on a fait souvent le reproche d'être

malpropre et nuisible à la santé. Sans examiner jusqu'à quel point ces reproches sont justifiés, nous devons toutefois reconnaître que la méthode actuelle de pétrissage entraîne une fatigue corporelle extrêmement grande; c'est pourquoi on a songé il a déjà longtemps à exécuter le pétrissage au moyen de machines. Bien qu'il soit impossible de faire exécuter par des machines un travail manuel dans lequel le sens du toucher joue un rôle et que les *pétrins mécaniques* ne soient pas d'un emploi général, ils ont cependant été adoptés dans toutes les boulangeries où l'on ne prépare qu'une seule espèce de pain. Parmi les nombreux pétrins mécaniques proposés jusqu'à ce jour nous mentionnerons d'abord celui de *Clayton*, qui est représenté par la figure 345. Les éléments de la pâte sont introduits dans le pétrin cylin-

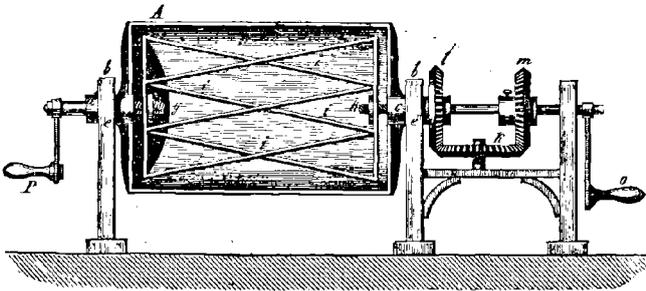


Fig. 345. — Pétrin de Clayton.

drique A ; celui-ci repose sur le support *b, b* au moyen des tourillons creux *c* et *d*, qui tournent sur les coussinets *e* et *e'*. A l'intérieur du cylindre se trouve un châssis, qui est mis en mouvement autour des tourillons *g* et *h*. Les deux moitiés de ce châssis sont unies l'une à l'autre à l'aide de couteaux en diagonale *i, i'*, qui travaillent la pâte pendant la rotation du pétrin. Le mouvement du pétrin et celui du châssis ont lieu en sens inverse. La manivelle *o* est adaptée à l'axe du pétrin et la manivelle *P* au châssis. En faisant tourner les deux manivelles en sens contraire, le pétrin et le châssis se meuvent en sens inverse. La rotation des deux parties de l'appareil peut être aussi produite par un seul homme à l'aide d'une seule manivelle; pour cela l'arbre *h* de la manivelle *o*, qui en traversant le tourillon creux *c* va s'unir au châssis et entraîne celui-ci dans son mouvement de rotation, est pourvu d'une roue conique *m*; celle-ci s'engrène avec la roue *k*, qui à son tour fait tourner une roue *l* fixée au tourillon creux du pétrin; par conséquent, si la roue *m* tourne à droite, la roue *l* doit tourner à gauche. [Le pétrin de *Rolland* consiste en une auge cylindrique en bois, revêtue de tôle étamée, dans laquelle se meut un axe portant une série de lames courbes, dont les extrémités sont réunies par des traverses; sur ces traverses sont fixées d'autres lames plus courtes et libres à l'extrémité tournée du côté de l'axe; en outre, ces deux séries de lames sont disposées de façon que les plus courtes se trouvent dans le prolongement des grandes lames

qui leur sont directement en regard sur l'axe. Avec cet appareil le pétrissage de la pâte s'effectue en très-peu de temps. Parmi les autres pétrins mécaniques, on peut encore citer ceux de *Bolland*, de *Disdier* (pétrin à chariot), de *Lambert* (pétrin à compartiments) et de *Fontaine* qui présentent chacun leurs avantages particuliers.]

3° **Cuisson.** — La transformation en pain de la pâte levée et remaniée (fournée) s'effectue par la *cuisson* dans le *four*, qui est formé le plus ordinairement d'une sole ronde ou ovale recouverte d'une voûte et qui est muni en avant d'une ouverture (*la gueule du four*) pour l'enfournement du pain et l'introduction du combustible. Le four est construit en briques ou en argile, la sole est recouverte de carreaux de briques ou d'argile battue. La voûte de forme elliptique doit être aussi basse que possible, afin que la chaleur puisse bien se réfléchir. La gueule peut être fermée avec une porte en tôle ou en fonte; comme la gueule doit en même temps livrer passage à la fumée, il se trouve à sa partie supérieure un canal qui conduit la fumée dans la cheminée. Indépendamment de la gueule il y a ordinairement deux autres petites ouvertures par lesquelles, au moyen de copeaux enflammés, on éclaire le four pendant l'enfournement du pain. L'air nécessaire pour faire brûler le combustible arrive par la partie inférieure de la gueule, tandis que les gaz de la combustion et la fumée, qui sont très-désagréables pour le chauffeur, sortent par la partie supérieure. Aussi les fours offrent-ils une disposition plus convenable, lorsque la gueule ne sert que pour le chauffage et que la fumée se dégage par des ouvertures, qui se trouvent à la partie postérieure de la voûte et qui peuvent être fermées au moyen d'un tiroir.

La figure 346 montre la coupe verticale d'un four de ce genre dont la sole est représentée par la figure

347. La sole A, inclinée d'arrière en avant, a une largeur de 3^m,40 et une longueur de 4 mètres et elle est recouverte d'une voûte qui s'élève à 50 centimètres au-dessus. La gueule B est large de 80 centimètres, *eee* sont des carreaux par lesquels les gaz de la combustion sont amenés dans la cheminée D et qui peuvent être fermés par un tiroir *z*. En descendant dans l'excavation *x*, le boulanger se trouve à une hauteur convenable. Au-dessous du four se trouve un espace M destiné

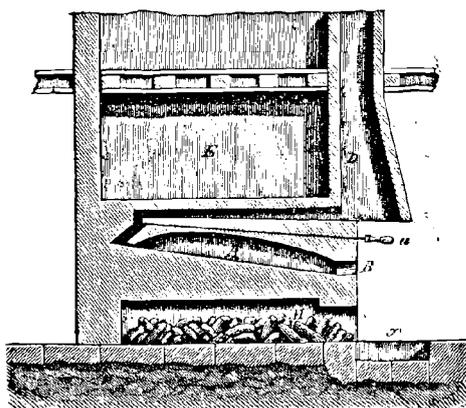


Fig. 346. — Four de boulanger; coupe verticale.

à recevoir le charbon (*le charbon de four*). E est une étuve à laquelle le four sous-jacent communique la température nécessaire pour faire lever la pâte.

Comme combustible on emploie du bois mou, sec et fendu, que l'on dispose en croix sur la sole. Le four a atteint la température nécessaire pour la cuisson lorsqu'en frottant un morceau de bois sur la sole ou sur la voûte il se produit des étincelles. Les charbons rouges sont retirés du four par la gueule et pour les éteindre on les introduit dans l'espace situé au-dessous du four. Avant d'enfourner le pain à cuire, on enlève la cendre du four et on le nettoie avec un torchon humide, après quoi on enfourne le pain au moyen de la pelle de four, qui est une longue planche munie d'un manche. La température qui convient pour la cuisson du pain est de 200 ou 225°. Avant l'enfournement on imbibe la surface des pains avec de l'eau dans laquelle

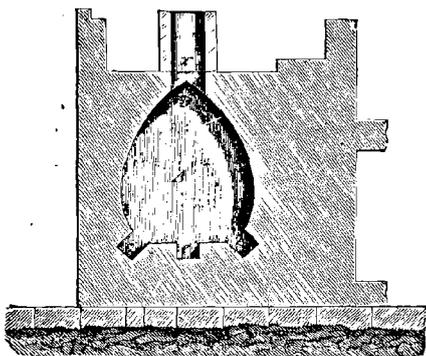


Fig. 547. — Four de boulanger; sole.

on a délayé un peu de farine, afin d'empêcher la croûte de se fendiller par suite de l'action trop rapide de la haute température du four; la chaleur n'agit d'abord que sur l'humidité, de telle sorte que la surface est préservée contre une température trop élevée. Les vapeurs aqueuses, desquelles le four se remplit peu à peu, sont tout à fait indispensables pour donner lieu à une transformation chimique de la surface du pain, transformation qui a pour résultat la production d'une croûte lisse. Le temps nécessaire pour la cuisson dépend de la grandeur, de la forme et de l'espèce du pain. Plus le pain se rapproche de la forme sphérique, plus par conséquent est petite sa surface comparée à son volume, plus est long le temps nécessaire pour le cuire. Il faut plus de temps pour la cuisson du pain noir que pour celle du pain blanc. Ces fours ont des inconvénients qui sautent aux yeux, ils ne peuvent jamais être chauffés uniformément et en outre ils se refroidissent inégalement, la température de la partie inférieure s'abaissant avec une rapidité plus grande par suite de l'arrivée de l'air dans cette partie du four. Le four est ordinairement chauffé de nouveau après chaque fournée, avant que l'on procède à un nouvel enfournement; il faut alors moins de combustible que pour la première fournée. Dans les grandes boulangeries on emploie des fours à marche continue, dans lesquels l'espace où la cuisson s'effectue est séparé du foyer; [c'est ce qui a lieu, par exemple, dans le four à sole tournante de Rolland, et dans le four aérotherme de Jamelet et Lemare.]

[**Procédé de Mège-Mouriès.** — Pour préparer du pain blanc en procédant comme il vient d'être dit, il faut employer de la farine débarrassée par le blutage du son contenant la céréaline, qui, d'après Mège-Mouriès (voy. p. 326), est la cause de la couleur brune que prend le pain préparé

avec des farines imparfaitement blutées. Le produit de la mouture du froment renferme en moyenne 86 à 88 0/0 de farine blanche, mais il ne fournit au blutage que 70 à 74 0/0 de farine pouvant donner du pain blanc; 14 à 15 0/0 restent dans le son, et de ce dernier on extrait par une nouvelle mouture et un nouveau blutage une partie de la farine qui est employée pour préparer du pain bis. Il résulte de là qu'on n'utilise pour la fabrication du pain que 70 à 74 0/0 du poids du froment et même seulement 66 à 67 0/0, lorsque, comme à Paris, la consommation exige un pain d'une très-grande blancheur. *Mège-Mouriès*, partant de ses recherches sur la céréaline, a imaginé, il y a quelques années, un nouveau procédé de panification à l'aide duquel on peut utiliser environ 84 0/0 du poids du froment et obtenir du pain très-blanc. Dans ce but, il paralyse l'action de la céréaline de la farine bise par l'alcool en ajoutant d'abord celle-ci dans un mélange d'eau, de glucose et de levûre lorsque le liquide est en pleine fermentation, puis il termine la pâte avec la farine blanche en ajoutant l'eau et le sel nécessaires; ou bien il commence par préparer une pâte avec la farine blanche, et, lorsque cette pâte est prête, il ajoute la farine bise mélangée avec de l'eau et le sel qui rend inactive la céréaline, puis il abandonne le tout pendant une heure à la fermentation. Ces méthodes de panification, que nous ne faisons qu'indiquer, n'ont pas jusqu'à présent été adoptées par la pratique.]

Succédanés du ferment pour la fermentation panaire. — D'après ce qui a été dit précédemment, la préparation du pain repose essentiellement sur ce fait que la farine transformée en pâte avec de l'eau acquiert l'aspect poreux et spongieux que l'on connaît, lequel est nécessaire pour la digestibilité du pain, et cela par suite de cette circonstance que dans le pain fermenté le gluten forme pour ainsi dire un squelette ou un tissu cellulaire, qui s'oppose au dégagement de l'acide carbonique. Mais cet aspect est en partie communiqué au pain aux dépens d'une portion de l'amidon de la farine, qui se transforme d'abord en dextrose et ensuite, par fermentation, en alcool et acide carbonique; ce dernier cherche à se dégager et il fait lever la pâte. Pour que la fermentation se produise, il est nécessaire d'ajouter des ferments, qui sont étrangers au pain et lui communiquent quelquefois des propriétés qui nuisent à sa digestibilité. Aussi s'est-on efforcé, depuis déjà longtemps, d'éviter la fermentation panaire et par conséquent aussi l'addition de la levûre et du levain et de communiquer au pain l'aspect poreux indispensable en faisant en sorte que des gaz ou des vapeurs se produisent spontanément dans la pâte; car il est évident que tout corps aëriiforme ou à l'état de vapeur disséminé d'une manière convenable dans la pâte se comportera exactement comme l'acide carbonique dégagé par la fermentation. Bien que le problème de la préparation du pain normal sans fermentation ne soit pas encore résolu, il ne manque cependant pas de procédés proposés dans ce but et qui la plupart sont dignes d'attention. Nous citerons dans ce qui va suivre quelques-uns des plus importants. Le *sesquicarbonate d'ammonium* (sel de corne de cerf des pharmaciens), incorporé en petite quantité à la pâte, peut contribuer à la faire lever, d'abord parce que l'acide, qui ne manque jamais

dans la pâte, se combine avec l'ammoniaque et met en liberté de l'acide carbonique, ensuite parce que le carbonate d'ammonium, sous l'influence de la chaleur du four, prend la forme de vapeur et produit alors le soulèvement de la pâte. Le *bicarbonate de sodium* et l'*acide chlorhydrique* ont été proposés plusieurs fois et fortement recommandés par *J. v. Liebig*, pour dégager l'acide carbonique nécessaire pour faire lever la pâte ($\text{NaHCO}_3 + \text{ClH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$), et dans ce cas le chlorure de sodium qui prend en même temps naissance reste dans la pâte. Pour 100 kilogrammes de farine on prend 1 kilogramme de bicarbonate de sodium, 4^k,250 d'acide chlorhydrique d'un poids spécifique de 1,063 (= 9° 5 Baumé = 13 0/0 ClH), 1^k,750 à 2 kilogrammes de sel marin et 79 à 80 litres d'eau; on obtient 150 kilogrammes de pain¹. La poudre (*yeast-powder*), proposée par *E. N. Horsford*, de Cambridge (Massachusetts) et également recommandée par *v. Liebig*, semble plus avantageuse et plus rationnelle. Cette poudre se compose de deux préparations, une *poudre acide* (phosphate acide de calcium mélangé avec du phosphate acide de magnésium) et une *poudre alcaline* (un mélange de 500 grammes de bicarbonate de sodium et de 445 grammes de chlorure de potassium). Pour 100 kilogrammes de farine on emploie 2^k,600 de poudre acide et 1^k,600 de poudre alcaline. (Pendant le pétrissage, le bicarbonate de sodium et le chlorure de potassium se transforment d'abord en chlorure de sodium et en bicarbonate de potassium, et ce dernier est ensuite décomposé par le phosphate acide avec dégagement d'acide carbonique.) En employant la poudre de *Horsford*, il est possible de préparer du pain dans l'espace de deux heures, et l'on obtient avec 50 kilogrammes de farine 10 à 12 0/0 de pain en plus que ce que l'on obtient au maximum par le procédé ordinaire. Cette méthode a une valeur particulière dans tous les cas où on ne peut pas toujours se procurer du levain frais, comme par exemple sur les navires ou dans les villages, où l'on ne boulanges pas régulièrement. L'emploi de la poudre de *Horsford* doit enfin être encore recommandé pour l'usage culinaire, parce qu'il épargne tout le temps et toute la peine qu'entraînent la préparation et l'emploi de la levûre artificielle, avantage qui sera d'une grande valeur pour beaucoup de ménagères et auquel ce procédé de préparation du pain doit de s'être déjà généralement répandu dans l'Amérique du Nord. Incorporer de l'*acide carbonique* pur à la pâte, pour lui communiquer les propriétés d'une pâte levée par fermentation, est une idée assez rationnelle, qui, conçue à différentes époques, a été oubliée et toujours mise de nouveau en avant; elle a trouvé autant de partisans que d'adversaires, sans que jusqu'à présent on ait atteint un résultat satisfaisant. Récemment *Daughlish* et *Bousfield* se sont occupés de la préparation du pain à l'aide de l'acide carbonique (pain aéré, *aërated-bread*). Le pétrissage de la pâte s'effectue dans un cylindre fermé, duquel l'air est enlevé à l'aide d'une pompe et dans lequel

¹ La proportion de bicarbonate de sodium par rapport à l'acide chlorhydrique est choisie de telle sorte que 5 grammes du premier soient neutralisés complètement par 55 cent. cubes de l'acide; le pain doit conserver une réaction très-faiblement acide.

on introduit sous une forte pression du gaz acide carbonique, qui pendant le pétrissage est absorbé par l'eau ajoutée à la farine. Lorsque le pétrissage est suffisant, on ouvre un tube qui se trouve sous le cylindre, et la pâte est immédiatement chassée par la pression du gaz. On coupe par morceaux la pâte à sa sortie du tube et l'on enfourne immédiatement les pains ainsi formés. En se dégageant, l'acide carbonique absorbé par l'eau de la pâte fait lever celle-ci. — Cette opinion, que le pain préparé avec de l'acide carbonique pur posséderait une saveur autre (fade) que celle du pain préparé par le procédé ordinaire, semble justifiée, parce que dans le dernier il reste de petites quantités des produits de la fermentation alcoolique¹, qui dans le pain frais notamment peuvent être découverts par le goût et l'odorat. Il ne faut pas oublier que l'alcool, qui se forme dans la fermentation panaière, se transforme aussi en vapeur à la chaleur du four et contribue ainsi avec l'acide carbonique à rendre la pâte poreuse. On a coutume dans la boulangerie fine d'employer seulement un liquide alcoolique (de l'esprit-de-vin ou du rhum) pour faire lever les pâtes faites avec de la farine, du beurre et des blancs d'œufs.

Rendement en pain. — Relativement au *rendement en pain* fourni par une quantité déterminée de farine, nous dirons que 100 kilogrammes de farine donnent, suivant la qualité de celle-ci, de 125 à 135 kilogrammes de pain. D'après *Heeren*, 100 kilogrammes de farine de froment donnent au moins 125 à 126 kilogrammes de pain et 100 kilogrammes de farine de seigle en fournissent 131 kilogrammes.

Composition du pain. — La farine des céréales contient, lorsqu'elle a été séchée à l'air, de 12 à 16 0/0 d'eau, mais pendant sa transformation en pain elle en absorbe une quantité encore assez grande. 100 kilogrammes de farine de froment se combinent avec 50 kilogrammes d'eau et donnent 150 kilogrammes de pain. La composition de la farine et du pain est par conséquent la suivante :

	FARINE de froment.	PAIN de froment.
Farine sèche.	84	84
Eau primitive	16	16
Eau ajoutée.	—	50
	100	150

Le pain de froment frais contient 9 0/0 de dextrose et d'amidon soluble, 40 0/0 d'amidon, 6,5 0/0 de corps protéiques et 40 à 45 0/0 d'eau. Le pain qui vient d'être cuit possède, comme on le sait, une mollesse et une ténacité particulières; au bout de quelques jours il perd cette mollesse, il devient facile à émietter et il a l'air sec; dans cet état on le désigne sous le nom de pain rassis. On croit généralement que cette modification a sa raison d'être dans la diminution de la quantité de l'eau. Mais cela n'est pas exact, parce que, d'après les expériences de *Boussingault*, le pain rassis contient tout autant d'eau que le pain frais. Ce changement consiste seulement dans l'apparition

¹ *Th. Bolas* a trouvé (1875) dans le pain frais de différentes boulangeries de Londres 0,514 0/0 d'alcool en moyenne.

d'un état moléculaire particulier qui se produit pendant que le pain devient rassis.

[Les proportions de croûte et de mie varient avec chaque espèce de pain et suivant les localités ; ainsi, d'après *J. Girardin*, il y a dans 100 parties de pain tendre :

	CROÛTE.	MIE.
Pour le pain blanc de Paris.	17	83
— de Rouen.	40	60
— de Clermont-Ferrand.	40	60
— de Lille (avec levain)	45	57
— de Lille (avec levûre de bière).	46	54
— anglais	25 à 30	75 à 70
Pour le pain bis de Clermont-Ferrand.	50	70
— de Lille	35	65
— de munition.	20	80]

Altération de la pureté du pain¹. — Lorsque la farine employée pour la fabrication du pain est avariée, le gluten est altéré et ramolli ; l'acide carbonique qui se forme pendant la fermentation de la pâte ne rend pas celle-ci poreuse, mais se dégage. Le pain ainsi produit est par suite compacte et moins blanc. Pour obvier à cet inconvénient et afin de pouvoir employer de mauvaises farines pour obtenir un pain en apparence de bonne qualité, les boulangers de la Belgique et du nord de la France ont coutume d'ajouter à la pâte une petite quantité de sulfate de cuivre (1/15000 à 1/30000), dont la base en s'unissant avec le gluten donne naissance à une combinaison insoluble, qui rend la pâte tenace et blanche et lui communique la propriété d'absorber une plus grande quantité d'eau. Pour découvrir la présence de cette substance nuisible, on dessèche et on incinère une portion du pain suspecté, et dans la cendre soumise à la lévigation on peut facilement retrouver le cuivre. En Angleterre on ajoute ordinairement un peu d'alun à la pâte. En Allemagne, où l'addition du sulfate de cuivre et de l'alun (0,1 0/0) est interdite par l'autorité, on conserve dans quelques localités le levain dans des vases en cuivre, où il se produit du vert-de-gris, dont la formation n'est pas indifférente pour les boulangers.

FABRICATION DU VINAIGRE

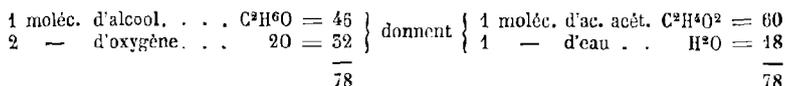
Mode de formation du vinaigre. — Ce que dans la vie ordinaire on désigne sous le nom de *vinaigre* consiste essentiellement en un mélange d'acide acétique et d'eau. L'acide acétique (acide méthylcarbonique) $C^2H^4O^2$ ou $OH. C^2H^5O$ ou $CH^5.CO. OH$ se compose pour 100 parties de

Carbone.	24	40,0
Hydrogène	4	6,7
Oxygène	32	55,5
	<hr/>	<hr/>
	60	100,0

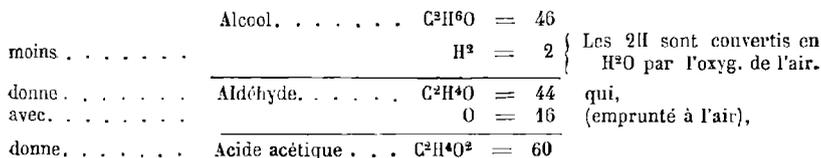
¹ Voy. *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édition française traduite par *L. Gautier*, p. 931. — Paris 1877.

et il se forme par oxydation de l'alcool, ainsi que dans la distillation sèche de la cellulose.

Le premier mode de formation, c'est-à-dire la conversion de l'alcool en acide acétique, peut être représenté par le schéma suivant :



D'après cela, 100 parties d'alcool donnent 129,5 parties d'acide acétique. Cependant la marche de la transformation n'est pas en réalité telle qu'elle vient d'être indiquée, de l'acide acétique ne se forme pas immédiatement aux dépens de l'alcool. Avant que cet acide se produise l'alcool se change d'abord en un corps, l'aldéhyde C^2H^4O , qui est moins riche en hydrogène. La métamorphose de l'alcool peut être représentée comme il suit :



100 kilogrammes d'alcool exigent pour leur transformation en acide acétique 300 kilogrammes (= 2322 hectolitres) d'air, puisque ces 300 kilogrammes renferment exactement les 69 kilogrammes d'oxygène, qui sont nécessaires pour la conversion de l'alcool en acide acétique. Il est cependant évident que dans la pratique cette quantité d'air est de beaucoup insuffisante, parce que il n'y a probablement d'employée à la formation de l'acide acétique que la portion de l'oxygène atmosphérique qui se trouve à l'état d'ozone. Lorsque dans des liquides alcooliques l'alcool doit se transformer en acide acétique, la présence d'un champignon-ferment, le *Mycoerma aceti*, est nécessaire, champignon qui semble avoir pour fonction de rendre actif l'oxygène de l'air et de le transporter sur l'alcool.

La formation de l'acide acétique comme produit de la distillation sèche de la cellulose (bois, tourbe) ne peut pas être représentée par une équation simple, parce que outre l'acide acétique il se forme de nombreuses combinaisons, comme des hydrogènes carbonés, gazeux et liquides, de l'esprit de bois, de l'acétone, de la créosote et de l'acide oxyphénique, du goudron, etc. ; et la quantité relative de ces différents corps dépend de la température à laquelle s'est effectuée la distillation, de la forme de l'appareil distillatoire, du degré d'humidité, de l'espèce de la substance celluleuse, etc.

A. PRÉPARATION DU VINAIGRE AVEC DES LIQUIDES ALCOOLIQUES.

Préparation du vinaigre avec l'alcool. — L'alcool exposé seul au contact de l'air ou de l'oxygène pur, ne se transforme pas en acide acétique. Toutefois, comme le vinaigre se forme aux dépens de l'alcool seulement par absorption d'oxygène (mais d'oxygène actif)¹, il est évident que le liquide alcoolique, qui doit être transformé en vinaigre, doit être placé dans les conditions favorables à la formation du vinaigre. Ici, comme cela a lieu si fréquemment dans les opérations chimico-techniques, l'expérience est la meilleure conseillère. Une application convenable et basée sur les principes naturels des enseignements de l'expérience constitue le fond sur lequel doit reposer la fabrication rationnelle du vinaigre, c'est-à-dire la préparation de ce liquide dans le temps le plus court et avec le moins de frais possible, notamment en perdant le moins possible d'alcool.

Les conditions dans lesquelles le vinaigre peut être produit en grand avec avantage sont les suivantes :

1° Le liquide alcoolique, que ce soit du vin, du cidre, du poiré, une infusion de malt fermentée, de la bière ou de l'eau-de-vie, doit être suffisamment étendu ; il ne doit pas contenir plus de 10 pour 100 d'alcool. L'expérience a montré que les liquides alcooliques préparés immédiatement par fermentation peuvent se transformer plus facilement en vinaigre que les mélanges d'eau-de-vie ou d'alcool et d'eau. Une grande dilution, qui réduit la richesse alcoolique à moins de 3 pour 100 n'empêche pas, il est vrai, la formation du vinaigre, mais la ralentit ;

2° Une température convenable, qui ne doit pas s'élever au-dessus de 26° et descendre au-dessous de 12°. A la température de 7° et au-dessous, la formation du vinaigre n'a plus lieu, fait que l'on néglige ordinairement de mettre au nombre des avantages que présentent les cuves taillées dans le roc et les glaciers pour la conservation de la bière de garde et en général des liquides fermentés. A la température de 40° ou 60°, l'affinité de l'alcool pour l'oxygène est accrue et la formation du vinaigre s'effectue plus rapidement et plus énergiquement ; mais à cette température une perte d'alcool et de vinaigre par évaporation est inévitable ;

3° Il faut que de l'air ou de l'oxygène soit offert en quantité suffisante au liquide alcoolique et les deux corps doivent être en contact intime. Il est plus convenable d'opérer sur de petites masses de liquide alcoolique que sur des grandes, parce que les premières offrent à l'air des points de contact plus nombreux ;

4° La présence de substances qui peuvent provoquer et faire continuer la formation du vinaigre ; d'après leur action, ces substances doivent être placées à côté des ferments et elles sont nommées pour cette raison fer-

¹ D'après *W. v. Knieriem et Ad. Meyer* (1873), l'air contenant de l'ozone ne transformerait pas l'alcool en acide acétique.

ments du vinaigre, ferments acides, bien que la production du vinaigre aux dépens de l'alcool ne soit point le résultat d'une fonction physiologique⁴. Le meilleur ferment est le vinaigre, et par conséquent aussi tous les corps qui sont imprégnés de vinaigre, comme le champignon du vinaigre (*Mycoderma aceti*); autrefois on croyait que les mycodermes du vinaigre étaient pour l'alcool et le vinaigre ce qu'est la levûre vis-à-vis du sucre et de l'alcool — d'où le nom de *fermentation acétique* employé pour désigner le phénomène de la transformation du liquide alcoolique en vinaigre — mais maintenant on sait, d'après les expériences de Pasteur (1862), que cela n'est exact qu'en tant que de la fleur de vinaigre, tout comme une petite quantité de vinaigre et les ferments acétiques en général, est apte à provoquer et à faire continuer la formation du vinaigre, de la même manière que des vases en bois ou des copeaux humectés avec ce liquide; dans un grand nombre de ces corps ce sont des substances en voie d'oxydation qui, mises au contact de liquides alcooliques, entraînent l'alcool à s'oxyder et provoquent sa transformation en vinaigre. Par conséquent l'acide acétique pur n'est pas en état de provoquer la formation du vinaigre, mais il en est autrement pour le vinaigre, qui outre l'acide acétique renferme toujours de petites quantités des substances protéïques mentionnées. Celles-ci n'agissent pas en tant que substances protéïques, mais seulement parce qu'elles se trouvent dans un état particulier; c'est ce que démontre la manière dont se comportent le noir et la mousse de platine, qui transforment immédiatement l'alcool en acide acétique. En résumé, il faut admettre que par la présence du *Mycoderma aceti*, comme sous l'influence du platine finement divisé, l'oxygène de l'air deviendrait actif, c'est-à-dire serait transformé en ozone et que seul l'oxygène ozonisé serait apte à former du vinaigre aux dépens de l'alcool. Par conséquent l'acide acétique n'est point un produit du mycoderme, mais d'un phénomène d'oxydation. Une étude plus attentive de la manière dont se comportent le peroxyde d'hydrogène et les autres corps ozonifères ou ozonigènes vis-à-vis des mélanges d'alcool et d'eau contribuerait certainement beaucoup à faire connaître exactement la théorie de la formation du vinaigre et ouvrirait peut-être une nouvelle voie pour la préparation rationnelle de ce liquide.

Phénomènes qui accompagnent la formation du vinaigre. — Pendant la formation du vinaigre on remarque des *phénomènes*, dont l'observation offre de l'importance pour juger des progrès de la transformation de l'alcool en acide acétique; ces phénomènes sont les uns chimiques, les autres physiques; ils sont seulement extérieurs ou bien ils sont occasionnés par le changement de la nature chimique du liquide; au nombre des phénomènes

⁴ D'après les recherches de v. Knieriem et Meyer, il est très-probable que le mycoderme exerce au contraire une fonction physiologique, c'est-à-dire que la formation du vinaigre serait intimement liée à la métamorphose de la matière de la plante. La fermentation acétique serait par conséquent, quant à sa cause, tout à fait analogue à la fermentation alcoolique.

chimiques, on doit mettre l'absorption de l'oxygène atmosphérique, sans que cette absorption soit accompagnée d'un dégagement de gaz. A mesure que la formation du vinaigre fait des progrès le liquide perd peu à peu sa saveur et son odeur alcooliques et il prend cette odeur et cette saveur acides et fraîches de vinaigre que l'on connaît. Aux phénomènes *physiques*, qui se manifestent durant la formation du vinaigre, appartiennent : 1° l'augmentation du poids spécifique du liquide et 2° l'élévation de la température de celui-ci. L'élévation de la température est une conséquence du passage de l'oxygène de l'état gazeux à l'état liquide. La température s'élève d'autant plus que l'absorption de l'oxygène est plus rapide.

Différentes sortes de vinaigre. — D'après la provenance, on distingue maintenant les espèces suivantes de vinaigre : 1° le *vinaigre de vin*, qui est préparé avec du vin et qui outre l'acide acétique contient presque tous les autres éléments du vin, notamment de l'acide tartrique, de l'acide succinique et certains éthers, qui communiquent au vinaigre de vin l'odeur agréable qui le caractérise ; 2° le *vinaigre d'eau-de-vie* (vinaigre d'alcool ou vinaigre de vin artificiel), qui en général ne consiste qu'en un mélange d'acide acétique et d'eau et d'une petite quantité d'éther acétique ; 3° le *vinaigre de fruits* préparé avec le cidre et le poiré, contient outre l'acide acétique de l'acide malique ; 4° le *vinaigre de bière, de malt* ou de *céréales* qui est préparé avec du moût de bière non houblonnée et qui, indépendamment de l'acide acétique, contient des substances extractives comme la dextrine, des éléments azotés et des phosphates ; 5° le *vinaigre de betteraves* ; enfin 6° le *vinaigre de table* préparé avec le vinaigre de bois.

Ancienne méthode de préparation du vinaigre ou procédé d'Orléans. — L'ancienne méthode de préparation du vinaigre est certainement une imitation de l'acétification spontanée de la bière, du vin et en général des liquides fermentés, avec quelques modifications destinées à favoriser la formation du vinaigre et à améliorer le produit, c'est-à-dire l'emploi d'une température convenable, du contact intime du liquide à acétifier avec l'air et d'un ferment acétique. On suit cette méthode pour la préparation du vinaigre de vin, mais on comprend de soi-même qu'elle ne puisse pas être employée pour les autres espèces de vinaigre comme le vinaigre de fruits et le vinaigre de malt. En général on se sert de tonneaux de chêne qu'on désigne sous le nom de *mères* et qui, après avoir été nettoyés à la vapeur, sont rendus acides avec du vinaigre bouillant. Cela fait, on verse dans chaque tonneau un hectolitre de vin. Au bout de 8 jours on en ajoute 10 autres litres et chaque semaine on répète la même opération, jusqu'à ce que le tonneau soit rempli aux deux tiers ; 14 jours environ après la dernière addition de vin, tout le vin est transformé en vinaigre. On soutire la moitié du contenu du tonneau et on la transporte au magasin de dépôt ; puis on recommence à ajouter du vin et à soutirer le vinaigre fait et cela sans interruption. Une mère peut servir pour la fabrication continue du vinaigre pendant 6 ans et même plus, jusqu'à ce qu'enfin il se soit formé une quantité de lie de vin, de tartre, de lie de vinaigre, etc., telle qu'il soit

nécessaire de nettoyer le tonneau, que l'on remet ensuite en travail.

Bien que dans le procédé de préparation du vinaigre qui vient d'être décrit les points de contact entre le liquide devenant acide et tranquille en apparence et l'air atmosphérique ne soient pas nombreux, ils sont cependant continuellement renouvelés, d'abord parce que la surface du liquide change à chaque instant, chaque atome de vinaigre produit descendant par suite de son poids spécifique plus grand pour faire place au liquide alcoolique plus léger, et ensuite parce que la couche d'air qui se trouve au-dessus du liquide à acidifier est animée d'un mouvement continu, l'air désoxygéné et par suite devenu plus léger (d'un poids spécifique de 0,9) s'élevant et étant remplacé par de l'air nouveau spécifiquement plus lourd (d'un poids spécifique de 1,0).

Fabrication rapide du vinaigre ou procédé allemand. — La méthode désignée sous le nom de *fabrication rapide du vinaigre* et qui a pour point de départ un ancien procédé de *Boerhaave* (1720), a été vendue en 1823 par *Schützenbach*, de Endingen en Brisgau, comme un secret de fabrique pour la somme de 1,500 thalers à la condition « de ne la faire connaître à aucun autre gratuitement ou pour de l'argent. » Cette méthode a été ultérieurement beaucoup perfectionnée par *P. Pfund* et d'autres; elle consiste essentiellement à mettre en contact le plus intime avec l'air atmosphérique à une température convenable le liquide à transformer en vinaigre, qui est ordinairement de l'eau-de-vie, ou en d'autres termes à produire la conversion de l'alcool en acide acétique dans le temps le plus court, et avec le moins de perte possible. On parvient à mettre le liquide à acétifier en contact intime avec l'air en faisant arriver un courant d'air continu dans une direction opposée à celle du liquide à acidifier, que l'on fait tomber sous forme de gouttelettes.

Pour fabriquer du vinaigre par voie rapide il est nécessaire d'avoir des tonneaux disposés spécialement pour cet objet et qui, suivant la force du liquide que l'on veut préparer, sont au nombre de 2 ou 4; la réunion de ces tonneaux constitue ce que l'on appelle un *appareil de graduation*. Un tonneau de ce genre est représenté en coupe par la figure 348; les douves qui le forment sont en bois de chêne fort; il est ouvert par en haut, sa hauteur est de 2 à 4 mètres et son diamètre de 1 mètre à 1^m,50. A 20 ou 30 centimètres au-dessus du fond on pratique autour du tonneau 6 trous C, C, également distants les uns des autres, d'un diamètre de 3 centimètres environ et inclinés de haut en bas et de dehors en dedans. A environ 1/3 de mètre au-dessus du fond se trouve un faux-fond percé de trous, comme un crible, on bien on place une claie à quelques centimètres au-dessus des trous pratiqués dans la paroi du tonneau; sur ce faux-fond ou sur cette claie on dispose des copeaux de hêtre préparés pour cet usage et qui remplissent le tonneau jusqu'à 15 ou 20 centimètres environ au-dessous du bord supérieur. Avant d'être employés, les copeaux sont lessivés et ensuite desséchés. Lorsque ces tonneaux ont été chargés avec les copeaux secs, on procède à leur acidification. Dans ce but, on verse de l'esprit de vinaigre chaud sur

les copeaux qui se trouvent dans les tonneaux. Les tonneaux acidifiés restent couverts pendant 24 heures, afin que la vapeur du vinaigre pénètre le plus possible le bois. 18 ou 24 centimètres au-dessous du bord supérieur se trouve une cloison en bois percée de trous. Les trous de cette cloison ont le diamètre d'une plume d'oie et ils sont distants les uns des autres de 2 ou 5 centimètres. Afin que le liquide à acétifier s'écoule en filets minces sur les copeaux, les trous sont munis de ficelles qui débordent en dessous d'environ 3 centimètres et sont munies de nœuds, à l'aide desquels elles sont retenues au-dessus de l'orifice supérieur des trous; ces ficelles en se gonflant rétrécissent un peu les trous, elles absorbent par capillarité le liquide alcoolique et le laissent goutter par leur extrémité inférieure sur les copeaux de hêtre. Ce fond est en outre muni de 5 ou 8 autres trous plus

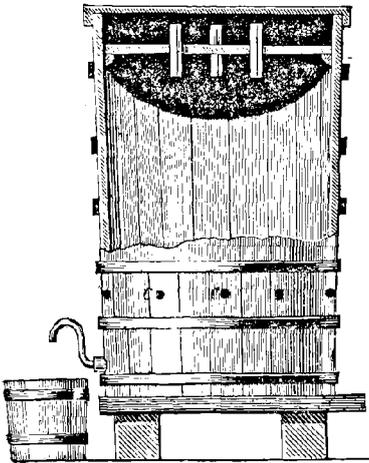


Fig. 348. — Tonneau pour la fabrication du vinaigre par le procédé allemand.

grands d'un diamètre de 3 ou 6 centimètres, qui donnent issue à l'air dépouillé d'oxygène qui a traversé les copeaux après avoir pénétré dans le tonneau par les trous pratiqués dans la paroi de celui-ci; dans ces trous sont fixés des tubes de verre de 10 à 15 centimètres de longueur (comme le montre la figure 348), qui s'élèvent à environ 8 centimètres au-dessus de la cloison et empêchent l'écoulement du liquide alcoolique. Le tonneau est enfin muni d'un couvercle fermant bien, dans le milieu duquel est pratiqué un trou rond; le liquide alcoolique est versé par cette ouverture, qui donne en outre passage à l'air atmosphérique. Par suite de l'absorption de l'oxygène il se dégage dans l'intérieur du tonneau assez de chaleur pour

que l'air circule en formant un courant continu dirigé de bas en haut; à mesure que sort par en haut l'air désoxygéné, de l'air frais arrive par les ouvertures pratiquées dans la paroi du tonneau.

Lorsque les tonneaux sont chargés et acidifiés, on verse le liquide alcoolique préparé pour l'acétification et qui est le plus souvent de l'eau-de-vie, plus rarement une infusion de malt, de la bière ou du vin. Le liquide qui s'écoule du premier tonneau arrive dans le second, d'où il sort sous forme de vinaigre fait, si la richesse alcoolique du liquide à acétifier ne dépassait pas 3 ou 4 0/0. Le liquide qui dans chaque tonneau descend du fond supérieur se rassemble dans l'espace compris entre le fond véritable et la claie ou le faux-fond. Comme le montre la figure 348, il ne peut s'écouler que lorsque le niveau du liquide est égal intérieurement au niveau de l'orifice extérieur du siphon de verre. Dès qu'il ne coule plus rien du tonneau, il

reste, par suite de cette disposition, une couche chaude de vinaigre haute de 15 à 20 centimètres, qui sert pour provoquer l'acétification d'une nouvelle quantité de liquide alcoolique. Le tube doit s'ouvrir intérieurement tout près du fond véritable, afin que la couche inférieure qui contient le plus d'acide acétique et qui est par suite spécifiquement plus lourde s'écoule la première. Le siphon de verre, facile à casser, peut être remplacé, avantageusement par la disposition représentée par la figure 349; *cp* est le faux-

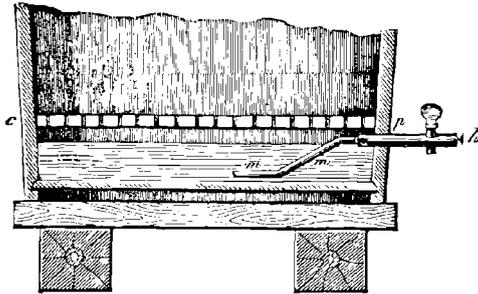


Fig. 349. — Partie inférieure d'un tonneau à vinaigre.

fond, au-dessous duquel se trouve le robinet de bois *h*, auquel le tube de verre recourbé *mm* est fixé, de telle sorte que son orifice interne se trouve tout près du fond de tonneau.

Le générateur à vinaigre indiqué par *Singer* en 1868 se compose essentiellement d'un certain nombre de vases en bois plats superposés, qui communiquent les uns avec les autres au moyen de tuyaux en bois, de manière à ce que le liquide coule goutte à goutte d'un vase dans l'autre en traversant les tuyaux. Chaque tuyau porte dans son milieu deux fentes longitudinales par lesquelles l'air a un libre accès. L'appareil est établi dans un bâtiment construit exprès et qui est préservé contre le refroidissement et les courants d'air trop rapides. Avec l'appareil de *Singer* on n'aurait pas de pertes d'alcool comme dans les tonneaux ordinaires.

La composition du liquide alcoolique employé pour la préparation du vinaigre est très-variable; un mélange dont on se sert souvent se compose de 20 litres d'eau-de-vie à 50° Tralles, de 40 litres de vinaigre et de 120 litres d'eau, auxquels on ajoute, afin de nourrir le champignon du vinaigre, une décoction de farine de seigle et de son. Le local doit être chauffé à 20 ou 24°; mais dans les tonneaux la température s'élève jusqu'à 36° et au-dessus, ce qui occasionne une perte d'environ 40 0/0 par suite de l'évaporation d'une certaine quantité d'alcool, d'aldéhyde et d'acide acétique. En tenant compte de cette perte, on peut admettre que 1 hectolitre d'eau-de-vie à 50° Tralles (= 42 0/0 d'alcool en poids) fournit :

15	hectolitres de vinaigre d'une richesse en	acide acétique en poids de	3 0/0.
9,9	—	—	4
7,9	—	—	5
6,6	—	—	6
5,6	—	—	7
4,9	—	—	8
4,4	—	—	9
3,9	—	—	10

Il est évident qu'au point de vue du transport on a beaucoup plus d'avantage à ne préparer que le vinaigre le plus fort — *esprit de vinaigre* — et à étendre celui-ci avec de l'eau sur le lieu de consommation.

Vinaigre de betteraves. — Le vinaigre de betteraves est préparé en France et en Angleterre; dans ce but, le jus des betteraves, obtenu par expression et dont le poids spécifique est 1,035 à 1,045, est étendu avec de l'eau de manière à ce que sa densité soit égale à 1,025; cela fait, on le met en fermentation avec de la levûre et on laisse fermenter; on mélange le liquide fermenté avec un égal volume de vinaigre fait et à l'aide d'un ventilateur on y fait passer un courant d'air, et la formation du vinaigre s'effectue en peu de temps.

Préparation du vinaigre au moyen du *Mycoderma aceti*. — *Pasteur*, s'appuyant sur cette opinion¹, que la formation du vinaigre aux dépens de l'alcool est le résultat d'une *fonction physiologique*, a décrit en 1862 une nouvelle méthode de préparation du vinaigre au moyen du *Mycoderma aceti*. Sur un liquide composé d'eau à laquelle on ajoute 2 0/0 d'alcool et 1 0/0 de vinaigre et qui contient en outre une petite quantité de phosphates de potassium, de calcium et de magnésium, on sème la champignon du vinaigre. La petite plante se développe et couvre bientôt la surface du liquide, sans qu'il reste la moindre place vide. En même temps l'alcool s'acidifie. Lorsque l'opération est bien en train, c'est-à-dire lorsque la moitié de l'alcool pris est transformée en vinaigre, on ajoute chaque jour de l'alcool par petites portions ou du vin ou de l'alcool mélangé avec de la bière. Dès que l'action commence à devenir plus faible, on attend que l'acidification de l'alcool encore contenu dans le liquide soit complète. On soutire alors le vinaigre et l'on recueille les petites plantes pour les laver et les utiliser de nouveau.

Le même appareil, tonneau ou cuve, est rempli avec du liquide frais et la petite plante recueillie dans l'opération précédente est semée sur le liquide. Mais on ne doit jamais laisser la plante manquer d'alcool, parce que sans cela elle enlèverait l'oxygène à l'acide acétique, qui serait transformé en acide carbonique et en eau, ce qui entraînerait la destruction de l'arôme particulier qui caractérise le vinaigre de vin. En outre, le mycoderme doit être employé aussi promptement que possible après son enlèvement du

¹ Les résultats des travaux de *v. Knieriem* et *Ad. Meyer* (1873) donnent un puissant et précieux appui à la manière de voir de *Pasteur*, qui a été énergiquement combattue par *J. v. Liebig* et *L. Buchner*.

liquide, parce que lorsqu'il reste trop longtemps éloigné du contact de l'alcool il perd la majeure partie de son activité. Une autre précaution non moins importante consiste à ne pas laisser la plante se développer trop fortement, parce que autrement son activité pourrait devenir trop grande, ce qui entraînerait également la décomposition de l'acide acétique, même s'il y avait encore de l'alcool. Une cuve de 1 mètre carré de surface, qui contient de 50 à 100 litres de liquide, fournit par jour 5 à 6 litres de vinaigre. On suit la marche de l'opération à l'aide d'un thermomètre divisé en dixièmes de degrés, dont la boule plonge dans le liquide et dont l'échelle est en dehors de la cuve. Les vases les plus convenables sont des cuves en bois rondes ou quadrangulaires, peu profondes et munies de couvercles. Aux extrémités se trouvent deux petites ouvertures pour donner accès à l'air. Deux tubes en gutta-percha fixés sur le fond de la cuve et percés latéralement de petits trous servent à l'addition des liquides alcooliques, sans qu'il soit nécessaire de soulever le couvercle ou de déranger la pellicule qui se trouve à la surface. Les cuves dont *Pasteur* s'est servi avaient 1 mètre carré de surface et 20 centimètres de profondeur. Les avantages du procédé lui ont paru d'autant plus sensibles qu'il a employé des vases de plus grandes dimensions et qu'il a opéré à une plus basse température. La présence des phosphates et de l'ammoniaque est indispensable au développement de la petite plante. Lorsqu'on opère sur le vin, l'infusion de malt et des liquides analogues, ces substances se trouvent en quantité suffisante. Mais lorsqu'on emploie de l'alcool il faut les ajouter directement et en quantité telle que le liquide renferme dix millièmes d'un mélange de sulfate d'ammonium et de phosphates de potassium et de magnésium préalablement dissous dans un peu de vinaigre. On sait depuis longtemps qu'une addition de pain, de farine, de malt, de raisins secs favorise beaucoup la transformation des liquides alcooliques purs, parce que ces substances fournissent aux liquides les éléments minéraux azotés nécessaires à la nutrition de la jeune plante.

Préparation du vinaigre à l'aide du noir de platine. — La propriété (découverte par *Döbereiner*) que possèdent l'éponge de platine et à un plus haut degré le noir de platine de transformer complètement et en très-peu de temps les vapeurs alcooliques en acide acétique a été employée plusieurs fois en grand pour préparer de l'acide acétique. Nous décrivons ici un appareil qui peut être employé dans ce but et qui est représenté par la figure 350. C'est une cage de verre munie intérieurement d'étagères, sur lesquelles sont placées des capsules en porcelaine à fond plat. L'alcool à transformer en acide acétique est versé dans ces capsules, où se trouve un trépied de porcelaine sur lequel est placé un verre de montre contenant de la mousse de platine. A la partie supérieure de la cage et en bas se trouvent des ouvertures qui peuvent être ouvertes et fermées pour établir une ventilation. Au moyen d'un chauffage à la vapeur, on élève la température de l'intérieur de l'appareil à 55°. Il se produit alors une lente évaporation de l'alcool, qui aussitôt qu'il arrive en contact avec le platine, se transforme en acide acé-

tique, dont les vapeurs se condensent en grande partie sur les parois de l'appareil et se rendent dans un réservoir placé au fond de la cage. Tant que l'on a soin d'établir une ventilation suffisante, le platine conserve la faculté de transformer l'alcool en acide acétique. Avec un appareil d'environ 40 mètres cubes de capacité et 17 kilogr. de noir de platine, on peut transformer par jour environ 150 litres d'alcool en acide acétique de la plus grande pureté. Si avec cet appareil on veut travailler sans perte, il doit être disposé de telle sorte que l'air, avant de se rendre à l'intérieur, soit dépouillé de vapeurs d'acide acétique et d'alcool qu'il entraîne avec lui.

P. Pfund, de Blasewitz, près Dresde, qui s'est beaucoup occupé, en

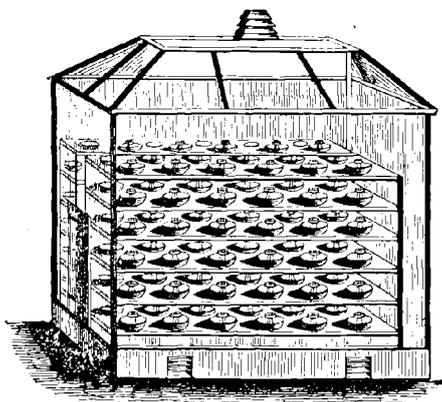


Fig. 330. — Appareil pour la préparation du vinaigre au moyen du noir de platine.

1874, de l'appareil précédent, a trouvé qu'il était tout à fait convenable pour la préparation de l'aldéhyde, mais non comme producteur de vinaigre.

Propriétés et essai de vinaigre. — La valeur d'un vinaigre, s'il doit être employé comme vinaigre de table, dépend de sa saveur et de sa richesse en acide acétique ou de sa force. Suivant sa richesse en acide acétique, le vinaigre a une saveur plus ou moins acide, mais il possède en outre un goût particulier qui varie avec sa provenance. Pour ce qui est de la couleur, il prend en général celle du liquide aux dépens duquel il s'est formé; pour le vinaigre de vin, la couleur est jaune ou rougeâtre; pour le vinaigre de fruits, elle est jaune pâle; le vinaigre d'eau-de-vie est incolore. Cependant on colore généralement ce dernier avec du caramel (couleur de sucre), pour le rendre plus semblable au vinaigre de vin. Le vinaigre frais contient fréquemment, indépendamment de petites quantités d'alcool non transformé, une petite quantité d'aldéhyde, substance qui se trouve toujours en grande quantité dans les vinaigres non encore faits. Depuis quelque temps, on ajoute quelquefois un peu de glycérine au vinaigre fait. L'acide salicylique serait très-favorable à la conservation du vinaigre.

La richesse du vinaigre en acide acétique dépend de la richesse alcoolique

du liquide qui a servi à préparer le vinaigre et aussi de la transformation plus ou moins complète de l'alcool. Le vinaigre de malt contient de 2 à 5 pour 100 d'acide acétique, le vinaigre d'eau-de-vie de 3 à 6 pour 100, le vinaigre de vin de 6 à 8 pour 100. Il est aisé de comprendre qu'une certaine richesse en acide acétique ne constitue pas, comme cela a lieu par exemple pour la richesse alcoolique du vin, un caractère particulier au vinaigre, puisqu'il dépend de la volonté du fabricant d'élever ou d'abaisser cette richesse. Le poids spécifique des différentes espèces de vinaigre varie entre 1,010 et 1,050; à richesse égale en acide acétique, les vinaigres d'eau-de-vie purs sont toujours spécifiquement plus légers que les vinaigres faits avec des liquides fermentés non distillés; une grande richesse en alcool rend le vinaigre plus léger; des substances fixes — certains éléments du vin, de l'extrait de malt — le rendent plus lourd. D'après *Oudemans*, les densités d'un mélange d'acide acétique ($C^2H^4O^2$) et d'eau sont les suivantes à 15° C. :

p. 100.	DENSITÉ.	DIFFÉR.	p. 100.	DENSITÉ.	DIFFÉR.	p. 100	DENSITÉ.	DIFFÉR.
0	0,9992		54	1,0459		68	1,0725	
1	1,0007	+ 15	55	1,0470	+ 11	69	1,0729	+ 4
2	1,0022	15	56	1,0481	11	70	1,0735	4
3	1,0037	15	57	1,0492	11	71	1,0737	4
4	1,0052	15	58	1,0502	10	72	1,0740	5
5	1,0067	15	59	1,0513	11	73	1,0742	2
6	1,0085	15	40	1,0525	10	74	1,0744	2
7	1,0098	15	41	1,0535	10	75	1,0746	2
8	1,0113	15	42	1,0545	10	76	1,0747	1
9	1,0127	14	43	1,0552	9	77	1,0748	1
10	1,0142	15	44	1,0562	10	78	1,0748	0
11	1,0157	15	45	1,0571	9	79	1,0748	0
12	1,0171	14	46	1,0580	9	80	1,0748	0
13	1,0185	14	47	1,0589	9	81	1,0747	1
14	1,0200	15	48	1,0598	9	82	1,0744	2
15	1,0214	14	49	1,0607	9	83	1,0744	2
16	1,0228	14	50	1,0615	8	84	1,0746	5
17	1,0242	14	51	1,0625	8	85	1,0742	5
18	1,0256	14	52	1,0631	8	86	1,0759	5
19	1,0270	14	53	1,0638	7	87	1,0756	5
20	1,0284	14	54	1,0646	8	88	1,0731	6
21	1,0298	14	55	1,0646	7	89	1,0726	7
22	1,0311	13	56	1,0655	7	89	1,0720	7
23	1,0324	15	56	1,0660	7	90	1,0715	8
24	1,0337	15	57	1,0666	6	91	1,0713	9
25	1,0350	15	58	1,0673	7	91	1,0970	10
26	1,0363	15	58	1,0673	6	92	1,0696	12
27	1,0375	12	59	1,0679	6	95	1,0686	14
28	1,0388	15	60	1,0685	6	94	1,0674	14
29	1,0400	12	61	1,0691	6	95	1,0660	16
30	1,0412	12	62	1,0697	6	96	1,0644	19
31	1,0424	12	63	1,0702	5	97	1,0625	21
32	1,0436	12	64	1,0707	5	98	1,0604	24
33	1,0447	11	65	1,0712	5	99	1,0580	24
		12	66	1,0717	5	100	1,0553	27
			67	1,0721	4			

Acétimétrie. — Le vinaigre qui se trouve dans le commerce n'a jamais la même richesse en acide acétique, et son poids spécifique ne peut donner aucun renseignement sur cette richesse, parce que les autres éléments du

liquide contribuent à augmenter la densité et que l'acide acétique est moins lourd que l'eau. Par conséquent, il ne reste pas d'autre moyen pour essayer la force du vinaigre que de saturer celui-ci avec un alcali.

D'après la méthode imaginée par *Otto*, le vinaigre à essayer est neutralisé avec de l'ammoniaque, jusqu'à ce que la teinture de tournesol, ajoutée au liquide, redevienne bleue. Bien que cette méthode ne soit pas absolument exacte, parce que les acétates alcalins neutres ont une réaction alcaline, celle-ci ne nuit pas cependant par trop à l'exactitude de la détermination. L'*acétimètre* construit par *Otto* est un tube de verre fermé par en bas, long de 56 centimètres et d'un diamètre de 15 millimètres; ce tube porte une double graduation : inférieurement un certain espace, destiné à contenir le vinaigre coloré avec de la teinture de tournesol, est partagé en deux parties par un trait, et sur la partie supérieure du tube, qui doit recevoir la liqueur titrée, on a tracé des degrés. Pour faire un essai, on verse dans le tube de la teinture de tournesol jusqu'au premier trait de la graduation inférieure, puis du vinaigre à essayer jusqu'au second trait, et l'on ajoute peu à peu de la liqueur titrée, jusqu'à ce que la couleur rouge du liquide soit devenue bleue à la partie supérieure. Le nombre qui correspond au niveau du liquide indique immédiatement la richesse centésimale du vinaigre en acétique. L'exactitude du résultat dépend du soin que l'on a mis à préparer la liqueur ammoniacale titrée; ce liquide doit contenir exactement 1,569 pour 100 d'ammoniaque. D'après le procédé indiqué par *Mohr*, on prend du vinaigre que l'on veut essayer au point de vue de sa richesse en acide acétique ($2C^2H^3O^2 - H^2O = \frac{102}{2} = 51$), et qui a ordinairement un

pois spécifique de 1,010 à 1,011, 5,04 centim. cub. (car $\frac{5,1}{1,011} = 5,04$) ou plus simplement 5 centim. cub., on les mélange avec de la teinture de tournesol et l'on titre avec de la potasse normale. Le mieux est de prendre 10 centim. cub. de vinaigre, et l'on divise par deux les centimètres cubes de potasse employés :

I.	10 cent. cubes d'un vinaigre de table de Wurtzbourg
ont exigé	11,8 — de potasse;
il contenait, par consé-	
séquent	5,9 0/0 d'acide anhydre ou 6,7 0/0 d'acide acétique
	($C^2H^3O^2$).
II.	10 cent. cubes d'un vinaigre composé en partie de vi-
	naigre de bois
ont exigé	12,5 — de potasse,
qui correspondent à .	6,25 0/0 d'acide anhydre, ou à 7,5 0/0 d'acide acé-
	tique ($C^2H^3O^2$).

[Le procédé de *Réveil* et *Salleron*, qui est employé en France par le commerce et les octrois des grandes villes, exige pour sa mise en pratique les instruments et réactifs suivants : 1° un tube de verre gradué ou *acétimètre* (fig. 551) portant à sa partie inférieure un premier trait marqué zéro, au-dessous duquel est gravé le mot *vinaigre*, et qui indique la quantité de

vinaigre qu'il faut employer pour l'essai. Au-dessus du zéro, sont gravées les divisions 1, 2, 3, 4..... destinées à indiquer la richesse du vinaigre essayé; 2° une pipette (fig. 352) portant un seul trait marqué 4 c. c. et servant à mesurer exactement la quantité de vinaigre nécessaire pour chaque expérience; 3° une *liqueur acétimétrique* titrée, que l'on prépare de la manière suivante : on dissout 45 grammes de borax pur dans un litre d'eau ; on colore la solution en bleu avec quelques gouttes de teinture de tournesol et on y ajoute 11 grammes de soude caustique; 20 c. c. de cette liqueur doivent saturer exactement 4 c. c. d'acide sulfurique normal de *Gay-Lussac* (formé de 100 grammes d'acide sulfurique monohydraté dissous dans l'eau distillée, de manière à produire un volume de 1 litre). Pour faire un essai,

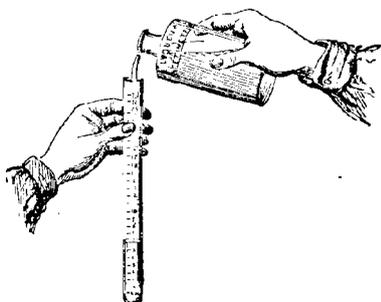


Fig. 351. — Acétimètre de Réveil et Sallieron.

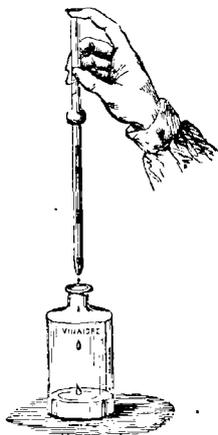


Fig. 352. — Pipette pour mesurer le vinaigre.

on prend avec la pipette 4 c. c. du vinaigre, qu'on laisse tomber dans l'acétimètre, et l'on verse par dessus, par petites portions et en secouant le tube, de la liqueur acétimétrique, jusqu'à ce que le mélange prenne une teinte violacée uniforme, à laquelle on reconnaît que l'acide est saturé. On s'arrête alors et on lit le chiffre correspondant à la division où se trouve le niveau du liquide. Ce chiffre donne la quantité d'acide acétique pur enfermé dans le vinaigre, quantité exprimée en centièmes de son volume; 8 degrés, par exemple, signifient qu'un hectolitre du vinaigre essayé contient 8 litres d'acide acétique cristallisable pur ou monohydraté.

Le vinaigre est quelquefois mélangé frauduleusement avec d'autres acides (acides chlorhydrique, sulfurique, tartrique), dans le but de lui donner une force apparente plus grande. La recherche de ces corps ainsi que d'autres

substances (poivre, piment, etc.) pourra être effectuée d'après les méthodes indiquées dans le *Manuel de Bolley*¹.]

B. PRÉPARATION DU VINAIGRE AVEC L'ACIDE PYROLIGNEUX
OU VINAIGRE DE BOIS.

Distillation du bois.— [Lorsqu'on distille du bois en vase clos, une partie du carbone reste à l'état de charbon, et les autres éléments se dégagent sous forme de gaz incondensables : acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène, hydrogènes carbonés, azote, et de corps condensables, qui consistent en vapeur d'eau, *acide acétique*, *alcool méthylique* ou *esprit de bois*, acétate de méthyle, acétone, créosote, phénols, substances goudronneuses et acides gras (acides formique, propionique, butyrique, valérianique et caproïque). Lorsqu'on abandonne à lui-même le produit de la condensation de ces corps, il se partage en trois couches : une couche inférieure formée de *goudron*, contenant des huiles lourdes créosotées saturées d'acide acétique ; une couche moyenne, qui constitue le *vinaigre de bois* ou *acide pyroligneux* et qui contient l'eau, l'acide acétique, l'esprit de bois, l'acétone, des matières goudronneuses dissoutes, de l'éther méthylacétique, de l'acide oxyphénique, et les acides gras² ; enfin une couche supérieure dans laquelle se trouvent des huiles légères goudronneuses renfermant de l'acide acétique en dissolution.] La quantité d'acide acétique, C²H⁴O², que l'on peut extraire lorsque la carbonisation est bien conduite, s'élève tout au plus à 7 ou 9 pour 100 du poids du bois. *Smith* et *Muspratt* ont obtenu de

1000 parties de bois de chêne.	20 parties d'acide acétique.	
1000 — de bois de bouleau.	22	—
1000 — de bois de jeune chêne.	36	—
1000 — de bois de saule.	9	—

D'après les recherches de *H. Vohl*, la tourbe peut aussi, dans certaines circonstances, être employée pour la fabrication de l'acide acétique (et de l'esprit de bois) ; 1,000 kilogrammes de tourbe donneraient 6 kilogrammes d'acide acétique et 2 kilogrammes d'esprit de bois. Le tableau suivant indique les produits les plus importants qui se forment dans la distillation sèche du bois :

¹ *Manuel d'essais et de recherches chimiques*, 2^e édition française, traduite par *L. Gautier*, p. 201. Paris, 1877.

² D'après *E. Luck* (1871), les acides propionique et butyrique accompagnent l'acide acétique séparé des produits de la distillation du bois dans toutes les combinaisons préparées avec cet acide.

blis à demeure dans un fourneau, ou pouvant être extraits à volonté de ce dernier au moyen d'un dispositif particulier. Dans l'appareil représenté par la figure 353, le cylindre A est mobile; on adapte un peu au-dessous de son bord supérieur un ajutage *o*, par lequel on fait passer les produits de la distillation dans un réfrigérant. Le cylindre étant rempli de bois, on le ferme avec un couvercle en tôle que l'on fixe solidement au moyen de pinces de fer; puis, à l'aide de la grue D, on le descend dans le fourneau B, sur lequel on applique ensuite le couvercle en briques E, cerclé de fer. La distillation est effectuée par chauffage à la houille ou au bois et par la combustion des gaz incondensables dégagés par le bois; lorsqu'elle est terminée, on sépare la cornue du réfrigérant, on bouche l'ajutage *o*, puis on enlève le couvercle

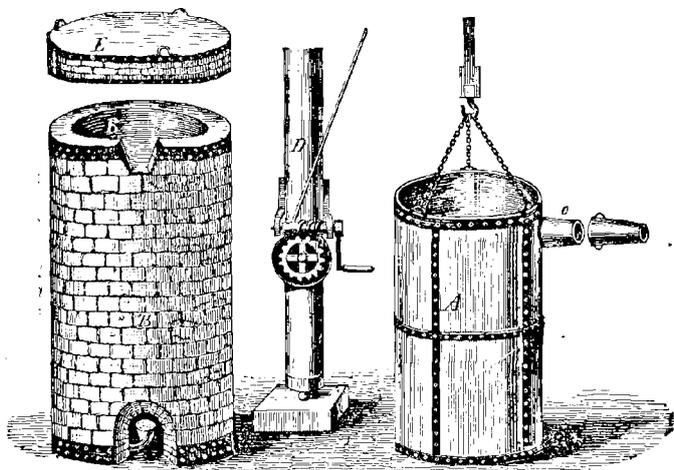


Fig. 353. — Appareil pour la distillation du bois.

du four et le cylindre que l'on remplace immédiatement par un autre, également chargé de bois. Quand le cylindre est froid, on en retire le charbon. Dans quelques usines on a supprimé l'ajutage latéral *o* pour le reporter au centre du couvercle du cylindre et celui-ci est muni vers sa partie supérieure d'un rebord par lequel il vient s'appliquer sur le couronnement du four, de façon à le fermer tout en émergeant de quelques centimètres. Grâce à cette disposition, le four n'a pas besoin de couverture et la manœuvre se trouve simplifiée. Le plus ordinairement on construit l'un à côté de l'autre deux fours contenant chacun un cylindre disposé comme il vient d'être dit, et dont les tubes pour le dégagement des gaz et des vapeurs viennent déboucher dans un tuyau commun conduisant au réfrigérant; les deux fours sont chauffés par le même foyer, et à l'aide de registres pour la fumée et de vanettes réglant l'arrivée des gaz incandescents provenant de la distillation, l'opération peut être conduite de façon à ce qu'il y ait constamment un cylindre en activité, ce qui permet de réaliser une grande économie de

combustible. Deux fours doubles, disposés comme il vient d'être dit, sont en général établis l'un à côté de l'autre, de façon à pouvoir être desservis par la même grue. Aux appareils avec cylindre fixe appartient celui de *Kestner*, de Thann, duquel on peut rapprocher le dispositif usité en Suède pour la carbonisation du bois et imaginé par *Schwarz* (voy. Chap. VIII, *Carbonisation en fours*.)

Afin d'utiliser les matériaux de rebut, comme la sciure de bois et les bois de teinture épuisés, *Halliday* a imaginé un appareil dans lequel les matières, introduites, au moyen d'une trémie, à l'une des extrémités de la cornue à distillation, sont entraînées graduellement vers l'autre extrémité par une

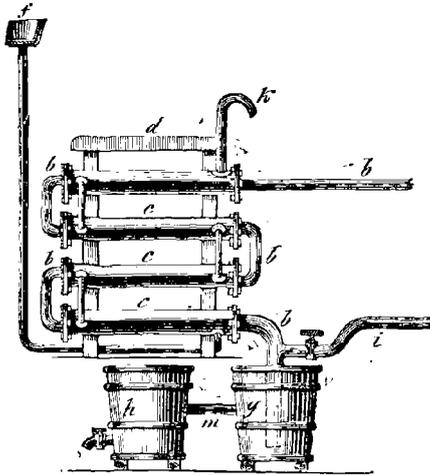


Fig. 354. — Condensateur de l'appareil précédent.

vis d'Archimède; dans leur marche à travers l'appareil, les substances sont carbonisées; les gaz et les vapeurs sont conduits par un tube spécial vers le condensateur, et le charbon, très-divisé, tombe à travers un tuyau dans un vase rempli d'eau. Enfin, dans le procédé de *Salomon* et *Azulay*, la distillation du bois est effectuée au moyen de vapeur d'eau surchauffée.

Condensateur. — Les gaz et les vapeurs au sortir des appareils à distillation se rendent dans un condensateur qui est généralement disposé comme le montre la figure 354; cet appareil se compose de quatre tuyaux horizontaux *b, b...*, placés les uns au-dessus des autres, réunis par des coudes et enveloppés de manchons en tôle *c, c...*, dans lesquels on fait circuler un courant d'eau froide; il est soutenu par la charpente en bois *d*. L'eau arrive du réservoir *f* et se rend par un tuyau dans le manchon inférieur, puis passe successivement dans les autres manchons par les tubes verticaux établissant la communication entre ces manchons, et s'échappe enfin par le tube recourbé *k*. Les produits condensés de la distillation tombent par le conduit *b* dans un premier réservoir *g*, tandis que les gaz inflamma-

bles se rendent par le tube *i* dans le foyer des appareils distillatoires, où ils produisent en brûlant une chaleur suffisante pour que, lorsque la distillation est en pleine activité, il soit inutile d'ajouter d'autre combustible. Du réservoir *g*, les produits condensés passent par le tube *m* dans le deuxième réservoir *h*. Afin d'obtenir une condensation plus complète, *C. Vincent* fait passer les gaz froids, à la sortie du condensateur, à travers une couche de cristaux de soude placés sur un double fond dans une colonne en cuivre. Sous l'influence du courant gazeux saturé de vapeurs acides et aqueuses, les cristaux fondent peu à peu en produisant un abaissement considérable de température, qui détermine une condensation très-abondante de vapeurs, et en même temps il se forme de l'acétate de sodium. Le produit de la condensation, soutiré par un robinet placé à la base de la colonne, contient de l'acétate et du carbonate de sodium, de l'alcool méthylique, de l'acétone, etc.; en le soumettant à la distillation, on obtient de grandes quantités d'esprit de bois brut et un résidu qui sert à la préparation de l'acétate de sodium.]

Les fabriques de gaz au bois (établies d'après le brevet de *Pettenkofer*) produisent maintenant des quantités considérables d'acide pyroligneux.

[**Traitement des produits liquides de la distillation.** — Comme on l'a dit précédemment (page 348), les produits liquides de la distillation du bois se partagent en trois couches lorsqu'on les abandonne à eux-mêmes dans les vases où ils sont reçus au sortir du condensateur. La couche supérieure et la couche inférieure, étant tirées à part, sont soumises ensemble à un traitement qui sera indiqué plus loin.

La couche moyenne (mélange d'acide acétique, d'esprit de bois, d'acétone, etc.) qui constitue le *vinaigre de bois* ou l'*acide pyroligneux brut*, est un liquide brun-foncé, d'une odeur et d'une saveur acidulée de goudron et de fumée. Une petite portion est employée pour la conservation de la viande, du bois d'ouvrage, des cordages, etc., tandis que la majeure partie sert à la fabrication de l'acide acétique (et des acétates), et est soumise dans ce but à des traitements qui varient avec les usages auxquels l'acide doit être employé ultérieurement. Dans tous les cas, on commence par distiller l'acide pyroligneux brut dans un alambic en cuivre, muni de plateaux rectificateurs, jusqu'à ce que tout l'alcool méthylique soit passé à la distillation, c'est-à-dire jusqu'à ce que le liquide sortant du condensateur marque zéro à l'alcoomètre. L'alcool méthylique brut ainsi obtenu est recueilli dans un réservoir spécial et traité comme il est dit plus loin. Si on veut obtenir de l'acide pyroligneux distillé pour préparer de l'acétate de plomb (voy. t. I, p. 158) ou tout autre usage, on continue la distillation en recueillant le liquide condensé dans un autre vase et poussant l'opération jusqu'à ce que des matières huileuses apparaissent dans le récipient. Les matières goudronneuses qui restent dans l'alambic sont réunies aux couches inférieure et supérieure des liquides formés par la condensation des produits de la distillation du bois. Lorsque, au contraire, on a l'intention de fabriquer du *pyrolignite de chaux* et de l'*acétate de sodium*, qui servent de point de départ pour la préparation de l'*acide acétique*, on interrompt la distillation quand tout l'alcool méthy-

lique a été expulsé, on laisse refroidir l'appareil et l'on fait écouler l'*acide pyroligneux* encore impur qu'il renferme par le robinet dont il est muni à sa partie inférieure, en ayant soin de mettre à part la couche goudronneuse qui se trouvait au fond de l'alambic.]

[**Acétate de calcium et acide acétique pour les arts.** — Pour préparer l'*acétate de calcium* (pyrolignite de chaux), on sature l'acide pyroligneux avec de la chaux éteinte et l'on évapore le liquide dans des chaudières en fonte chauffées à feu nu, jusqu'à ce que la masse soit réduite à l'état de pâte, dont on achève la dessiccation dans d'autres chaudières plates, où l'on brasse continuellement la matière à l'aide d'une spatule en fer.

En décomposant le pyrolignite de chaux par l'acide chlorhydrique, on obtient l'*acide acétique* dit *mauvais goût*, destiné aux usages industriels. Dans ce but, on mélange le sel calcaire avec une quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour le décomposer complètement (90 à 95 parties d'acide à 20° B. pour 100 parties d'acétate), et l'on abandonne le mélange à lui-même pendant environ 12 heures; on enlève alors les matières goudronneuses qui se sont rassemblées à la surface, puis on distille à feu nu le mélange dans un alambic en cuivre, afin de séparer l'acide acétique devenu libre. L'acide ainsi obtenu contient un peu d'acide chlorhydrique et des matières huileuses; pour le purifier, on le rectifie en le redistillant dans un alambic en cuivre chauffé à la vapeur. Malgré cette rectification, cet acide acétique conserve toujours un goût empyreumatique désagréable, qui s'oppose à son emploi pour les usages culinaires, aussi est-il exclusivement réservé pour les besoins de l'industrie (fabrication de la céruse, du verdet, de l'aniline, etc.).]

[**Acétate de sodium et acide acétique bon goût.** — La préparation de l'acétate de sodium s'effectue de la manière suivante : on sature l'acide pyroligneux avec du carbonate de sodium purifié, sec; on laisse reposer, on enlève les matières goudronneuses réunies à la surface et l'on évapore le liquide dans des chaudières en fonte ou en tôle, puis on le verse dans des cristallisoirs; les cristaux formés dans ces vases sont redissous à la vapeur dans un peu d'eau et la liqueur est abandonnée à cristallisation. On a alors des cristaux qui sont plus purs que les premiers, mais encore souillés par des matières goudronneuses et que, dans quelques fabriques, on arrose avec une dissolution d'acétate de sodium blanc, puis qu'on égoutte dans uneessoreuse et que l'on emploie dans cet état pour préparer l'acide acétique par distillation avec l'acide sulfurique.

Pour obtenir l'acétate de sodium blanc, on fait fondre le sel de deuxième cristallisation dans une chaudière en fonte, puis on chauffe à 580 ou 400°, par petites portions, cet acétate, fondu dans son eau de cristallisation, dans une autre chaudière appelée *fritte* et fermée pendant l'opération. Lorsque celle-ci est terminée, c'est-à-dire au bout d'une heure et demie environ, on verse l'acétate fondu et fritté dans une chaudière en fonte fermée, contenant de l'eau; la solution ainsi obtenue, filtrée d'abord sur une toile, puis sur du noir animal, et évaporée à 24° B., donne par refroidissement des cristaux

d'acétate de sodium offrant une teinte légèrement blonde ; la cristallisation a lieu ordinairement dans des vases en cuivre peu profonds, dans lesquels se meut continuellement un agitateur mécanique, afin de troubler la cristallisation et de produire de petits cristaux ; on obtient ainsi un produit plus blanc et plus pur, que l'on met à égoutter dans une chaudière en cuivre percée de trous, puis qu'on lave avec une solution très-pure d'acétate de sodium, qu'on laisse égoutter de nouveau et qu'enfin on fait sécher. Le sel ainsi obtenu est très-pur, mais sa préparation est longue et délicate ; c'est pour cela que l'on préfère, dans quelques fabriques, dissoudre l'acétate de deuxième cristallisation dans l'eau bouillante, de façon à obtenir une liqueur marquant 15 à 16° B., que l'on fait filtrer lentement sur du noir animal en grains. La solution ainsi décolorée, puis évaporée, donne de l'acétate de sodium parfaitement blanc.

La préparation de l'acétate de sodium peut également être effectuée en chauffant dans un alambic l'acide pyroligneux brut, dont on dirige les vapeurs dans un second alambic contenant du sulfate de sodium, de la chaux éteinte et de l'eau. La saturation étant terminée, on soutire le mélange du second alambic dans un réservoir en tôle, on laisse déposer le sulfate de calcium qui a pris naissance, on décante le liquide clair et on l'évapore à cristallisation.

Pour préparer l'*acide acétique bon goût*, on mélange dans un alambic en cuivre l'acétate de sodium de seconde cristallisation avec 2 équivalents d'acide sulfurique concentré, et après quelques heures de contact on procède à la distillation à feu nu ou mieux à la vapeur. Il passe d'abord de l'acide acétique fort, marquant 8 à 11° B., que l'on recueille à part ; puis, à mesure que l'opération avance, l'acide devient de plus en plus faible, et lorsqu'il ne passe plus que de l'eau on arrête la distillation ; il reste dans l'alambic du bisulfate de sodium. L'acide acétique ainsi obtenu n'est pas encore pur ; pour le débarrasser des matières étrangères qu'il renferme (acide chlorhydrique, acide sulfureux, matières empyreumatiques, acétate de cuivre), on le distille à la vapeur dans un alambic en cuivre, muni d'un réfrigérant en argent, sur de l'acétate de soude, de la chaux, du minium ou du bichromate de potassium. Les premiers produits de cette rectification sont les plus faibles, on les emploie pour les usages culinaires ; ceux qui passent ensuite sont de plus en plus riches et marquent 10° B. ; ils servent pour la préparation de l'acide acétique cristallisable. L'acide acétique ainsi rectifié offre toujours un goût particulier, mais très-faible, que l'on peut masquer en partie en y ajoutant de l'alcool qui s'éthérifie peu à peu. Lorsqu'on veut avoir un acide tout à fait exempt de saveur étrangère, il faut le préparer à froid, d'après le procédé des frères *Mollerat*.

A cet effet, on mélange dans une cuve en bois, munie d'un faux-fond percé de trous, de l'acétate de sodium blanc en petits cristaux, avec 35 0/0 de son poids d'acide sulfurique à 66° B. ; au bout de 12 heures environ, l'acide sulfurique a mis en liberté l'acide acétique, et le sulfate neutre de sodium, qui en même temps a pris naissance, cristallise presque en totalité, par suite de

sa très-faible solubilité dans l'acide acétique; ouvrant alors un robinet placé au-dessous du faux-fond de la cuve, on fait écouler l'acide, et lorsque le sulfate est bien égoutté, on le mélange avec un peu d'eau, et l'on soutire une nouvelle quantité d'acide acétique contenant un peu plus de sulfate que le premier. Pour dépouiller l'acide acétique ainsi obtenu du sulfate de sodium qu'il tient en dissolution, on le verse dans de grands pots en grès placés dans un bac, où l'on fait passer pendant huit à dix jours un courant d'eau aussi froide que possible; au bout de ce temps, la majeure partie du sulfate s'est déposée en cristaux dans les pots; on décante l'acide, et pour achever sa purification on le mélange avec une quantité d'acétate de calcium pur suffisante pour décomposer tout le sulfate qui reste encore; il se forme du sulfate de calcium qui se dépose peu à peu, et l'acétate de sodium résultant de la double décomposition se dissout dans l'acide; sa présence n'a aucun inconvénient. On soutire ensuite l'acide clair, on l'étend avec de l'eau, afin de l'amener à un degré convenable pour les usages culinaires, et on le livre au commerce.]

Acide acétique cristallisable. — Dans l'industrie, on prépare l'*acide acétique cristallisable* (acide acétique monohydraté) d'après le procédé indiqué par *Melsens*. Dans un alambic en cuivre, muni d'un serpentín en argent, on introduit de l'acétate de potassium fondu et concassé après refroidissement, puis on verse sur le sel de l'acide acétique fort, marquant 8 à 11° B. (voy. p. 554), et on laisse reposer pendant quelques heures; il se forme du biacétate de potassium, et il reste un excès d'acide libre. On distille alors le mélange; il ne passe d'abord que de l'acide faible que l'on recueille à part; mais, lorsque le biacétate a perdu toute son eau, il commence à se décomposer, et il se dégage de l'acide acétique concentré; il reste dans l'alambic de l'acétate neutre de potassium. On rectifie l'acide concentré sur de l'acétate de potassium anhydre, puis on le soumet à la congélation et à l'égouttage; enfin on le rectifie une deuxième fois, en mettant de côté tous les premiers produits qui ne sont pas de l'acide monohydraté. Pour reconnaître à quel moment ce dernier commence à distiller, on se sert de la propriété que possède l'acide cristallisable de dissoudre en toutes proportions l'essence de citron, qui est, au contraire, très-peu soluble dans l'acide aqueux.

L'acide acétique monohydraté est solide et cristallin jusqu'à + 16°, température à laquelle il fond en donnant un liquide incolore, bouillant à 120°; il a une odeur agréable, vive et piquante, et une saveur brûlante. Il est employé en photographie et dans les laboratoires.

Dans quelques usines, on prépare de l'acide acétique avec une richesse de 80 pour 100 en distillant un mélange d'acétate de sodium fondu avec de l'acide sulfurique à 66° B.]

Esprit de bois ou alcool méthylique. — [L'esprit de bois brut, séparé par distillation de l'acide pyroligneux brut (voy. p. 552), contient, outre l'alcool méthylique, CH^4O ou CH^2, OH , de l'eau, de l'acide acétique, de l'acétone, de l'éther méthylacétique, de l'aldéhyde, quelques carbures d'hydrogène, de la méthylamine, de l'alcool allylique (d'après *G. Krell* et *B. Avo-*

*nheim*¹), etc. Pour éliminer ces différents corps, on fait digérer le liquide brut, dans un vase fermé, avec de la chaux, qui dégage de l'ammoniaque et de la méthylamine; en outre, l'acide acétique est saturé, l'éther méthylacétique décomposé en alcool méthylique et acétate de calcium, et l'acétone transformée en différents produits moins volatils. Après quelques heures de contact, on distille le mélange dans un appareil formé de trois parties distinctes : une chaudière chauffée à la vapeur, une colonne de rectification refroidie par un courant d'eau et terminée inférieurement par un vase ovoïde, dans lequel viennent aboutir deux tubes dont l'un amène la vapeur de la chaudière et dont l'autre est destiné à retourner dans celle-ci les liquides condensés dans la colonne, enfin un serpentín servant à la condensation des vapeurs sortant de la colonne. Le produit de la distillation, qui marque 90 à 95° à l'alcoomètre, ne contient plus guère que de l'alcool méthylique, de l'acétone, un peu d'éther méthylacétique, de l'aldéhyde, de l'eau et très-peu de carbures d'hydrogène. Pour purifier plus complètement l'alcool méthylique, ce qui est indispensable lorsqu'il doit servir à la préparation des couleurs d'aniline, on l'étend avec de l'eau jusqu'à ce qu'il ne marque plus que 50°; les carbures d'hydrogène se séparent en majeure partie, et forment au bout de quelques jours une couche huileuse à la surface du liquide; on soutire alors la couche inférieure, et on rectifie dans l'appareil précédent avec 2 à 3 pour 100 de chaux. L'alcool méthylique provenant de cette seconde rectification n'est pas encore pur, il peut cependant servir pour beaucoup d'usages industriels; mais, lorsqu'il doit être employé pour la fabrication de la méthylaniline et des éthers méthyliques, il faut encore le distiller entre certaines limites de température (46 à 67°), en présence d'une petite quantité d'acide sulfurique. — Un stère de bois fournit en général 2 à 3 litres d'alcool méthylique.]

L'esprit de bois a été découvert en 1812 par *Taylor* et vendu pendant longtemps comme combustible pour les lampes à alcool; ce n'est qu'en 1822 qu'il a été décrit par lui comme un corps nouveau. A l'état pur, l'esprit de bois est un liquide incolore, d'un poids spécifique de 0,814, qui bout à 60°,5. Il a une grande analogie avec l'alcool, aussi bien au point de vue de ses propriétés que de son mode de décomposition et de sa constitution chimique, et il peut être employé comme combustible pour les lampes, mais il s'évapore plus rapidement et donne beaucoup moins de chaleur². On s'en sert dans la fabrication des vernis de menuisier et des vernis résineux; il doit être assez pur pour servir à cet usage, et, en outre, son évaporation rapide est un inconvénient. On l'aurait essayé en Angleterre comme substance enivrante, sans qu'on en ait été incommodé. Depuis quelque temps, on emploie l'esprit de bois en grande quantité pour la préparation de l'iodure et du bromure de méthyle, et en le chauffant avec du chlorhydrate d'aniline

¹ Avec lesquels sont tout à fait d'accord *Grodzki* et *G. Krämer* dans leurs récents travaux sur l'esprit de bois.

² Une partie en poids d'alcool donne en se transformant par combustion en acide carbonique et en eau 7,189 calories, tandis que l'esprit de bois n'en donne que 5,507.

pour la préparation de la méthylaniline, substances qui servent dans la fabrication des couleurs de goudron bleues et violettes, de sorte que l'esprit de bois a acquis une grande importance pour l'industrie des couleurs et est devenu un des produits les plus précieux de la distillation du bois. En Écosse, on obtient depuis quelque temps l'esprit de bois comme produit du traitement des algues marines d'après la patente de *Stanford* (voy. t. I, p. 459). [Dans le traitement des vinasses de betteraves pour sels potassiques, d'après la méthode indiquée récemment par *C. Vincent*, on peut également obtenir de grandes quantités d'alcool méthylique (voy. t. I, p. 287).] La détermination de la teneur en alcool méthylique de l'esprit de bois du commerce s'effectue, d'après *G. Krell* (1873)¹, en transformant l'esprit de bois en iodure de méthyle par l'iodure de phosphore (Ph³I); 5 cent. cubes d'alcool méthylique absolu donnent 7, 19 cent. cub. d'iodure de méthyle.

[**Éther méthylique.** — L'éther méthylique, ou oxyde de méthyle, C²H⁶O, se prépare en chauffant à 125 ou 128° un mélange de 20 parties d'acide sulfurique et de 13 parties d'alcool méthylique aussi pur que possible; il se forme de l'acide sulfureux, de l'acide carbonique et de l'éther méthylique. On absorbe les deux premiers gaz par une solution de potasse caustique, et, au moyen d'une pompe à compression, on refoule les vapeurs d'éther méthylique dans un condenseur, où elles se liquéfient. L'éther méthylique est gazeux à la température ordinaire, incolore, d'une odeur éthérée; il se liquéfie à — 36° et distille à — 21°, en produisant sur les corps avec lesquels il est en contact un abaissement de température considérable, que *Ch. Telier* a mis récemment à profit pour la construction d'un appareil à glace et pour refroidir les chambres d'un navire (*le Frigorifique*; voy. *Conservation de la viande*) destiné à transporter des viandes fraîches d'Amérique en Europe.]

[**Traitement du goudron, préparation de la créosote.** — Les couches goudroneuses inférieure et supérieure, séparées par le repos du produit de la distillation, ainsi que le goudron précipité lors de la distillation de l'acide pyroligneux brut (voy. p. 348 et 352), sont soumis dans un alambic en cuivre à une distillation fractionnée de façon à recueillir deux ou trois groupes de produits; cette opération donne comme résidu une masse noire se solidifiant par le refroidissement, et désignée sous le nom de *brai de bois*. Lorsque par le repos chacun des groupes recueilli s'est séparé en deux couches, l'une aqueuse très-acide et l'autre huileuse également acide, on sature ces différents liquides par une solution de carbonate de sodium; on laisse reposer pendant quelques heures, et l'on sépare par décantation les produits huileux réunis à la surface des différentes liqueurs. La partie aqueuse, qui se trouve au-dessous des produits huileux ainsi séparés, contient surtout de l'acétate de sodium, si elle provient du premier groupe recueilli, tandis qu'elle est riche en acides propionique, butyrique, valérianique et ca-

¹ Voy. *P. Bolley, Manuel d'essais*, etc., 2^e édition française traduite par *L. Gautier*, p. 864.

proïque, unis à la soude, si elle a été fournie par les deuxième et troisième groupes. En soumettant à une distillation fractionnée les produits huileux séparés de la partie aqueuse, on obtient, si l'on recueille à part ce qui passe entre 150 et 260°, un liquide à l'aide duquel on prépare de l'acide *phénique* et de la *créosote*.

Dans ce but, on mélange avec ce liquide une lessive de soude caustique à 56° B., qui dissout une grande partie du produit, puis on ajoute 2 ou 3 volumes d'eau, et les hydrogènes carbonés qui étaient en dissolution se séparent à la surface; on décante la couche inférieure du liquide, on la fait bouillir dans un vase ouvert, puis on la sature par l'acide sulfurique étendu. Il se sépare une masse huileuse, renfermant une série de corps oxygénés, parmi lesquels se trouvent l'acide phénique, C^6H^6O (point d'ébullition 188°), le crésylol, C^8H^8O (point d'ébullition 203°), et le crésol, $C^8H^{10}O$ (point d'ébullition 217°). Pour obtenir la créosote incolore, on redissout ce corps, après distillation, dans la soude caustique, et l'on fait bouillir au contact de l'air les combinaisons sodiques obtenues; on enlève les matières résineuses rassemblées à la surface de la liqueur, et on décompose celle-ci par l'acide sulfurique étendu. Il se sépare alors une matière huileuse, que l'on soumet à des distillations fractionnées, afin d'obtenir une première séparation de l'acide phénique et de la créosote. On recueille à part le produit qui passe entre 150 et 195° et qui renferme surtout de l'acide phénique; on le traite par une dissolution de soude caustique qui le dissout, puis on ajoute une quantité d'acide sulfurique étendu seulement suffisante pour précipiter une partie des phénols. Il se sépare alors un mélange de matières résineuses, d'acide phénique et de créosote que l'on sépare; une deuxième addition d'acide sulfurique précipite principalement la créosote, et l'on arrive à régler l'opération de façon à obtenir par une troisième et dernière précipitation de l'acide phénique presque pur, qu'il suffit de distiller en recueillant le produit qui passe à 180°. On traite à part la partie bouillante entre 175 et 220°, riche en créosote, en ne recueillant que le produit bouillant à 203°; ce produit doit être entièrement soluble dans la soude caustique, et l'addition d'une grande quantité d'eau ne doit déterminer aucune précipitation; s'il n'en était pas ainsi, il faudrait recommencer le traitement par la soude, la précipitation partielle et la distillation (C. Vincent).

La *créosote*, découverte en 1852 par v. *Reichenbach* dans le goudron de bois de hêtre, n'est pas un corps unique, elle consiste essentiellement d'après les recherches de *Illasivetz*, de v. *Gorup-Besanez*, de *Marasse*, etc., en un mélange des combinaisons homologues : $C^7H^8O^2$, $C^8H^{10}O^2$ et $C^9H^{12}O^2$; d'autres la considèrent comme un mélange de crésol et de gaïacol. A l'état pur la créosote est un liquide très-réfringent, incolore, mais se colorant au bout de quelque temps, huileux, à odeur de fumée et d'une saveur brûlante; sa densité est de 1,05; elle bout à 205°; peu soluble dans l'eau, elle se dissout au contraire facilement dans l'alcool et dans l'éther. La créosote offre des propriétés antiseptiques remarquables.]

FABRICATION INDUSTRIELLE DES ACIDES TARTRIQUE ET CITRIQUE

ACIDE TARTRIQUE ET CRÈME DE TARTRE.

[Les matières premières de la fabrication de l'acide tartrique et de la crème de tartre sont, comme on l'a dit précédemment (p. 207), le *tartre brut* et les *lies*. La fabrication de l'acide tartrique forme aujourd'hui une branche importante de la chimie technologique; d'après R. *Warington* (1876), il existe en Angleterre, aux environs de Londres, six fabriques dans lesquelles on a préparé, en 1875, 1,350,000 kilogrammes d'acide tartrique, et, la production des usines du continent (dont les principales sont à Lyon, à Thann, à Pforzheim, à Heilbronn, à Pesth et à Vienne) peut être évaluée à 1,200,000 kilogrammes, de sorte qu'on arrive à un total de 2,550,000 kilogrammes, représentant une valeur d'environ 9,500,000 francs.]

[**Composition des tartres et des lies.** — Sous le nom de tartres bruts, on rencontre dans le commerce trois produits différents: 1° les *tartres rouges* et *blancs*, tels qu'on les extrait des tonneaux qui contenaient du vin rouge ou blanc; 2° les *cristaux d'alambics* recueillis au fond des chaudières où l'on a distillé le vin pour la fabrication de l'eau-de-vie; 3° les *cristaux de lies*, que l'on obtient en traitant les lies par l'eau bouillante et faisant cristalliser la dissolution. Les deux derniers produits sont plus riches en bitartrate de potassium que les tartres rouges et blancs, qui renferment souvent de grandes quantités de tartrate de calcium. Mais lorsque les vins ont été plâtrés la quantité du bitartrate de potassium est considérablement diminuée, le sel potassique étant en partie remplacé par du tartrate de calcium. La richesse centésimale en crème de tartre et en tartrate de calcium du tartre des différents pays est très-variable, comme on peut s'en rendre compte d'après les analyses suivantes, publiées par *Scheurer-Kestner* (1860), *Schicht* (1871) et *Warington* (1876) :

<i>Scheurer-Kestner.</i>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Bitartrate de potassium. . .	84,95	77,50	85,10	85,05	73,50	32,10	84,50	24,20	67,35
Tartrate de calcium.	4,64	7,50	9,92	7,75	18,58	46,25	—	45,20	9,20

1, 2 et 3 Tartres blancs d'Alsace; 4 et 5 tartres blancs de Suisse; 6 tartre rouge de Bourgogne; 7 tartre blanc de Toscane; 8 tartre rouge d'Espagne; 9 tartre blanc de Hongrie.

<i>Schicht.</i>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bitartrate de potassium. . .	90,00	77,00	75,00	41,56	84,60	34,00	77,00	88,26	75,00	59,50
Tartrate de calcium.	4,00	7,50	7,80	52,00	10,40	55,80	9,00	9,00	15,00	5,00

1 et 2 Tartres rouges de Portugal; 3 tartre rouge d'Autriche; 4 et 5 tartres blancs d'Espagne; 6 et 7 tartres blancs d'Allemagne; 8 tartre blanc de Messine; 9 tartre rouge de Messine; 10 tartre rouge de la Caroline du Sud.

<i>Warington.</i>	1.	2.
Bitartrate de potassium	92,55	87,00
Tartrate de calcium	4,60	8,40

1 Tartre de Messine; 2 tartre de San-Antimo.

Les matières étrangères qui accompagnent le bitartrate de potassium et le tartrate de calcium dans le tartre brut consistent ordinairement en magnésie (probablement à l'état de tartrate), alumine, oxyde de fer, silice, sable, fragments de soufre fondu (provenant du soufrage des tonneaux), matières ligneuses, colorantes et sucrées.

Comme la valeur du tartre brut varie avec sa teneur en acide tartrique, et par conséquent en bitartrate de potassium et en tartrate de calcium, et comme en outre la quantité des matières à employer pour la décomposition de la crème de tartre dans les fabriques d'acide tartrique dépend de la richesse en cette dernière substance, il est absolument indispensable que le fabricant détermine exactement la composition des tartres qu'il achète¹.

Les lies, que l'on emploie aujourd'hui en plus grande quantité qu'autrefois pour la préparation de l'acide tartrique (par suite de l'augmentation du prix des tartres), offrent une composition très-complexe, comme le montrent les analyses suivantes, dues à *Warington* (1876) :

	1.	2.	3.
Eau à 100°.	9,750	10,694	11,305
Silice et sable.	4,730	6,860	6,750
Alumine et oxyde de fer.	0,792	1,185	1,235
Acide phosphorique.	0,569	0,486	0,527
Chaux	4,514	10,400	10,567
Magnésic.	0,209	0,363	0,327
Potasse.	7,115	2,125	1,868
Soude	—	0,060	0,100
Acide sulfurique	—	5,729	4,566
Chlore.	—	0,042	0,040
Acide carbonique.	—	0,588	0,455
Acide tartrique	34,569	27,024	28,621
Matière organique.	57,952	34,448	35,672
	100,000	100,000	100,000

1 Lies d'Espagne non plâtrées; 2 lies d'Espagne plâtrées; 3 lies de France plâtrées.

Dans les lies non plâtrées, l'acide tartrique se trouve surtout sous forme de sel potassique; dans celles qui sont plâtrées il est à l'état de tartrate de calcium.]

[**Fabrication de l'acide tartrique.** — La fabrication de l'acide tartrique comprend deux opérations : 1^o la transformation des tartrates potassiques du tartre brut ou des lies en tartrate de calcium; 2^o la séparation de l'acide tartrique du tartrate de calcium obtenu.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour la transformation du bitartrate

¹ Voyez à ce sujet *P. Bolley, Manuel d'essais et de recherches chimiques*, 2^e édition française traduite par *L. Gautier*, p. 226, et *R. Warington*, in *Moniteur scientifique*, 1876, p. 561.

de potassium en tartrate de calcium ; nous indiquerons seulement celles qui sont les plus répandues. D'après le procédé imaginé par *Ch. Kestner*, de Thanu, et employé surtout en France et en Allemagne, les tartres, préalablement réduits en une poudre fine, sont introduits dans de grandes cuves en bois doublées de plomb, contenant de l'eau mélangée d'acide chlorhydrique et chauffée au moyen d'un serpentín à vapeur ; sous l'influence de la chaleur, la crème de tartre se dissout rapidement dans le liquide acide. Une fois la dissolution opérée, on cesse de chauffer et on laisse les impuretés se déposer, après quoi on décante le liquide clair dans une autre cuve munie d'un agitateur et également chauffée à la vapeur. Dans cette cuve on précipite la solution acide de bitartrate de potassium au moyen de la chaux ou de la craie et on convertit ainsi le sel potassique en tartrate neutre de calcium insoluble et en potasse qui en présence de l'acide chlorhydrique se transforme immédiatement en chlorure de potassium soluble. La précipitation achevée, on laisse refroidir la cuve jusqu'au lendemain, on décante la solution qui surnage le tartrate de calcium et on lave celui-ci avec de l'eau, jusqu'à élimination complète du chlorure de potassium. — En Angleterre la préparation du tartrate de calcium s'effectue généralement, d'après *Warington* (1876), de la manière suivante : A un mélange bouillant de craie et d'eau, on ajoute une quantité de tartre suffisante pour décomposer toute la craie ; le tartre est ainsi transformé en tartrate de calcium insoluble qui se précipite et en tartrate neutre de potassium qui reste en dissolution. Afin de transformer ce dernier en tartrate de calcium, on mélange la dissolution avec le sulfate de calcium qui se forme lors de la décomposition du tartrate de calcium (voy. plus loin), on agite pendant quelque temps et lorsque la réaction est terminée on laisse le tartrate calcaire se déposer, on décante le liquide surnageant (dissolution de sulfate de potassium contenant également du sulfate de calcium) et on soumet le dépôt à plusieurs lavages.

Pour préparer le tartrate de calcium avec les lies, on se sert dans l'Allemagne du Sud¹, de la méthode suivante, décrite par *M. Kurtz* (1871) : On commence par distiller la lie pour en extraire de l'eau-de-vie, la distillation terminée, on verse le résidu dans une grande cuve chauffée à la vapeur, puis on y ajoute de l'eau et un peu d'acide chlorhydrique ; lorsque le liquide est en ébullition, on cesse de chauffer et on laisse déposer quelques heures. On décante alors le liquide clair dans une autre cuve et on neutralise avec de la craie en agitant continuellement. Tout l'acide tartrique est ainsi précipité sous forme de tartrate de calcium, qu'on laisse déposer et qu'on lave comme précédemment. (Le dépôt boueux qui s'est formé dans la première cuve est soumis à l'action d'un filtre-pressé, et on obtient ainsi un liquide contenant encore de l'acide tartrique et un résidu qui peut servir à la fabrication du noir de Francfort). Le tartrate de calcium préparé avec

¹ [La fabrication de l'acide tartrique avec les lies de vin est surtout développée en Allemagne et en Autriche ; d'après *P. Muller* (1877), la fabrique de *Wangenmann, Seybel et C^{ie}* produit annuellement 400,000 kilogrammes d'acide tartrique par traitement des lies.]

les lies est plus pur, plus blanc et plus facile à laver que celui fourni par les tartres, et l'acide tartrique qu'on en retire cristallise plus facilement.

Pour séparer l'acide tartrique du tartrate de calcium, on traite ce dernier par l'acide sulfurique. Ce traitement s'effectue dans de grandes cuves en plomb munies d'un serpentín à vapeur; le tartrate calcaire étant introduit dans ces vases on y verse de l'eau, puis une quantité d'acide sulfurique en rapport avec celle du tartrate à décomposer. Au bout de deux heures environ la réaction est terminée, toute la chaux est passée à l'état de sulfate insoluble, tandis que l'acide tartrique devenu libre est entré en dissolution dans l'eau. Par le refroidissement, le sulfate de calcium se dépose et quand sa précipitation est complète, on décante la solution d'acide tartrique. Le dépôt est mis à égoutter sur des filtres, puis lavé avec soin, et les liquides acides ainsi obtenus sont versés, au lieu d'eau, dans les cuves à décomposition.

La solution tartrique séparée du sulfate de calcium précipité est ensuite évaporée à la vapeur dans des chaudières doublées de plomb¹; la concentration est poussée jusqu'au point où le liquide, après avoir été décanté dans des bacs munis d'agitateurs, laisse déposer l'acide tartrique à l'état granuleux. On essore et lave l'acide granulé, puis on le redissout pour le transformer en gros cristaux. Ceux-ci sont ensuite concassés, puis lavés avec de l'eau dans un vase en plomb percé de trous et séchés à l'étuve ou simplement turbinés. En évaporant l'eau mère deux fois on obtient encore de l'acide granulé; après ces trois cristallisations, on la traite par la craie, et le tartrate de calcium ainsi précipité rentre dans une nouvelle opération, ou bien on le décompose séparément par l'acide sulfurique et on concentre la liqueur à 25° B., afin d'obtenir la cristallisation de l'acide paratartrique ou racémique ($C^4H^2O^{22} + 2H^2O$), qui se rencontre ordinairement en plus ou moins grande quantité dans les eaux mères².

Dans l'Allemagne du Sud, la décomposition du tartrate de calcium provenant des lies au moyen de l'acide sulfurique s'effectue, d'après Kurtz (1871), à une température ne dépassant pas 75°; lorsque la décomposition est achevée, on verse le précipité et le liquide sur des filtres en bois doublés de plomb et contenant de la paille et du feutre; on concentre la solution filtrée jusqu'à 40° B. et on la met à cristalliser dans de grandes terrines ou dans des bacs en bois revêtus de plomb. On évapore encore trois fois les eaux-mères, et la quatrième fois on les traite comme matière première. On turbine les cristaux obtenus, on les redissout, on décolore la solution avec du noir ani-

¹ [D'après les indications de Mulaton, fabricant d'acide tartrique à Lyon, on se sert dans quelques fabriques, pour la concentration de la solution tartrique, d'appareils évaporatoires dans le vide qui ne diffèrent de ceux employés dans les sucreries, qu'en ce que le métal qui les forme, au lieu d'être de la fonte, est du plomb d'une épaisseur suffisante pour ne pas éprouver de dépression. Dans ces appareils l'évaporation se faisant à une basse température, l'acide sulfurique en excès ne peut avoir aucune action sur l'acide tartrique.]

² [Suivant Junyfeisch (1874), on ne trouve pas d'acide racémique dans les eaux mères, lorsque l'évaporation des solutions tartriques a été effectuée dans le vide à une basse température.]

mal, on la filtre, on y ajoute un peu d'acide sulfurique, on l'évapore à 55 ou 40° B. et l'on la laisse cristalliser; les cristaux sont ensuite turbinés et séchés.

Lorsque l'acide tartrique obtenu par l'une ou l'autre des méthodes précédentes est destiné aux usages pharmaceutiques, il faut lui faire subir une nouvelle cristallisation, afin de le débarrasser du plomb et de l'acide sulfurique qu'il renferme toujours.]

[Propriétés et usages de l'acide tartrique. — L'acide tartrique, $C^4H^6O^6 + H^2O$, cristallise en prismes monoclinodriques, transparents, incolores, inodores, et d'une saveur franchement acide. Il est inaltérable à l'air, très-soluble dans l'eau, un peu moins soluble dans l'alcool; la solution aqueuse se recouvre facilement de moisissures. Chauffé au contact de l'air, l'acide tartrique répand une odeur de sucre brûlé et brûle en laissant un résidu charbonneux. L'acide tartrique est employé dans la teinture et l'impression des tissus, ainsi qu'en photographie; on s'en sert aussi pour la fabrication des boissons gazeuses, et en médecine on en fait également usage soit à l'état libre, soit sous forme d'émétique (tartrate d'antimoine et de potassium), de crème de tartre, etc.]

[Fabrication de la crème de tartre ou raffinage du tartre brut. — Tous les tartres bruts ne sont pas employés pour la préparation de l'acide tartrique; on en raffine une certaine quantité pour obtenir à l'état pur du bitartrate de potassium, $C^4H^5K^6$ (*crème de tartre, tartre purifié, cristaux de tartre.*) Ce raffinage s'exécute principalement aux environs de Montpellier; on dissout à l'ébullition le tartre pulvérisé, on laisse déposer et on décante le liquide clair dans des terrines, dont les parois se recouvrent bientôt d'une couche épaisse de cristaux de bitartrate de potassium. On redissout ces cristaux dans de l'eau bouillante contenant un peu d'argile et de noir animal, on évapore et on laisse refroidir et cristalliser. On obtient alors de beaux cristaux incolores, qu'on expose au soleil sur des toiles afin de les sécher et les rendre plus blancs. La crème de tartre est employée dans la teinture et dans l'impression des tissus.]

ACIDE CITRIQUE.

[L'acide citrique se rencontre dans le jus d'un grand nombre de fruits, tels que les citrons, les oranges, les limons, les cédrats, les bigarades, les groseilles, les framboises, les cerises, les tomates, etc. On se sert pour sa préparation industrielle, qui a lieu principalement en Angleterre, du jus de trois espèces du genre *Citrus*: le citron (*Citrus limonium*), la bergamotte et le limettier (*Citrus limetta*). Le jus de citron, qui est surtout employé, vient de la Sicile et de l'Espagne; le suc de bergamotte, préparé sur la côte de Calabre, est expédié de cette partie de l'Italie ou de Messine, enfin le suc de limettier provient de Monserrat et de la Dominique (Petites-Antilles) et des îles Sandwich. Suivant R. Warington, il a été importé en Angleterre, en 1875, environ 8,640 hectolitres de jus de citron et de bergamotte, et dans la même année 480 hecto-

litres de jus de limettier ont été employés à la fabrication de l'acide citrique.]

[Préparation et composition du jus de citron concentré. — Le jus de citron concentré de Sicile s'extrait des fruits tombés et plus ou moins endommagés qui ne pourraient pas être vendus. Les citrons, préalablement dépouillés de leur écorce, qui sert à préparer l'essence, sont entassés dans des paniers flasques, à ouverture très-petite, que l'on place les uns au-dessus des autres, de façon que chaque ouverture soit fermée par le fond du panier supérieur; puis on soumet le tout à l'action d'une presse à vis. Il faut en moyenne 15,000 citrons pour fournir une pipe (= 480 litres) de jus brut. Pour concentrer le jus, on le fait bouillir dans une chaudière jusqu'à ce qu'il marque, étant refroidi, 60 degrés à un aréomètre spécial appelé *citromètre* (= un poids spécifique de 1,2594); il offre alors l'aspect d'une liqueur sirupeuse, de couleur brun foncé. Le jus concentré bouillant est ensuite versé sur une toile et le liquide filtré est reçu dans les pipes ou tonneaux, qui servent à le transporter. Quand on conserve le jus concentré pendant longtemps, il s'y forme ordinairement un dépôt de citrate de calcium qui est souvent considérable.

L'acide citrique n'est pas le seul acide organique qui se trouve dans le jus de citron concentré, on y rencontre également de l'acide malique, de l'acide aconitique, ainsi qu'une petite quantité des acides acétique, formique et homologues. Suivant *Warrington*, le jus concentré est considéré comme étant d'une qualité normale lorsqu'il renferme par litre de 397 à 398 grammes d'acide citrique nominal, c'est-à-dire 415 à 416 grammes d'acide cristallisé; il contient généralement de 43 à 49 grammes d'acide organique en combinaison (compté comme acide citrique) par litre, montant à environ 10 pour 100 de la totalité des acides organiques. Le jus concentré de bergamotte a un poids spécifique supérieur à celui du jus de citron, mais son acidité est moindre; il renferme en moyenne 317 grammes d'acide cristallisé par litre. L'acidité étant plus faible, la proportion de ses acides combinés est plus forte; elle s'élève par litre à 43 ou 49 grammes, et est de 12 à 13 pour 100 par rapport à la totalité des acides; ce jus est très-souvent mélangé avec du jus de citron et vendu comme tel. Le jus du limettier paraît avoir des caractères analogues à celui du jus de citron; le jus concentré de Monserrat est très-différent du jus concentré de citron et de bergamotte, c'est un fluide très-épais et visqueux, d'une densité moyenne de 1,32; il contient environ 578 grammes d'acide par litre, dont 7,38 pour 100 en combinaison.]

[Préparation de l'acide citrique. — La préparation de l'acide citrique s'effectue maintenant, d'après *Warrington*, de la manière suivante: Le jus de citron concentré est d'abord neutralisé par de la craie, et l'opération est facilitée par l'emploi de la chaleur. Le citrate de calcium ainsi obtenu est ensuite lavé sur un appareil à filtrer par le vide, puis mêlé avec de l'eau et décomposé par l'acide sulfurique; il en résulte du sulfate de calcium et de l'acide citrique libre. Le sulfate de calcium est lavé sur un filtre par aspiration, et les liqueurs d'acide citrique sont évaporées dans des vases en plomb de 40 centimètres environ de profondeur et chauffés à la vapeur. Pendant

l'évaporation, il se dépose beaucoup de sulfate de calcium, qui adhère aux vases ; on décante la liqueur claire et l'on reprend la concentration. La liqueur concentrée bouillante est versée dans une cuve munie d'un agitateur, que l'on maintient en mouvement pendant environ vingt-quatre heures, et l'acide se dépose à l'état granuleux. On fait subir une nouvelle concentration à l'eau-mère qui donne un second dépôt granuleux. On peut obtenir une troisième cristallisation avec la seconde eau-mère. Le résidu liquide est généralement trop foncé et trop impur pour fournir d'autres cristaux ; il est désigné sous le nom de *liqueur vieille*.

Pour obtenir des cristaux blancs d'acide citrique, on fait redissoudre l'acide granulé, on chauffe la dissolution avec du charbon animal lavé à l'acide chlorhydrique, on la filtre, on la concentre et on la fait cristalliser dans des auges en plomb de 7 centimètres environ de profondeur. La solubilité de l'acide citrique dans l'eau chaude est si différente de celle qu'il a dans l'eau froide qu'une solution chaude saturée se solidifie presque en se refroidissant.

La *liqueur vieille*, qui ne peut plus donner de cristaux d'acide citrique, est étendue d'eau et précipitée par la craie avec l'aide de la chaleur, absolument comme dans le cas primitif. On obtient ainsi du citrate de calcium pur, que l'on décompose par l'acide sulfurique, comme à l'ordinaire, et l'on ajoute l'acide citrique ainsi obtenu aux liqueurs générales.

L'acide citrique est aussi très-souvent préparé avec le citrate de calcium fabriqué sur le lieu même de la récolte par addition de craie ou de chaux au jus de citron frais. Le citrate du commerce, préparé en Espagne et en Sicile, contient ordinairement de 80 à 90 pour 100 de citrate de calcium pur et exige, selon sa richesse, pour sa décomposition de 60 à 70 kilogrammes d'acide sulfurique à 60° B. par 100 kilogrammes. On a également proposé de préparer avec le jus de citron frais du citrate de magnésium et de livrer ce dernier aux fabriques ; ce citrate se conserve il est vrai plus facilement sans altération que le citrate de calcium, qui souvent (notamment celui de Sicile) arrive dans les fabriques à demi décomposé, mais avec le sel de magnésium la préparation de l'acide citrique est plus difficile, parce qu'il faut transformer le citrate de magnésium en un autre citrate avant de le décomposer par l'acide sulfurique.

Il existe en Angleterre cinq fabriques d'acide citrique, dont quatre aux environs de Londres et une à Birmingham ; la production a été, en 1875, de 300,000 kilogrammes environ ; sur le continent plusieurs usines fabriquent également de l'acide citrique, mais leur production n'est pas connue.]

[**Propriétés et usages de l'acide citrique.**—L'acide citrique, $C^6H^8O^7 + H^2O$, cristallise en prismes orthorhombiques, volumineux, transparents, incolores, inodores et d'une saveur acide agréable. Il est inaltérable à l'air lorsqu'il est pur, très-soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther. Lorsqu'on fait fondre l'acide citrique, il dégage de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone ; chauffé à environ 165°, il se change en *acide acétique*, $C^2H^4O^2$, et à une température plus élevée, il distille un corps huileux, com-

posé d'un mélange de deux acides isomères, l'acide itaconique, $C^5H^6O^4$, et l'acide citraconique, $C^5H^6O^5$.

L'acide citrique est employé dans l'impression des tissus comme rongeur et pour faire des réserves; on s'en sert aussi en teinture pour l'extraction de la carthamine et pour aviver les couleurs obtenues avec cette matière. On prépare avec l'acide citrique une solution d'étain qui donne avec la cochenille des nuances écarlates magnifiques. Il est aussi employé en pharmacie pour préparer des limonades, et sous forme de citrate de magnésium comme purgatif.]

CONSERVATION DU BOIS

Généralités. — La durée de la résistance qu'offre le bois aux influences qui agissent sur sa destruction, est extrêmement variable et elle diffère même beaucoup chez une même espèce de bois, suivant la provenance, l'âge, l'épaisseur des couches annuelles, suivant que c'est de l'aubier ou du cœur. En outre, une même espèce de bois ne se comporte pas de la même manière lorsqu'elle est employée dans des circonstances différentes, à l'air libre, à couvert ou sous l'eau. Le bois de hêtre, lorsqu'il reste continuellement sous l'eau, peut durer des siècles, tout comme le bois de chêne. Le bois d'aune exposé dans un lieu sec ne dure que peu de temps, sous l'eau il a au contraire une grande durée. Le bois de châtaigner employé dans un endroit sec dure autant que le bois de chêne. En présence des grandes différences que l'on observe dans la manière dont se comportent les bois et vu la variété de leurs applications, la durée de la résistance du bois aux influences qui agissent sur sa destruction doit être considérée sous deux points différents :

1° A l'air libre, dans un endroit humide ou sec, le bois est plus ou moins exposé à la décomposition ;

2° Ou bien il est plus ou moins attaqué à l'état sec par différents insectes, qui pour la plupart vivent dans le bois à l'état de larves.

La fibre ligneuse pure n'est par elle-même que peu exposée à la destruction par le temps. Mais si, malgré cela, on observe que le bois éprouve avec le temps des changements nuisibles, la raison de ce phénomène, doit être cherchée dans les substances, qui sont étrangères à la fibre ligneuse pure, mais qui l'accompagnent toujours, et notamment dans les éléments de la sève, parmi lesquels se trouvent constamment des corps albuminoïdes. Ces changements se produisent dans les différents bois au bout d'un temps plus ou moins long. Le bois très-riche en résine est celui qui résiste le plus longtemps, parce que la présence de la résine empêche la pénétration de l'humidité. Viennent ensuite les bois dont les couches ligneuses sont très-denses et qui, comme le chêne, contiennent une substance antiseptique — de l'acide tannique ou tannin. La manière dont se comporte le bois complètement submergé est très-variable. Plusieurs espèces de bois, comme le bouleau, le

peuplier, le tilleul et le saule, perdent peu à peu, lorsqu'elles sont exposées sous l'eau, toute leur cohésion et sont transformées en une sorte de bouillie. Dans les marais tourbeux on rencontre fréquemment des troncs de ces espèces de bois qui peuvent être coupés avec la hêche aussi facilement que la tourbe. D'autres bois n'éprouvent dans l'eau aucune altération et acquièrent une grande dureté, tels sont le chêne, l'aune et le pin.

Les insectes attaquent de préférence le bois sec, quelques-uns cependant vivent aussi dans le bois vert du chêne. L'aubier est en général plus facilement attaqué que le cœur. L'aubier du chêne est le plus exposé à la vermoulure, tandis que le cœur sain de ce bois en souffre peu. Les bois d'ormeau et de peuplier, comme les bois riches en résine, sont peu attaqués par les insectes. Les jeunes bois riches en éléments de la sève, surtout les branches exposées au contact de l'air, sont bientôt envahis dans leur écorce par la vermoulure produite par les myrhes et les lucanes; les bois que les insectes visitent le plus sont l'aune, le saule, le bouleau, le hêtre rouge et le charme.

Certaines circonstances, parmi lesquelles nous allons indiquer quelques-unes des plus importantes, exercent une certaine influence sur la plus ou moins grande durée du bois, ce sont : *a.* Les conditions dans lesquelles le bois s'est développé; le bois produit dans un climat froid est plus durable que celui qui est pris dans des contrées chaudes; les sols pauvres produisent un bois plus durable que les terrains humides et riches en principes nutritifs; le bois de sapin qui a cru dans un sol marneux riche est extrêmement différent de celui qui s'est développé sur des rochers. *b.* Les conditions dans lesquelles le bois est employé ont en outre une grande influence sur sa durée; plus le climat est chaud et humide et plus est élevée et humide la température du lieu où se trouve le bois, plus rapidement celui-ci entre en décomposition; inversement un climat sec et froid contribue beaucoup à la conservation du bois. *c.* L'époque de l'abattage : le bois d'hiver passe pour être plus durable que le bois abattu en été; aussi dans beaucoup de pays la législation forestière interdit-elle d'abattre le bois en dehors de la saison d'abattage, qui s'étend ordinairement du 15 novembre au 15 février.

Lorsque le bois est employé dans la construction des habitations, s'il est protégé contre la chaleur et l'humidité, on n'a presque qu'une seule altération à redouter, la vermoulure; au contraire, s'il se trouve dans un endroit humide, où un courant d'air ne s'oppose pas à l'accumulation des produits de décomposition, les substances albuminoïdes de la sève entrent en putréfaction, les fibres s'altèrent, perdent leur cohésion et enfin le bois se transforme en une masse friable. On nomme cette altération la *pourriture* du bois. Lorsqu'il y a une quantité suffisante d'humidité, la surface du bois se couvre de champignons. Ces champignons, qui se propagent avec une grande rapidité et parmi lesquels on rencontre principalement le *Telephora domestica*, le *Boletus destructor* et *Merulius vastator*, se manifestent par l'apparition de taches blanches, allant toujours en s'agrandissant et finissant par former un réseau de filaments gris; plus tard ces

taches se transforment en masses caractéristiques pour chaque espèce, ainsi le *Telephora domestica* produit des couches membraneuses et ramifiées, dont la face inférieure consiste en un tissu feutré violet, tandis que le bord a un aspect tacheté. Le *Boletus destructor* se distingue par son chapeau blanc, irrégulier et rugueux; on le rencontre pendant toute l'année, souvent avec un développement considérable, dans les endroits humides et en mauvais état, ainsi qu'entre les poutres; jeune, il est mou et semblable à la moisissure, et il laisse suinter un suc à odeur forte, mais non désagréable. Le *Merulius vastator* se montre sur les troncs d'arbres morts, sur les planches et poutres qui pourrissent. Étendu sous forme de lamelles, il est long de plusieurs pieds, spongieux, couleur de rouille et fibreux et velouté sur sa face inférieure; il rampe sur le bois et finit par le détruire entièrement. Le plus souvent il agit à couvert, il apparaît subitement, et, sortant tout à coup de dessous les planches, il les ronge et les perforé. Des planches et des poutres il pénètre dans les murs et il attaque la maçonnerie en soulevant les pierres et les réduisant en poussière. Il devient alors le *champignon des murs* et c'est là qu'il se développe avec son caractère le plus dangereux. Les éléments de la vie du champignon sont l'humidité, le manque d'air et de lumière. De là découle immédiatement le remède, qui, appuyé sur de nombreuses expériences, consiste à éloigner l'humidité et à faire circuler l'air d'une manière continue. Pour cette raison, le drainage aérien employé pour les habitations contenant des champignons et bâties sur un sol humide nous paraît, des nombreux moyens recommandés, l'un des plus avantageux. Parmi les moyens chimiques que l'on a proposés pour détruire le champignon des habitations et pour empêcher son développement, l'emploi du pyrolignite de fer s'est montré comme très-convenable. [*Vilain et C^{ie}*, de Berlin livrent depuis quelque temps au commerce, pour le même usage, un liquide qu'ils nomment *mycothanaton* et qui consiste, d'après *Jegel* (1876), en une dissolution de sel marin mélangée avec de l'acide sulfurique et colorée avec de la teinture de tournesol; un litre du liquide analysé contenait 147 grammes d'acide sulfurique et 250 grammes de sel marin.]

Le bois qui est exposé directement à l'influence de l'eau de la mer éprouve plus de dommage que sur terre; mais ici c'est le *taret* qui est l'ennemi le plus dangereux. Cet animal, qui appartient à la classe des mollusques bivalves, s'enfonce, lorsqu'il est encore jeune, dans le bois (des pieux et des vaisseaux) plongé dans l'eau de mer en perforant celui-ci à l'aide de son rostre corné; il s'accroît dans le bois, jusqu'à ce qu'il ait atteint une longueur d'environ 56 centimètres, il agrandit le tube qu'il s'est percé et le tapisse avec une matière calcaire. Les tarets viennent des mers des pays chauds; l'espèce la plus connue, *Teredo navalis*, attaque les navires non doublés, les digues en bois, etc., il peut les perforer complètement et les endommager fortement. Ces animaux sont maintenant devenus rares et ils ne se trouvent plus qu'à l'état isolé à Venise et sur les côtes anglaises et hollandaises.

Moyens employés pour conserver le bois. — Les moyens qui ont été employés pour obvier à la destruction du bois *par pourriture* reposent :

1° Sur l'élimination aussi complète que possible de l'eau du bois avant de se servir de celui-ci ;

2° Sur l'élimination des éléments de la sève ;

3° Sur l'entretien d'un courant d'air autour du bois ;

4° Sur la modification chimique des éléments de la sève ;

5° Sur la minéralisation du bois et l'élimination graduelle de la matière organique.

Dessiccation du bois. — Le bois desséché se conserve pendant longtemps dans un lieu sec sans s'altérer, surtout lorsqu'il a été séché à une forte chaleur de manière à brunir sa surface. Mais s'il doit être exposé dans un milieu humide, il faut, avant de l'employer, qu'il ait perdu à l'air le plus possible de son eau et qu'il ait été ensuite recouvert d'une substance qui empêche la pénétration de l'humidité. On obtient cet effet en enduisant et en imbibant le bois avec de l'huile de lin, du goudron de bois ou de houille, de la créosote de tourbe ou de lignite et des hydrocarbures (huile minérale). *Hutin* et *Boutigny*, se basant sur ce fait que l'absorption de l'humidité et des agents destructeurs s'opère toujours par les extrémités du bois, proposent la méthode suivante pour oblitérer d'une manière permanente les vaisseaux qui s'ouvrent à ces extrémités. On plonge les extrémités de la pièce de bois (de la traverse de chemin de fer) dans un carbure d'hydrogène liquide — benzine, pétrole, photogène, huile de schiste — et l'on met le feu. Au moment où la flamme s'éteint, on plonge le bois à la hauteur de 5 ou 6 centimètres dans un mélange de poix noire, de goudron ou de gomme laque (ou mieux dans de l'asphalte), qui forme à chaque extrémité du bois une sorte de cachet hermétique et relativement imperméable, et l'on goudronne ensuite le bois dans toute son étendue par les procédés ordinaires.

Élimination des éléments de la sève. — Les éléments de la sève sont la cause principale de la pourriture du bois et ils doivent en être éliminés avant que le bois soit employé. En prenant certaines précautions lors de l'abattage, on peut beaucoup contribuer à obtenir ce résultat. Afin que le bois contienne le moins de sève possible, il doit être abattu dans les mois d'hiver, au plus tard en mars. Si les arbres abattus restent sur place sans être ébranchés, ils bourgeonnent au printemps et la plus grande partie des éléments de la sève sert pour la végétation des feuilles. Il est donc convenable de n'enlever les troncs que lorsque les bourgeons sont fanés et ensuite de les faire sécher comme à l'ordinaire ou artificiellement dans une chambre à dessiccation. Pour éliminer aussi complètement que possible les éléments de la sève du bois, le meilleur moyen est la *lixiviation* ou le lavage, qui peut être effectué de trois manières différentes : *a.* à l'eau froide ; *b.* à l'eau bouillante ; *c.* à la vapeur.

a. Pour lessiver le bois à l'eau froide, on le fait séjourner pendant longtemps dans l'eau courante ; les troncs doivent être posés de manière à ce

que l'extrémité radicale soit opposée au courant. L'eau pénètre peu à peu le bois et déplace la sève. Pour la même raison, le menuisier place ses planches vertes sur un toit, afin de les exposer à la pluie, ou il les met dehors à plusieurs reprises lorsqu'il tombe de l'eau. Il est évident que ce procédé, pour conduire à un résultat, exige beaucoup de temps, parce que l'eau froide ne pénètre que très-lentement les fortes pièces de bois; aussi le bois doit-il être débité en morceaux dont le volume est déterminé par l'emploi que l'on doit en faire.

b. Avec de l'eau bouillante (par coction) on produit plus rapidement et plus complètement l'élimination des éléments de la sève. Les pièces de bois, qui alors ne peuvent avoir que de petites dimensions, sont cuites dans une chaudière en fonte, où on les tient plongées à l'aide de quelque moyen simple. Pour de grosses pièces on emploie de grandes caisses en bois fort, remplies avec de l'eau, qui est chauffée à la vapeur. Suivant l'épaisseur des bois, la coction est terminée au bout de 6 à 12 heures.

c. La lixiviation à la vapeur (le vaporisage du bois) est le meilleur procédé; non-seulement en ce qui concerne l'élimination des éléments de la sève, ce procédé donne les résultats les plus satisfaisants, mais encore il s'est montré comme très-avantageux relativement à la qualité du bois ainsi traité, et cela aussi bien au point de vue de la résistance qu'il offre à la pourriture que de ses autres propriétés, comme la solidité et la diminution de l'hygroscopicité. L'appareil employé pour le vaporisage se compose d'un générateur et d'une capacité destinée à recevoir le bois; cette capacité est en maçonnerie revêtue de ciment, ou bien c'est une caisse en bois fort ou enfin un grand tube de fonte. Dans la capacité fermant aussi hermétiquement que possible, on fait arriver un courant de vapeur d'eau continu; l'eau produite par la condensation de la vapeur dissout les éléments de la sève, et, à l'aide d'un robinet, on fait écouler la dissolution (le bouillon) qui en résulte. La couleur du bouillon est toujours foncée; pour le bois de chêne elle est brun-noir, pour l'acajou rouge-brun, pour le tilleul jaune rougeâtre, pour le cerisier rougeâtre, etc. L'opération est regardée comme achevée, lorsque le bouillon s'écoule clair. L'arrivée de la vapeur peut être facilement réglée à l'aide d'un robinet. Les bois vaporisés sont desséchés à l'air ou dans une étuve; ils sont plus solides et plus durs, plus légers (le bois perd par le vaporisage de 5 à 10 pour 100 de son poids) et plus tenaces que les bois non lessivés; ils ont en outre une couleur plus foncée. Relativement à la température la plus convenable pour la vapeur employée au vaporisage, les avis sont partagés; en général, on pense qu'une température de 100° ou un peu au-dessus aurait déjà une action nuisible sur la fibre du bois, et que de la vapeur à 60 ou 79° environ serait la plus convenable. On combine avec avantage le goudronnage du bois avec le vaporisage; dans ce but, vers la fin de l'opération, on ajoute à l'eau du générateur de l'huile de goudron de houille, dont les vapeurs pénètrent dans le bois en même temps que celles de l'eau.

La lixiviation n'est pas le seul moyen que l'on ait employé pour éliminer

les éléments de la sève; on a aussi essayé de se servir de la *compression* pour produire cette élimination, du moins partiellement, et en même temps pour comprimer le bois. Dans ce but, on fait passer les planches entre deux cylindres, qui peuvent être rapprochés de plus en plus l'un de l'autre. On a encore expulsé la sève des troncs au moyen de la *pression atmosphérique*; pour cela on fixe hermétiquement, d'après *Barlow*, une boîte métallique à l'une des extrémités du tronc et à l'aide d'une pompe à compression on pousse dans cette boîte de l'air, qui pénètre dans le bois et force la sève à s'écouler par l'autre extrémité. Toutefois ces deux méthodes sont compliquées, coûteuses et incertaines, ce qui s'oppose à la généralisation de leur emploi.

Drainage aérien. — L'entretien d'un courant d'air autour du bois au moyen d'un *drainage aérien* est, lorsque l'installation de ce drainage est possible, un excellent moyen pour conserver le bois. Le drainage aérien doit être particulièrement recommandé pour les planches : des tuyaux de conduite pour l'air sont, au moyen de soupapes, en communication d'un côté avec l'air extérieur et de l'autre côté avec la cheminée.

Modification chimique des éléments de la sève. — Un excellent moyen pour s'opposer à la destruction du bois par pourriture, c'est la *modification chimique des éléments de la sève*, modification qui a pour but de faire passer ces éléments dans un état tel qu'ils ne peuvent plus agir comme ferments. A ce procédé se rattache à un certain point de vue le moyen connu de tout le monde et que l'on emploie pour le bois qui doit être exposé à l'humidité, par exemple pour les pieux que l'on veut enfoncer dans la terre; ce moyen consiste à carboniser la surface du bois en le chauffant ou en le traitant par l'acide sulfurique concentré; de cette façon les éléments du bois sont décomposés jusqu'à une certaine profondeur et en outre le bois est recouvert d'une couche de charbon, qui seul agit déjà comme antiseptique. La *carbonisation du bois* s'effectue avec une flamme de gaz ou avec la flamme directe de la houille. L'appareil de *Lapparent* employé dans ce but sert depuis 1866 dans les chantiers de la marine à Cherbourg, on l'a aussi employé récemment à Pola et à Dantzig. D'après une autre classe de moyens, le bois est imprégné dans toute sa masse avec certaines substances qui se combinent avec les éléments de la sève, ou qui modifient ceux-ci de telle sorte qu'ils ne peuvent pas entrer en putréfaction. Parmi les méthodes innombrables qui ont été proposées depuis environ vingt ans pour la conservation du bois par imprégnation (notamment pour les traverses de chemins de fer), nous ne citerons que les suivantes, qui sont les plus répandues :

1° Le liquide conservateur de *M'Kyan* est une solution de bichlorure de mercure à des degrés de concentration très-différents. Pour les traverses des chemins de fer anglais la solution se compose de 1 kilogr. de sublimé et 46 litres d'eau; pour d'autres chemins de fer elle renferme 1 kilogr. de sublimé pour 80 ou 180 litres d'eau. On place simplement les traverses dans de longues auges en bois étanches qui contiennent la solution, et,

suivant leur épaisseur, on les y laisse un temps plus ou moins long. Il résulte des expériences qui ont été faites lors du traitement des traverses du chemin de fer badois que l'on doit laisser dans la solution contenant 1 kilogr. de sublimé pour 200 litres d'eau ¹ :

les traverses de	82 millim. d'épaisseur	pendant 4 jours;		
—	85 à 150	—	—	7 —
—	150 à 180	—	—	10 —
—	180 à 240	—	—	14 —
—	240 à 300	—	—	18 —

Les traverses retirées de la solution sont lavées avec de l'eau, puis frottées avec un balai de bouleau et ensuite mises en tas à l'abri de la pluie et du soleil. L'efficacité du bichlorure de mercure est due principalement à la propriété qu'il possède de former avec les substances albuminoïdes de la sève des combinaisons insolubles qui résistent à la putréfaction; le sublimé est peu à peu réduit à l'état de protochlorure de mercure (calomel), dont une partie apparaît à la surface du bois sous forme d'une efflorescence blanche. Malgré les plus grandes précautions que l'on recommande aux ouvriers, comme de se laver les mains et le visage aussitôt après le travail, de fermer le nez et la bouche en travaillant, il est presque impossible d'éviter quelques empoisonnements, que l'on peut toutefois rendre sans danger en administrant immédiatement une grande quantité de lait ou mieux des blancs d'œufs battus dans de l'eau. D'après les indications fournies par les Anglais, le bois d'ouvrage destiné à la construction des serres ou des habitations ne devrait pas être imbibé de bichlorure de mercure, même s'il doit être plus tard recouvert d'un vernis. D'abord, toutes les plantes en contact avec le bois ainsi traité deviendraient malades et finiraient pour la plupart par périr, plus tard l'influence nuisible se ferait sentir sur toutes les plantes de la serre.

Erdmann a signalé l'insuffisance du procédé de *M' Kyan* et il a montré que la solution de sublimé ne pénètre pas très-profondément et que par conséquent elle empêche le bois de pourrir extérieurement, mais ne le protège pas contre la pourriture qui s'effectue à l'intérieur. C'est pour cela qu'en Angleterre on a essayé de rendre plus profonde la pénétration du sublimé, et dans ce but on enfermait le bois dans un espace clos imperméable à l'air et à l'eau, où, après avoir fait le vide, on introduisait la solution de sublimé en exerçant une certaine pression ². Dans tous les cas, les

¹ Dans le grand-duché de Bade, on emploie encore annuellement pour cet usage environ 15,000 kilogr. de bichlorure de mercure (d'une valeur d'environ 150,000 francs). Cette méthode est aussi en usage dans plusieurs autres pays.

² [C'est *Bréant* qui le premier a eu l'idée, en 1831, d'enfermer le bois dans une capacité close, où il faisait d'abord le vide afin d'expulser les gaz du bois, et dans laquelle il introduisait ensuite le liquide préservateur, qui était alors refoulé avec une pression de 10 atmosphères dans les canalicules du bois. L'appareil de *Bréant* a été modifié par *Bethel*, et plus récemment *Legé* et *Fleury-Pironnet*, du Mans, ont imaginé un dispositif fondé sur les mêmes principes, qui est maintenant en usage dans plusieurs chantiers de chemins de fer.]

procédés basés sur l'emploi du bichlorure de mercure sont les méthodes d'imprégnation les plus coûteuses. On a proposé récemment à la place du bichlorure de mercure pur un sel double de la formule $HgCl^2 + 2KCl$. On l'obtient en décomposant une solution de carnallite par le bioxyde de mercure.

2° Le brevet de *Burnett* (1840) indique l'emploi d'un liquide composé de 1 kilogramme de chlorure de zinc et de 90 litres d'eau. Des troncs traités par ce liquide et qui avaient été enfouis pendant cinq ans dans un terrain marécageux n'offraient pas la moindre altération, tandis que d'autres, non préparés, étaient complètement détruits. Le chlorure de zinc est employé pour l'imprégnation des traverses dans un grand nombre de chemins de fer allemands. Outre le chlorure de zinc, on se sert aussi beaucoup pour la conservation du bois du sulfate de cuivre (ou du sulfate de cuivre ammoniacal, d'après *Rottier*) et du pyrolignite de zinc (proposé par *Scheden*). L'efficacité des sels de cuivre et de zinc doit être expliquée de la manière suivante : dans l'intérieur du bois il se sépare un sel basique et l'oxyde métallique s'unit avec les matières colorantes, l'acide tannique, la résine, etc., en donnant naissance à des combinaisons insolubles qui enveloppent les fibres ligneuses. [*Richard* (1875) emploie pour conserver le bois une solution de chlorure de sodium à 6 ou 24° B., et pour le rendre incombustible un mélange en proportions variables de chlorure de sodium et d'alun.]

3° Le procédé breveté de *Bethel* (1838) consiste à infiltrer dans le bois sous une forte pression un mélange livré au commerce sous le nom de *gallotme* et qui se compose de goudron, d'huile de goudron et d'acide phénique. A l'Exposition universelle de Londres, en 1851, on voyait des traverses de chemin de fer qui étaient restées pendant onze ans dans la terre sans s'altérer ; d'autres pièces étaient demeurées pendant quatre ans dans la mer et s'étaient bien conservées ; tandis que les bois non préparés avaient été fortement maltraités par les pholades. *Vohl* emploie, pour imbiber le bois, de la créosote de houille et de lignite, *Leuchs* la paraffine, *M. Hock* (1872) également de la paraffine, qui est introduite dans le bois après avoir été dissoute dans des hydrocarbures liquides. Le traitement par la créosote du bois de charpente pour les mines est presque partout interdit par l'autorité à cause de l'inflammabilité de cette matière. Dans beaucoup de chemins de fer l'emploi de la créosote pour l'imbibition des traverses a été considéré comme la meilleure méthode de conservation.

4° *Méthode de Payne*. *Payne* a pris deux brevets (le premier en 1844). Les procédés indiqués dans ces deux brevets reposent sur la même idée, l'imprégnation du bois d'abord avec la solution d'un sel, que l'on remplace ensuite par un deuxième sel, qui forme avec le premier un précipité. *Payne* a modifié les liquides eux-mêmes. Il a d'abord choisi une solution de sulfate de fer ou d'alun, après laquelle il employait une solution de chlorure de calcium ou de carbonate de sodium. Mais plus tard il s'est servi de sulfures métalliques solubles (sulfure de calcium ou de baryum), et comme liquide décomposant il employait de l'acide sulfurique ou du sulfate de fer. Le bois

à imprégner est introduit dans un vase où l'on fait le vide et que l'on remplit ensuite avec la première solution saline, dont la pénétration dans le bois est encore favorisée par une certaine pression ; lorsqu'on a fait sortir la première solution, la seconde est introduite de la même manière. Dans quelques cas il est nécessaire de dessécher entièrement ou partiellement le bois entre les deux imprégnations. Le procédé de *Payne*, qui a été employé en Angleterre lors de la construction de plusieurs grands édifices, ne préserve pas seulement le bois contre la pourriture, mais il a aussi pour but de le rendre moins inflammable. *Buchner* et *Eichtahl* ont eu en vue le même objet en imprégnant le bois avec du sulfate de fer et ensuite avec une solution de verre soluble, ce qui a pour effet de remplir les pores du bois avec un ferrosilicate. *Ransome* a cherché à atteindre le même but en imprégnant le bois avec du verre soluble et ensuite avec un acide. [*Royer*, *Poret*, *Buffoy*, et *Dupré* (1874) imprégnent le bois avec un sel de plomb et ensuite avec un liquide qui forme dans le bois un précipité insoluble.] On trouve dans différents ouvrages l'indication que le traitement du bois d'après les méthodes précédentes aurait donné de très-bons résultats. Nous avouons que cela nous paraît incompréhensible. Le précipité résultant de la décomposition mutuelle des deux corps doit se former d'abord à la périphérie du bois et constituer certainement un obstacle à une imprégnation plus profonde. Le procédé proposé par *R. Wagner* en 1862 pour conserver les bois, procédé qui consiste à les imprégner avec des savons insolubles, comme l'oléate d'aluminium l'oléate de cuivre, le palmitate de zinc, etc., a donné en petit de bons résultats.

[5° *Hossard* (1865) chauffe d'abord le bois fortement à la vapeur ou à l'eau bouillante afin d'en expulser les gaz et les liquides, et il le plonge immédiatement dans la solution antiseptique qui pénètre alors avec une grande rapidité dans les canalicules du bois ; les plus grosses pièces exigent deux heures de chauffage et les plus petites de dix à quinze minutes.]

Minéralisation du bois. — Bien que sous le nom de bois minéralisé, pétrifié, métallisé ou incrusté, on désigne d'une manière générale les bois imprégnés avec une substance minérale quelconque, ce nom ne doit cependant être appliqué qu'au bois dont les pores sont remplis de substances minérales de manière à ce qu'il se soit produit une *minéralisation* véritable, c'est-à-dire de manière à ce que la matière minérale se soit substituée à la matière organique. Cette minéralisation du bois a lieu lorsqu'on met celui-ci en contact avec un charbon riche en fer sulfuré qui, en s'effleurissant, se transforme en sulfate de fer. Sous l'influence de l'hygroscopicité du charbon et de la pluie, le sulfate de fer se dissout et pénètre peu à peu dans le bois, ce qui avec le temps produit la minéralisation de celui-ci, par suite de la formation d'un sulfate ferrique basique. La valeur de ce procédé, indiqué d'abord par *Strützki* (1834) et recommandé plus tard par *Apelt*, d'Iéna, est très-douteuse, parce que *Kuhlmann* (1859) a démontré de la manière la plus claire l'influence décomposante de l'oxyde de fer sur la fibre du bois. Le bois imprégné de sulfate ferrique basique, au bout de quelque temps, n'est certainement plus du bois.

Méthode d'imprégnation de Boucherie. — Afin d'imprégner complètement le bois et jusque dans l'intérieur des fibres avec les substances qui le préservent de la pourriture, *Boucherie* se sert de la force qui dans l'arbre fait monter la sève de la racine dans toutes les parties du végétal. Si l'on abat un arbre et si l'on plonge immédiatement l'extrémité inférieure dans une solution du sel qui doit servir pour imbiber le bois (sulfate de cuivre, pyrolignite de fer), au bout de quelques jours le bois est pénétré par le sel. Plus tard on a essayé de placer verticalement les bois abattus et de disposer sur l'extrémité supérieure une sorte d'entonnoir en toile goudronnée ou recouverte de caoutchouc, dans lequel on verse la solution saline, qui déplace la sève par pression hydrostatique et prend sa place. [Le procédé de *Boucherie*, tel qu'il est maintenant employé pour la préparation des traverses de chemins de fer et des poteaux télégraphiques, s'exécute de la manière suivante : Les pièces de bois, nettement coupées à leurs deux extrémités, sont couchées sous une légère inclinaison ; le gros bout correspondant à la racine étant plus élevé que l'autre, on y applique, en la fixant avec des crochets de fer, une rondelle de bois, après avoir placé sur le pourtour de la surface de section une corde de chanvre ; on obtient ainsi, entre la rondelle et la pièce de bois, un espace vide dans lequel on fait arriver au moyen d'un tube traversant le centre de la rondelle, la solution antiseptique contenue dans une cuve établie sur un échafaudage à 8 ou 10 mètres de hauteur. Sous l'influence de la pression ainsi produite, les liquides contenus dans le bois sont expulsés et s'écoulent par l'extrémité libre de la pièce de bois ; lorsque celle-ci ne laisse plus suinter que la solution antiseptique, l'opération est terminée.]

A la place des sels, qui doivent seulement donner de la durée au bois, on emploie aussi des substances colorantes, pour communiquer au bois destiné aux ouvrages de menuiserie différentes colorations et lui donner l'aspect d'un bois étranger ; ainsi le pyrolignite de fer produit une coloration brune ; si l'on fait suivre l'absorption de la solution de fer d'un traitement par une solution contenant du tannin, la masse du bois se colore en vert ou en noir-bleu. Parmi nos bois, c'est le platane qui est le plus convenable pour recevoir ces différentes colorations. Mais le liquide ne pénètre pas uniformément tous les bois et alors il y a des endroits qui ne sont pas imprégnés et qui par suite ne sont pas colorés. Outre le platane et le tilleul, le hêtre, le saule, l'ormeau, l'aune, le poirier, sont complètement pénétrés lorsqu'on les traite par le procédé de *Boucherie* ; le sapin, le pin, le chêne ne sont pas imprégnés dans le cœur, mais seulement dans l'aubier. Le frêne, le peuplier et le cerisier ne se laissent presque pas pénétrer par les liquides colorants et conservateurs.

TABAC

Généralités. — La substance employée pour fumer, priser et mâcher est fournie par différentes plantes annuelles du genre *Nicotiana*, de la famille

des solanées ; ces plantes sont cultivées jusqu'au 52^{me} degré de latitude nord, mais elles sont originaires des pays chauds. Les meilleures sortes de tabacs sont les sortes américaines, notamment celles qui proviennent des États du sud de l'Amérique septentrionale, du Maryland, de la Virginie, etc., de Varinas (Vénézuëla), de la Havane (Cuba), de Porto Rico, etc. Parmi les tabacs d'Europe nous devons mentionner les tabacs hollandais, hongrois, tures, français et du Palatinat¹. En Europe on cultive trois sortes de tabacs qui diffèrent au point de vue botanique ; ce sont :

1° Le tabac commun ou de Virginie (*Nicotiana tabacum*) à feuilles grandes, lancéolées, serrées contre la tige, généralement courbées vers le milieu et dont la nervure principale est large et munie de nervures secondaires terminées en pointe ;

2° Le tabac du Maryland (*Nicotiana macrophylla*), à feuilles plus larges et moins aiguës que celles du tabac commun ;

3° Le tabac rustique (*Nicotiana rustica*) se distingue de toutes les autres espèces par ses feuilles ovales et bosselées munies d'un long pétiole et par ses fleurs courtes et jaune-vert.

La qualité du tabac dépend du climat, de la nature du sol et de la semence, la réussite de la plante de l'exposition du champ où celle-ci est cultivée, etc. Après la vigne, aucun autre produit du sol que le tabac ne se ressent d'une manière aussi intense de l'influence de la culture. Cette influence doit être prise en considération d'autant plus grande que dans beaucoup de contrées le tabac constitue une des sources principales du profit et du bien-être.

Composition chimique des feuilles de tabac. — D'après des analyses récentes, le tabac contient les corps suivants :

<i>Bases minérales.</i>	<i>Base organique.</i>
Potasse.	Nicotine.
Chaux.	
Magnésie.	
Oxydes de fer et de manganèse.	
Ammoniaque.	
<i>Acides minéraux.</i>	<i>Acides organiques.</i>
Acide azotique.	Acide malique (acide tabacique ?).
Acide chlorhydrique.	Acide citrique.
Acide sulfurique.	Acide acétique.
Acide phosphorique.	Acide oxalique.
	Acide pectique.
	Acide ulmique.
<i>Autres corps minéraux.</i>	<i>Autres corps organiques.</i>
Silice.	Nicotianine.
Sable.	Résines jaune et verte.
	Cire ou matière grasse.
	Substances azotées.
	Cellulose.

¹ On substitue partiellement quelquefois depuis quelque temps aux feuilles de tabac les feuilles de plusieurs espèces d'*Helianthus*.

Parmi les corps qui entrent dans la composition des feuilles de tabac, on trouve par conséquent trois éléments caractéristiques : la nicotianine, la nicotine et l'acide tabacique. La *nicotianine* ou camphre du tabac est une substance grasseuse, qui possède l'odeur agréable de la fumée du tabac et une saveur amère aromatique. Ce corps est encore incomplètement connu. D'après les fabricants de tabac, la sorte de tabac qui renferme le plus de nicotianine est la meilleure¹. La *nicotine* (C¹⁰H¹⁴Az²) est une base organique et elle se présente à l'état pur sous forme d'une huile incolore ayant une odeur stupéfiante de tabac et une saveur caustique; elle se dissout dans l'eau, l'alcool, l'éther et les huiles. Prise même à petite dose, c'est un poison mortel; en très-petite quantité elle agit déjà violemment sur les nerfs moteurs et produit des convulsions et plus tard la paralysie. La teneur en nicotine des feuilles de tabac ne paraît avoir aucun rapport avec la qualité de celles-ci. *Schlœsing* a déterminé la richesse en nicotine d'un grand nombre de tabacs français et américains. D'après ce chimiste, 100 parties de feuilles de tabac sèches et dépouillées des nervures contiennent :

Origine.	Nicotine.
Département du Lot.	7,96
— de Lot-et-Garonne.	7,34
— du Nord.	6,58
— de l'Ille-et-Vilaine.	6,29
— du Pas-de-Calais.	4,94
Alsace	3,21
Virginie	6,87
Kentucky	6,09
Maryland.	2,29
Havane, moins de.	2,00

(Le tabac à priser sec contient environ 2 pour 100 de nicotine; lorsqu'il n'est pas sec il renferme en moyenne 33 pour 100 d'eau, ce qui abaisse la teneur en nicotine à 1,86 pour 100.) La nicotine est contenue dans le tabac sous la forme d'un sel. L'acide caractéristique du tabac est l'*acide tabacique* C¹¹H¹⁰O³, qui a une grande analogie avec l'acide malique et qui, d'après de nouvelles recherches, lui est (peut-être) identique. Indépendamment de ces substances, les feuilles de tabac contiennent des corps albuminoïdes, de la fibre ligneuse, de la gomme et des résines. Les feuilles de tabac sont très-riches en éléments minéraux; la quantité de ceux-ci s'élève à 19 ou 27 pour 100 du poids des feuilles sèches. *Merz* (1851) a trouvé 23,33 pour 100 de cendres dans une sorte de tabac du pays situé entre Nuremberg et Erlan-

¹ La nicotianine est peut-être une substance identique avec la *coumarine* (C⁸H¹⁰O²), qui se rencontre dans la fève Tonka (*Dipterix odorata*), dans l'*Asperula odorata*, dans le *Melilotus officinalis* et l'*Anthoxanthum odoratum*, ainsi que dans les feuilles de l'aham (*Angræcum fragrans*) et les feuilles du *Liatris odoratissima*, de la famille des Astéracées. De là viennent probablement l'usage que l'on fait instinctivement des fèves Tonka pour aromatiser le tabac et l'emploi du méllot mélangé avec le tabac à fumer, qui est très-quelquement usité en Hongrie. L'introduction de l'acide benzoïque extrait de l'urine dans la fabrication du tabac, qui depuis quelque temps est en très-grande faveur, mais que l'on tient secrète avec le plus grand soin, a peut-être pour but de suppléer à la faible richesse en nicotianine des mauvaises sortes de tabacs.

gen. 100 parties de cette cendre contenaient 26,96 de potasse, 2,76 de soude, 37,53 de chaux, 9,61 de magnésie, 9,65 de chlorure de sodium, 2,78 d'acide sulfurique, 4,51 de silice, 4,20 de phosphate de fer. E.-S. Breidenbaugh (1875) a trouvé dans 100 parties de la cendre de différentes sortes de tabacs d'Amérique, 1,26 de silice, 7,54 de chlore, 7,45 d'acide sulfurique, 3,71 d'acide phosphorique, 36,96 de chaux, 8,48 de magnésie, 33,90 de potasse et 3,70 de soude. Enfin, dans tous les tabacs on trouve aussi du nitrate de potassium, dont la quantité n'a cependant aucun rapport avec la combustibilité du tabac.

Fabrication du tabac. — On exige d'un bon *tabac à fumer* que sa fumée possède une odeur agréable, qu'elle ne pique pas la langue, enfin qu'elle ne soit pas trop forte. La feuille fraîche et sèche du tabac ne peut pas répondre à ces exigences, parce qu'elle est riche en matières albumineuses, qui produisent en brûlant une odeur désagréable de corne brûlée, parce que, en outre, la grande quantité de nicotine qu'elle renferme incommoderait la personne qui la fumerait. La préparation du tabac a par conséquent pour but de détruire les substances albuminoïdes, de diminuer la richesse en nicotine, de développer le parfum du tabac et enfin de donner aux feuilles la forme qui convient pour qu'elles puissent être employées comme tabac à fumer, à mâcher ou à priser. Ce qu'il y a d'essentiel dans la préparation des feuilles de tabac, c'est une fermentation qui s'effectue à 35° et par suite de laquelle les feuilles, mises en tas à l'état humide, perdent la majeure partie des éléments albumineux, tandis qu'elles se chargent de substances à odeur agréable, développées par la fermentation. Le fabricant aide la fermentation en mouillant les feuilles avec le liquide que l'on désigne sous le nom de *sauce*. Il n'est pas encore possible de donner une théorie complète des phénomènes qui accompagnent la fabrication du tabac. Lors de la récolte du tabac, on superpose les feuilles par 10 ou par 12, on porte les tas dans un lieu sec, on couvre ceux-ci avec une toile et on les abandonne à eux-mêmes, jusqu'à ce qu'ils commencent à suer. On suspend ensuite les feuilles séparément sur des cordes pour les faire sécher, puis on fait des paquets de 30 feuilles environ que l'on enveloppe dans une autre feuille (appelée *robe*), et sous cette forme on introduit, en le pressant, le tabac dans de grands tonneaux, où il s'échauffe un peu. On mouille ensuite les feuilles avec de l'eau salée, et on les abandonne placées les unes sur les autres, jusqu'à ce qu'elles s'échauffent. On répète la mouillade des feuilles superposées tant qu'elles s'échauffent encore sensiblement. On les dessèche maintenant à l'air, et on les presse dans des tonneaux, où souvent on les laisse pendant plusieurs années.

Tabac à fumer ou scaferlati et cigares. — Pour la fabrication du tabac à fumer les feuilles sont *triées*, c'est-à-dire que l'on met ensemble les feuilles de même couleur et de même épaisseur. Après le triage, les nervures les plus épaisses sont coupées (les feuilles sont *écôtées*), parce que celles-ci étant essentiellement formées de fibres ligneuses dégageraient en brûlant de la fumée de bois. Les feuilles sont ensuite *mouillées*, c'est-à-dire humectées avec un liquide préparé pour cet usage (la sauce), qui se compose essentiellement

de sels (sel marin, salpêtre, sel ammoniac, azotate d'ammonium), de substances sucrées et alcooliques, d'acides organiques, ainsi que de matières aromatiques. Les sels servent à favoriser la conservation du tabac et sa combustion lente, les autres corps sont surtout destinés à former ces éthers à odeur agréable, qui ont été comparés non sans raison avec le bouquet du vin. On laisse fermenter les feuilles mouillées dans des tonneaux, puis on les fait sécher sur des châssis et on les coupe à l'aide de machines en lamères de 1 millimètre environ de largeur. [Le tabac ainsi coupé est ensuite séché, afin d'éliminer l'eau introduite par le mouillage; on se sert pour cette opération, dans les manufactures françaises, du torrificateur imaginé par *E. Rolland*. Au sortir de cet appareil, le tabac est abandonné à lui-même en tas de 10 à 12,000 kilogrammes pendant environ quinze jours, puis il est mis en paquets et ceux-ci sont emballés dans des tonneaux. Le tabac ainsi préparé retient environ 20 pour 100 d'humidité. Le scaferlati ordinaire des manufactures françaises est fait, d'après *Th. Schloesing*, avec 30 parties de Kentucky, 24 parties de Maryland et d'Ohio, 12 parties de Levant et de Hongrie, 12 parties d'Alsace, 14 parties d'indigènes et 8 parties d'Algérie; il revient à 1 fr. 60 le kilogramme et est vendu 12 francs. Les scaferlati étrangers sont exclusivement fabriqués avec l'une des cinq espèces suivantes : Virginie, Maryland, Levant, Varinas et Lataké.]

Une forme très-appréciée de tabac à fumer est le *cigare*, qui se compose de trois parties, la *tripe*, la *sous-cape* et la *robe*. [Les cigares français à 5 centimes et à 7 centimes 1/2 sont fabriqués avec des mélanges de feuilles de tabac de Kentucky (35 parties), de Hongrie (10 parties), indigènes (44 parties), d'Alsace (4 parties) et d'Algérie (7 parties), que l'on fait préalablement macérer ensemble dans l'eau pendant 24 heures (d'après le procédé de *Lediberder* et *Goupil*), afin de diminuer la quantité de la nicotine et de communiquer à toutes les feuilles une saveur identique; ces cigares reviennent à 4 fr. 50 le kilogramme et sont vendus 17 fr. 50. Les cigares à 10 centimes sont faits avec des feuilles non macérées de Brésil et de Mexique (80 parties) et de Gironde, de Meurthe-et-Moselle, de Savoie et de Haute-Savoie (20 parties); les espèces indigènes forment la robe; 1 kilogramme revient à 10 francs et est vendu 25 francs. Enfin, dans la confection des cigares étrangers, on fait entrer du Maryland, du Java, du Brésil et du Havane, seuls ou mélangés.] La propriété qu'ont les cigares de gagner en qualité en vieillissant, ne paraît pas être due autant à la dessiccation plus complète qu'à une sorte de fermentation complémentaire, qui a pour résultat de décomposer les substances qui nuisent à la qualité et d'en former d'autres qui agissent sur celle-ci d'une manière avantageuse. *A. Percy Smith* (1875) a trouvé dans la cendre des cigares de la Havane : sulfate de potassium, 7,401; carbonate de potassium, 9,012; chlorure de sodium, 3,272; carbonate de sodium, 1,059; sulfate de calcium, 4,180; oxyde et phosphate de fer, 0,460; silice, 9,641; charbon, 3,162; alumine, carbonate de lithine et perte, 1,459.

Lorsqu'on fume, on reçoit dans la bouche, indépendamment des produits de la combustion du tabac (acide carbonique, eau et un peu d'ammoniaque),

les produits de la distillation sèche, qui donnent à la fumée du tabac son caractère particulier. Une connaissance exacte de ces produits nous fait encore défaut pour le moment, mais il est positif que la fumée renferme les vapeurs de la nicotianine et de la nicotine. *Zeise* a trouvé comme éléments de la fumée du tabac, une huile pyrogénée particulière, de l'acide butyrique, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de la paraffine, une résine pyrogénée, ainsi qu'un peu d'acide acétique, de l'oxyde de carbone et des hydrogènes carbonés. Il est à remarquer qu'il ne se forme pas du tout de créosote et d'acide phénique dans la combustion du tabac; c'est peut-être pour cette raison que la fumée du tabac pique beaucoup moins, les yeux notamment, que la fumée du bois. Le tabac analysé était du Porto Rico. L'analyse de *Zeise*, si exactement qu'elle paraisse avoir été exécutée, ne nous fait cependant pas connaître la cause de l'odeur aromatique d'un grand nombre d'espèces de tabacs et de cigares; il est cependant possible, pour le tabac de même que pour le vin, que les substances desquelles dépendent l'odeur et le goût ne puissent être que difficilement découvertes au moyen d'opérations et de réactions chimiques. Dans tous les cas, la fumée du tabac renferme des ammoniaques conjuguées, par exemple l'aniline dont l'odeur, à l'état très-étendu, offre avec celle de la fumée des bonnes sortes de tabacs, une analogie qu'on ne saurait méconnaître. *H. Sanders* (1871) a trouvé par l'analyse spectrale, du potassium dans la fumée du tabac; c'est peut-être à la présence de la potasse dans la fumée qu'est due en partie cette sensation particulière que l'on éprouve dans la bouche lorsqu'on a fumé pendant longtemps. On éprouve la même sensation lorsque l'on conserve dans la bouche pendant quelques minutes une solution de potasse à 1 pour 100. Comme *O. Krause*, d'Annaberg (1874) l'a montré, il se trouve dans la fumée du tabac une grande quantité d'oxyde de carbone, « qui certainement contribue pour une grande part à l'action produite par la fumée de tabac »; cette opinion n'est pas partagée par *H. Vohl* et d'autres.

La *combustibilité* d'un tabac n'a aucun rapport avec sa richesse en acide azotique, car, tandis que le Kentucky, qui contient beaucoup de cet acide, brûle mal, le Java, le Maryland et les tabacs brésiliens et hongrois, qui en renferment peu, sont facilement combustibles. La combustibilité du tabac a été étudiée récemment par *Schloesing*. Il résulte de cette étude que la partie soluble dans l'eau de la cendre d'un tabac combustible contient toujours du carbonate de potassium, et d'autant plus que le tabac est plus combustible; l'extrait de la cendre d'un tabac non combustible, c'est-à-dire qui charbonne, ne contient pas de carbonate de potassium, mais seulement du sulfate et du chlorure de potassium. Un tabac qui n'est pas combustible le devient, si on le traite avec la solution d'un sel de potassium à acide organique (acides malique, citrique, oxalique, tartrique) et si on le dessèche; au contraire, un tabac combustible devient incombustible, si on y incorpore du sulfate ou du chlorure de calcium ou une combinaison magnésienne ou ammoniacale correspondante. La raison de ces faits semble être la suivante: les sels de potassium à acides organiques fournissent un charbon volumi-

neux, peu cohérent et très-poreux, qui brûle facilement, tandis que le charbon des sels de calcium à acides organiques formé dans les mêmes circonstances, est peu volumineux et dense et ne brûle que difficilement.

[*Tabac à mâcher.* — Le tabac à mâcher est formé avec des feuilles écotées mouillées à 20 pour 100, qu'on superpose et qu'on façonne ensuite en véritables cordes, auxquelles on donne le nom de *gros rôles* ou de *menus filés*, suivant leur grosseur. Les *carottes* sont des cylindres faits avec des feuilles fortement pressées et qu'on entoure d'une ficelle. L'intérieur des rôles est fait avec des tabacs indigènes (Nord, Lot et Lot-et-Garonne) et la robe avec du Virginie.

Tabac à priser. — Voici, d'après *Th. Schlœsing*, comment s'effectue dans les manufactures françaises la fabrication du tabac à priser : Les feuilles, après avoir été mouillées, sont coupées en lanières de 1 centimètre de large et mises en tas de 40 à 50,000 kilogrammes, que l'on abandonne à eux-mêmes pendant cinq à six mois. Sous l'influence de l'élévation de température qui se manifeste dans le tas et qu'il faut empêcher d'aller au delà de 75°, il se produit une combustion partielle de quelques principes solubles, comme l'acide malique, l'acide citrique et la nicotine ; les principes insolubles (cellulose, oxalate et pectate de calcium, etc.) sont au contraire à peine modifiés. Les substances azotées donnent de l'ammoniaque et des acides noirs qui colorent le tabac en brun ; il se forme également de l'acide acétique, de petites quantités d'alcool méthylique et une essence très-aromatique à laquelle est due l'odeur particulière du tabac à priser.

Après cette fermentation, les feuilles sont soumises au râpage dans des moulins analogues à ceux en usage pour la pulvérisation du café ; la poudre sortant du moulin est ensuite tamisée et le *râpé sec* ainsi obtenu est mouillé avec de l'eau salée, puis enfermé dans une chambre ou case en bois hermétiquement close et d'une contenance d'environ 50,000 kilogrammes. Après un séjour de trois mois dans cette chambre, on le transporte dans une autre, où il reste deux mois et demi ; après un pareil séjour dans de nouvelles cases, le tabac est encore transvasé deux fois, et enfin au bout de dix mois de fermentation lente à l'abri de l'air, tous les râpés provenant de plusieurs lots (ordinairement dix), traités comme il vient d'être dit, sont mélangés dans une immense chambre (la salle des mélanges), de manière à obtenir un produit aussi homogène que possible. Six semaines après, le tabac est tamisé et mis en barils.

Pendant la fermentation en case, l'acidité disparaît peu à peu et fait place finalement à une réaction franchement alcaline. Cependant le taux de la nicotine ne varie point ; celui de l'ammoniaque demeure à peu près constant et l'acide acétique continue à se former. Mais l'analyse démontre que la destruction des acides malique et citrique se poursuit et met ainsi en liberté les bases capables de saturer l'acide acétique et de faire apparaître l'ammoniaque et la nicotine libres. L'arome acquis pendant la première fermentation se maintient dans le *râpé parfait* ; mais il n'y figure plus qu'à titre de composante dans une résultante de trois odeurs : celle de l'ammoniaque, celle

de la nicotine et la sienne. Si le tabac n'était pas légèrement alcalin, l'arome seul persisterait et le tabac serait absolument *plat*. Il faut aussi qu'il contienne une proportion d'eau comprise entre 32 et 33 pour 100 (il s'agit ici de l'eau qu'on peut expulser à 100°); si l'humidité est inférieure à 32 pour 100, les grains n'adhèrent pas assez entre eux, ni aux doigts du priseur; le tabac paraît maigre; si l'humidité dépasse 33 pour 100, les grains collent trop et le tabac semble trop gras (*Th. Schlösing*).

D'après *Th. Schlösing*, le tabac à priser est fabriqué avec 25 parties de Virginie, 5 parties de Kentucky, 44 parties de Lot, de Lot-et-Garonne, de Nord et d'Ille-et-Vilaine, et 26 parties de coupures et déchets; il revient à 1 fr. 40 le kilogramme et est vendu 12 francs.]

Pour empêcher le tabac à priser de se dessécher, on y ajoute quelquefois de la glycérine.

[**Statistique de la fabrication du tabac.** — La quantité de tabac récolté dans les différents pays de l'Europe s'est élevée, en 1875, à 217,800,000 kilogrammes, ainsi répartis :

Turquie	50,000,000 kilogr.	Italie	3,500,000 kilogr.
Autriche-Hongrie	47,500,000 —	Belgique	2,500,000 —
Empire d'Allemagne	45,000,000 —	Grèce	2,000,000 —
Russie	40,000,000 —	Roumanie	2,000,000 —
France	20,000,000 —	Suède	500,000 —
Hollande	5,000,000 —		

En France, on fabrique annuellement, d'après *Th. Schlösing*, dans les seize manufactures de l'État¹, 28,424,000 kilogrammes de tabacs, qui se répartissent de la manière suivante :

Poudre étrangère	4,000 kilogr.
— ordinaire	7,000,000 —
Scaferlatis étrangers	60,000 —
— supérieurs	140,000 —
— ordinaires	11,000,000 —
— intermédiaires	200,000 —
— de cantine	6,000,000 —
Tabac à mâcher, menu-filé	150,000 —
— ordinaire	500,000 —
— à prix réduit	100,000 —
Carottes	400,000 —
Cigares à 10 centimes	190,000 —
— à 7 cent. 1/2	150,000 —
— à 5 centimes	2,600,000 —
— Havane	150,000 —

Sur les 32,398,500 kilogrammes de feuilles de tabacs qui sont achetées chaque année par la régie, 19,800,000 sont fournis par les espèces indigènes, 2,400,000 kilogrammes proviennent de l'Algérie, et le reste, soit 10,198,500 kilogrammes, est importé de différents pays. La culture des

¹ [Ces manufactures sont situées à Paris (Reuilly et Gros-Cailou), à Lille, au Havre, à Dieppe, à Lyon, à Marseille, à Nice, à Toulouse, à Châteauroux, à Tonneins, à Bordeaux, à Morlaix, à Nancy, à Nantes et à Riom.]

tabacs indigènes a occupé, de 1860 à 1872, une moyenne annuelle de 9,600 hectares répartis dans les départements des Alpes-Maritimes, des Bouches-du-Rhône, du Var, de l'Ille-et-Vilaine, de Lot-et-Garonne, de la Gironde, de Meurthe-et-Moselle, du Pas-de-Calais, du Nord, des Landes, des Hautes-Pyrénées, de la Haute-Saône, de la Haute-Savoie et de la Savoie.

Il existe en Allemagne 4,000 fabriques de tabacs, en Autriche-Hongrie 37, en Hollande 300, en Danemark 69, en Norvège 75, en Italie 15, en Espagne 7, en Roumanie 2. La régie austro-hongroise a produit, en 1873, 1,768,933,000 cigares, 37,007,000 kilogrammes de tabac à fumer et 2,585,000 kilogrammes de tabac à priser; la valeur de la production de la régie italienne s'est élevée, en 1874, à 119,022,960 francs.]

HUILES ESSENTIELLES ET RÉSINES

Les *huiles essentielles* (huiles étherées, huiles volatiles, essences) et les *résines* se rencontrent pour la plupart toutes formées dans la nature. Les premières communiquent aux plantes leur odeur particulière. Les essences se trouvent dans des plantes enfermées dans des cellules, c'est pour cela que l'odeur se fait sentir avec plus de netteté, après l'écrasement de la plante. Elles sont âpres au toucher, et non grasses comme les huiles fixes. Un grand nombre d'essences ont la propriété de séparer l'argent d'une solution ammoniacale de ce métal sous forme d'un corps à surface miroitante, d'où leur emploi pour l'argenteure des miroirs (voy. t. I, page 680).

Extraction des essences. — Les huiles essentielles sont extraites de différentes manières, mais, le plus souvent, on les obtient en distillant avec de l'eau les parties des plantes qui les renferment. Bien que le point d'ébullition de ces huiles soit beaucoup plus élevé que celui de l'eau, l'essence est cependant entraînée par les vapeurs aqueuses. On a coutume de séparer les essences dont le point d'ébullition est très-élevé en *distillant* les parties des plantes qui les contiennent avec du sel marin. Pour séparer de l'eau l'huile passée en même temps que celle-là à la distillation, on se sert du *réceptif florentin* (fig. 355). [Cet appareil consiste en un vase de verre B ayant la forme d'une carafe dont le col va se rétrécissant vers le sommet a; à la base se trouve un bec bc, qui s'élève le long du vase, mais ne monte pas aussi haut que son col. Le mélange d'eau et d'essence, en sortant condensé du réfrigérant de l'appareil distillatoire, est reçu dans le réceptif, et l'huile, qui est ordinairement plus légère que l'eau, se rassemble dans le col, tandis que l'eau sort goutte à goutte par l'orifice c du bec tant que dure la distillation; lorsque celle-ci est terminée, on retire l'essence avec une pipette. Lorsqu'on a affaire à une essence plus lourde que l'eau, on remplace le réceptif florentin par une éprouvette cylindrique munie à sa partie supérieure d'un

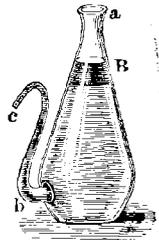


Fig. 355. — Réceptif florentin.

tube latéral par lequel l'eau s'écoule, tandis que l'essence se rassemble au fond de l'éprouvette.] On extrait de cette manière les essences d'anis, de camomille, de cumin, de lavande, de menthe poivrée, d'œillet, de cannelle, de romarin, de roses⁴, etc. L'essence de térébenthine s'obtient en distillant la térébenthine avec de l'eau (voy. *Résines*). [Par *sublimation* on extrait l'huile volatile concrète ou *camphre* du *Laurus camphora*, arbre qui croit en Chine, au Japon et dans les îles de la Sonde; à cet effet, on fait bouillir avec de l'eau les racines et les branches de l'arbre, coupées par petits morceaux, dans de grandes chaudières en fonte, recouvertes de chapiteaux de même matière et remplis intérieurement de roseaux ou de paille de riz; le camphre volatilisé vient se condenser sur les roseaux sous forme de petits cristaux grisâtres, que l'on détache et qu'on expédie en Europe sous le nom de *camphre brut*. Ce dernier est ensuite purifié par une nouvelle sublimation dans des ballons en verre chauffés au bain de sable; il porte alors le nom de *camphre raffiné*.]

Quelques essences qui se trouvent dans certaines parties des plantes en grande quantité sont préparées par *expression*; c'est ce qui a lieu pour les essences de citron, de bergamotte et d'orange.

Tandis que la plupart des essences se sont formées sous l'influence de la végétation, il y en a quelques-unes qui ne se produisent que lors du contact et de la distillation des parties végétales avec de l'eau. Telle est l'*essence d'amandes amères*, qui résulte de l'action d'une substance albuminoïde, la synaptase ou l'émulsine, sur l'amygdaline, en présence de l'eau, mais qui prend également naissance aux dépens du toluène (en traitant ce dernier à l'ébullition par le chlore et transformant en essence d'amandes amères le chlorure de benzyle ainsi produit par ébullition avec du nitrate de plomb: $2C^7H^7Cl + Pb(AzO^5)^2 = 2C^7H^7O + PbCl^2 + Az^2O^5 + H^2O$); telle est aussi l'*essence de moutarde*, que l'on peut en outre préparer artificiellement en distillant de l'iodure de propyle avec du sulfocyanure de potassium, etc.

Certaines essences, qui ne se trouvent qu'en très-petite quantité dans les parties végétales, sont extraites par digestion de celles-ci avec des huiles grasses; on prépare de cette manière les huiles de jasmin, de violette, de jacinthe, de réséda, etc. [Ce procédé, désigné sous le nom de *macération* ou d'*enfleurage*, consiste à imprégner d'huile d'olive un tissu de laine ou de coton, que l'on étend ensuite sur des cadres garnis d'une toile métallique et sur lequel on dépose les fleurs dont on veut extraire les essences. On empile les cadres les uns sur les autres et au bout de 1 à 3 jours on renou-

⁴ [L'essence de roses provient principalement de la Tunisie, de la Turquie, de la Perse et d'autres contrées de l'Asie. D'après une notice publiée par *D. Pappazoglou*, de Constantinople, sur la production de l'essence de roses en Turquie, il faut en général 3,200 kilogrammes de pétales de roses pour obtenir 1 kilogramme d'essence; la production totale annuelle, qui est en moyenne de 1,600 kilogrammes, s'est élevée en 1866, à 2,000 kilogrammes et en 1872 à 800 kilogrammes; un kilogramme vaut 1,000 francs en moyenne. L'essence de roses est fréquemment mélangée par les négociants avec un tiers ou un cinquième d'huile de géranium d'Anatolie; cette falsification est maintenant passée en usage et acceptée par le commerce.]

velle les fleurs, en continuant ainsi jusqu'à ce que l'huile grasse soit bien chargée d'odeur. On soumet alors le tissu à l'action d'une presse pour en extraire l'huile grasse parfumée. A. Piver fait absorber l'essence par de la graisse extrêmement divisée, qui est placée sur des tablettes, dans un appareil de son invention, entre des claies sur lesquelles sont disposées les plantes; au moyen d'un courant d'air produit à l'aide de soufflets, l'enfleurage est terminé en un temps très-court. L'extraction des essences par les huiles grasses peut également être effectuée par infusion des plantes dans de l'huile chauffée au bain-marie; avec l'appareil (le *saturateur rationnel*) imaginé dans ce but par A. Piver, on peut parfumer en un seul jour 800 kilogrammes de matière grasse. La paraffine (*Chardin et Massignon*)¹, le sulfure de carbone (*Millon, Piver*) et tout récemment la vaseline (voy. Chap. VIII, *Pétrole*) ont aussi été proposés pour l'extraction des essences.]

Propriétés et usages des essences.

Les huiles essentielles sont un peu solubles dans l'eau; leurs dissolutions constituent les *eaux distillées* des pharmaciens; quelques-unes de ces eaux, comme l'*eau de fleurs d'oranger*² et l'*eau d'amandes amères*, sont aussi employées dans la parfumerie et dans la cuisine. Les essences sont solubles dans l'alcool, et en quantité d'autant plus grande que l'huile contient plus d'oxygène. Sur cette propriété repose leur emploi dans la *parfumerie* et la *fabrication des liqueurs*.

Parfumerie. — La *parfumerie* s'occupe de la préparation des *eaux odorantes* (*esprits, eaux de senteur*), des *extraits d'odeur*, des *savons parfumés*, des *pommades*, etc. Les *eaux odorantes* sont des dissolutions de différentes essences dans l'alcool. L'alcool employé pour cet usage doit être exempt d'huiles odorantes et ne pas avoir d'autre odeur que celle qui lui est propre, les essences elles-mêmes doivent être de qualité supérieure. Ce qu'il y a de plus convenable, c'est de dissoudre simplement les essences dans l'alcool et d'abandonner la solution à elle-même pendant plusieurs mois avant de s'en servir. La distillation autrefois en usage est non-seulement inutile, mais encore nuisible, parce que à cause du point d'ébullition élevé des essences une partie de celles-ci reste dans l'alambic. L'*eau de mille-fleurs* se prépare en dissolvant 60 grammes de baume du Pérou, 120 grammes d'essence de bergamotte, 60 grammes d'essence d'œillet, 15 grammes d'essence de néroli, 15 grammes d'essence de thym dans 9 litres d'alcool et en ajoutant 4 litres d'eau de fleurs d'oranger et 120 grammes de teinture de musc, que l'on a préparée en faisant digérer 15 grammes de civette et 75 grammes de musc

¹ [*Chardin-Hadancourt*, de Paris, *Lentier* et *A. Chiris*, de Grasse (Var), avaient exposé à Vienne, en 1875, de gros blocs de paraffine à la rose, à la tubéreuse, etc., préparés par enfleurage.]

² [L'eau de fleurs d'oranger, désignée aussi sous le nom d'*eau de naphé*, est fabriquée principalement à Grasse, où elle fait, avec d'autres eaux distillées et diverses essences, l'objet d'un commerce considérable.]

avec 2 litres d'alcool. — On obtient l'*eau de Cologne* (et son analogue l'*acqua di Felsina* de *Pietro Bortolotti*, de Bologne) en dissolvant 32 grammes d'essence d'orange, d'essence de bergamotte, d'essence de citron, d'essence de limette et d'essence de petit grain, 16 grammes d'essence de cèdre, d'essence de cédrat et d'essence de Portugal, 8 grammes d'essence de néroli¹ et 4 grammes d'essence de romarin dans 6 litres d'alcool, et chauffant la dissolution pendant 2 ou 3 heures dans de grands ballons de verre jusqu'à 50°².

Les *extraits d'odeur* sont généralement préparés en traitant par l'alcool les huiles grasses, les graisses et la paraffine préalablement chargées du parfum de fleurs fraîches par enfleurage à froid ou à chaud. On obtient les *graisses parfumées* ou *pommades* dans la parfumerie fine, soit par infusion, en faisant digérer à 65° les fleurs avec une huile grasse ou une graisse, soit par *enfleurage* à froid. Souvent on prépare aussi les pommades avec de la moelle de bœuf ou de l'axonge, en fondant celles-ci et en y mélangeant pendant le refroidissement quelques gouttes de l'huile essentielle.

[La fabrication des parfums et des essences pures offre en France une très-grande importance, elle a lieu principalement à Nice, à Grasse, à Cannes, à Nîmes et à Montpellier. Les produits exportés annuellement représentent une valeur de plus de 30 millions de francs, et les deux villes de Grasse et de Cannes fabriquent en moyenne chaque année :

150,000 kilogr.	de pommades et d'huiles parfumées,
250 —	d'essence pure de néroli,
450 —	— de petit-grain,
4,000 —	— de lavande,
1,000 —	— de romarin,
1,000 —	— de thym.

Nice et Cannes produisent ensemble environ 25,000 kilogrammes de violettes, Nice seule 200,000 kilogrammes de fleurs d'oranger, Cannes environ 175,000 kilogrammes de fleurs de cassie³.]

Parfums chimiques. — Dans ces derniers temps on a aussi employé (d'après les indications de *Döbereiner*) dans la parfumerie des combinaisons préparées artificiellement : ainsi on s'est servi d'une dissolution alcoo-

¹ [L'*essence de néroli* est retirée des fleurs de l'oranger, l'*essence de petit-grain* des feuilles et des fruits verts des orangers et des citronniers, et l'*essence de Portugal* est de l'essence d'orange; d'après *Page*, l'essence de Portugal des parfumeurs serait une solution de 90 parties d'essence d'orange dans 1 litre d'alcool à 40° aromatisé avec de la vanille.]

² [L'eau de Cologne peut aussi être préparée très-simplement en dissolvant au bain-marie à 60° 500 grammes d'*essence d'eau de Cologne* dans 50 litres d'alcool à 85 ou 90°. L'essence d'eau de Cologne est fabriquée dans la France méridionale, notamment chez *Roure-Bertrand* à Grasse, qui la livre au prix de 75 francs le kilogr. Elle se compose d'essence de néroli (20 p.) d'essence de romarin (10 p.), d'essence de citron (30 p.), d'essence de bergamotte (10 p.) et d'essence d'écorce d'oranges (30 p.).]

³ [Le fabricant *Hermann*, de Cannes, emploie annuellement 70,000 kilogr. de fleurs d'oranger, 64,500 kilogr. de fleur de cassie, 70,000 kilogr. de pétale de roses, 16,000 kilogr. de fleurs de jasmin, 10,000 kilogr. de violettes, 4,000 kilogr. de tubéreuse et des quantités correspondantes de romarin, de thym, de menthe, de limons, de citrons, etc.]

lique d'acétate d'amyle sous le nom d'*essence de poires* (*pear-oil*), du valérate d'amyle comme *essence de pommes* (*apple-oil*), de butyrate d'amyle comme *essence d'ananas* (*pine apple-oil*), du pèlargonate d'éthyle comme *essence de coings*, du subérate d'éthyle comme *essence de mûres*. Dusart avait exposé à Vienne, en 1873, comme *essence de Niobée* le benzoate d'oxyde de méthyle. On rencontre, comme *essence d'amandes amères artificielle*, la nitrobenzine mélangée avec du nitrotoluène, mélange qui dans son état le moins pur est désigné sous le nom d'*essence de mirbane* et que l'on prépare en grande quantité pour la parfumerie et en quantité plus grande encore pour la fabrication de l'aniline.

Fabrication des liqueurs. — La *fabrication des liqueurs* a pour but de transformer l'eau-de-vie en une boisson plus agréable au palais en y ajoutant du sucre ou de la glycérine et des substances aromatiques. On distingue les *liqueurs fines* et les *liqueurs ordinaires*, suivant que les matières employées pour leur préparation sont ou ne sont pas pures. Les liqueurs huileuses mélangées avec beaucoup de sucre se nomment *crèmes*, celles qui sont préparées avec du jus de fruits, du sucre et de l'alcool portent le nom de *ratafias*.

La base de la fabrication des liqueurs est un esprit-de-vin ou une eau-de-vie entièrement exempts d'huiles odorantes (alcool amylique, etc.); les végétaux que l'on emploie pour la fabrication des liqueurs peuvent être partagés en trois sections. La *première* section comprend les substances végétales qui ne sont employées qu'à cause des huiles essentielles qu'elles renferment, telles sont les semences de cumin et d'anis, les baies de génévrier, la menthe poivrée, l'écorce de citron, les fleurs d'oranger et les amandes amères. L'eau-de-vie est distillée sur ces substances. Cependant, au lieu de distiller l'eau-de-vie, on emploie maintenant généralement des dissolutions alcooliques des essences du commerce (essence de cumin, essence d'anis, etc.) et ce dernier procédé porte le nom de fabrication à froid. La *deuxième* section contient les végétaux qui sont employés aussi bien pour leurs essences que pour leurs principes amers aromatiques, ce sont par exemple les racines de calamus, de gentiane et de zédoaire, les écorces d'oranges, les oranges non mûres, l'absinthe, l'œillet, la cannelle, la vanille. On verse de l'eau-de-vie ou de l'alcool sur ces substances, puis on les laisse macérer à froid, ou on les fait digérer à 50 ou 60°, mais on ne distille pas. Le liquide filtré ainsi obtenu porte le nom de teinture. La *troisième* section comprend les fruits dont le jus est employé pour la fabrication des ratafias; ce sont les cerises, les ananas, les fraises, les framboises, etc. Le jus de ces fruits est mélangé avec de l'esprit-de-vin et édulcoré. Pour l'édulcoration des liqueurs on emploie une dissolution de 2 kilogrammes de sucre dans 1 litre d'eau, qui a été préalablement cuite et clarifiée avec des blancs d'œufs (sirop). Il est bon de mélanger la dissolution sucrée bouillante avec le liquide alcoolique. La richesse en alcool que l'on donne aux liqueurs est de 46 à 50 pour 100. Pour rendre les liqueurs agréables à l'œil, on leur communique fréquemment une coloration; on les colore

en *rouge* avec du bois de santal et de la cochenille ou du rouge d'aniline, exempt d'arsenic, en *jaune* avec du carthame, ou des fleurs de souci et du curcuma, en *bleu* avec de la teinture d'indigo, en *vert* avec un mélange de jaune et de bleu, en *violet* avec du violet d'aniline. On colore quelquefois en brun foncé les liqueurs préparées par digestion en y ajoutant de la couleur de sucre (caramel). Les *crèmes* contiennent par litre de liquide environ 500 grammes de sucre ou une quantité correspondante de glycérine. Nous citerons comme exemple le *maraschino* ou *marasquin de Zara* (20 litres d'eau de marasquin¹, 1 litre d'eau de fleurs d'oranger, 1 litre d'eau de roses, 56 kilogrammes de sucre, 40 litres d'alcool à 85°). Les *liqueurs* ont beaucoup d'analogie avec les crèmes, mais elles contiennent un peu moins de sucre; exemples : *bitter anglais* (80 grammes de la partie jaune de l'écorce d'orange, 90 grammes d'écorce de quinquina, 90 grammes de gentiane, 120 grammes de chardon béni, 120 grammes de petite centaurée, 120 grammes d'absinthe, 60 grammes de racine de violette que l'on fait digérer avec 54 litres d'eau-de-vie à 50°, et l'on mélange la teinture avec 6 kilogrammes de sucre); *cerises* (20 litres de jus de cerises, 20 litres d'alcool à 85°, 15 kilogrammes de sucre, ordinairement on ajoute aussi 4 à 8 litres d'eau d'amandes amères); *menthe poivrée* (45 grammes d'essence de menthe poivrée dissous dans un litre d'alcool à 80°, la dissolution est ajoutée à 54 litres d'alcool à 72° et le mélange est sucré avec 30 kilogrammes de sucre dissous 26 litres d'eau; la liqueur est colorée en vert avec de la teinture d'indigo et du curcuma). L'*iva* est une liqueur fine, dont on ne fait un grand usage que depuis quelque temps et qui est surtout très-appreciée par les voyageurs dans les Alpes; elle est préparée à Samaden et à Chur avec l'*Achillea moschata* (génépi blanc) désignée sous le nom d'iva dans l'Engadine supérieure; il y en a trois sortes dans le commerce : 1° le bitter d'iva (*Ivabitter*), qui est vert-jaunâtre et déjà connu depuis longtemps; 2° le bitter double d'iva (*Iva-doppelbitter*) de couleur brun foncé, très-fort et en même temps très-fin, et 3° la fleur d'iva ou iva douce, liqueur de table fine spécialement à l'usage des dames.

L'*absinthe* est une solution (préparée sans addition de sucre) d'essence d'absinthe et d'essence d'anis dans l'alcool faible. L'analyse de quatre sortes a donné les résultats suivants :

	ALCOOL p. 100.	ESSENCE D'ANIS p. 100.	ESSENCE D'ABSINTHE p. 100.
Absinthe ordinaire	14,3	0,030	0,005
— demi-fine	15,0	0,046	0,010
— fine	20,4	0,085	0,010
— suisse	24,2	0,085	0,010

[L'absinthe suisse est l'objet d'un commerce très-important et d'une fabri-

¹ [Pour obtenir l'eau de marasquin on fait macérer pendant 24 heures dans 40 litres d'eau, 25 kilogr. de mûres, 4 kilogr. de framboises, 1 kilogr. 1/2 de feuilles de mûrier, 250 grammes de noyaux de pêche et 1 kilogr. de poudre d'iris de Florence, puis on distille de manière à obtenir 20 litres de liquide.]

cation spéciale; Pontarlier, Lyon et Montpellier sont les villes où il s'en fabrique le plus.]

Résines. — Les essences ont la propriété de s'épaissir à l'air ou dans la plante elle-même et par suite de se transformer en un corps nouveau que l'on nomme *résine*. Les résines se rencontrent très-fréquemment dans le règne végétal. Quelques-unes, comme la résine des conifères, découlent naturellement des arbres avec l'huile essentielle et se solidifient au contact de l'air. D'autres se préparent en épuisant par l'alcool les parties végétales qui les renferment et en évaporant l'extrait à sec ou en le précipitant avec de l'eau. On divise les résines en *résines molles* ou *baumes* et en *résines dures*. Les résines molles sont des dissolutions des résines dans des essences, telles sont les *térébenthines*, le *baume du Pérou*; aux résines dures appartiennent le *succin* ou *ambre jaune*, la *résine animée*, le *copal*, la *résine de Dammar*, le *mastic*, la *gomme laque*, le *benjoin* et l'*asphalte*. Aux résines se rattachent les *gommés-résines*, qui sous forme d'un suc laiteux et épais découlent des incisions faites aux végétaux qui les renferment; elles ont généralement une odeur très-forte et se distinguent des résines par la propriété qu'elles possèdent de donner un liquide trouble et laiteux lorsqu'on les triture avec de l'eau. Aux gommés-résines appartiennent l'*asa-fetida*, la *gomme-gutte*, etc.; le *caoutchouc*, la *gutta-percha* et la *sève de balata* terminent la série de cette classe de corps.

[On désigne sous le nom de *térébenthines* des produits liquides ou demi-liquides formés d'une essence et d'une résine et qui sont fournis par plusieurs espèces de conifères; ainsi, la térébenthine ordinaire ou *térébenthine de Bordeaux* provient du pin maritime (*Pinus maritima*), la *térébenthine de Venise*, de Suisse, d'Illyrie ou de Briançon exsude du mélèze (*Larix europæa*), la *térébenthine de Strasbourg* ou des Vosges ou *térébenthine citron* exsude du vrai sapin (*Abies pectinata*) et la *térébenthine du faux sapin* ou *poix de Bourgogne*, *poix jaune*, *poix blanche*, est fournie par la pesse (faux sapin, *Abies excelsa*).

Dans les départements des Landes et de la Gironde (ainsi qu'en Sologne), on extrait la térébenthine du pin maritime en pratiquant à l'aide d'une petite hache à lame creuse, nommée *habchot*, des incisions sur le tronc de l'arbre; cette opération, appelée *gemmage* ou *résinage*, ne commence que quand les pins ont de vingt à vingt-cinq ans. La térébenthine ou *gemme* qui s'échappe des incisions est reçue dans des pots fixés sur les arbres au moyen de crampons et ensuite versée dans un vase en liège cerclé de fer (*quarte* ou *couarte*), à l'aide duquel on la transporte dans un réservoir spécial établi dans le sol (*barque* ou *barquo*); la résine est ensuite mise en barriques et conduite aux distilleries, où s'opère la séparation de l'essence de térébenthine. On donne le nom de *galipot* ou de *barras* à la gemme qui reste adhérente à l'arbre, s'y solidifie et est ensuite détachée avec un instrument de fer; cette gemme est utilisée dans la fabrication des cierges. Quand les arbres sont inclinés ou couchés la gemme tombe à terre et on l'appelle alors *terras*, parce qu'elle est mêlée avec de la terre, des feuilles et autres matières. Un hectare com-

prenant 200 arbres produit par an, en moyenne, 420 kilogrammes de gemme et 180 kilogrammes de galipot ou barras.

Avant de soumettre la gemme à la distillation, on l'épure et on la filtre. L'épuration se fait naturellement ou artificiellement. Dans le premier cas on l'expose au soleil sur une planche à claire-voie; alors la résine molle se liquéfie, tombe au-dessous de la planche dans un récipient et est ensuite mise en barriques. Dans le second cas, on la liquéfie en la chauffant doucement dans une chaudière en cuivre; les matières terreuses tombent alors au fond du vase et on enlève les copeaux, les écorces, etc., qui surnagent; au bout d'une heure on termine l'épuration au moyen d'un filtre métallique. La distillation se fait dans un alambic contenant 8 à 10 hectolitres; la matière est chauffée avec de l'eau à une température qui varie entre 140 et 160°. Un récipient, placé près de l'alambic, permet de faire des charges régulières et successives, et après chaque charge on ajoute une certaine quantité d'eau pour que le résidu ne se colore pas trop fortement; il est essentiel de maintenir dans le foyer un feu régulier et modéré. Dans quelques usines la distillation se fait, d'après le procédé imaginé par *H. Violette*, à l'aide de la vapeur surchauffée de 160 à 200°; on obtient alors plus d'essence et le produit est plus pur. L'essence sort de l'alambic par un serpentin, qui plonge dans une cuve contenant de l'eau froide sans cesse renouvelée, et elle arrive dans un réservoir où elle surnage. Elle est ensuite versée dans des jarres enterrées dans le sol. La gemme fournit de 10 à 14 pour 100 d'essence de térébenthine par distillation à feu nu, et 18 à 21 pour 100 par le procédé à la vapeur surchauffée. Le barras ou galipot donne à peu près la même quantité d'une essence de qualité inférieure, qui est connue dans le commerce sous le nom d'*huile de ranse*.

On désigne sous le nom de *brai sec*, d'*arcanson* ou de *colophane* le résidu très-cuit qui reste dans l'alambic. Le brai sec est plus ou moins coloré suivant l'intensité de la chaleur pendant la distillation. On le reçoit au sortir de l'alambic dans une auge en pierre, et après l'avoir filtré on le moule dans du sable humide sous forme de pains du poids de 80 à 100 kilogrammes. Si avant de soutirer la colophane de l'alambic on la brasse avec le sixième de son poids d'eau bouillante, elle prend une couleur jaune et devient opaque; on obtient ainsi la *résine jaune* ou *résine commune*, qui est également moulée en pains de 70 à 80 kilogrammes. Enfin, la *poix noire* ou *brai gras* se prépare en brûlant dans un four les résidus de la filtration de la gemme et du brai. La résine qui s'échappe des résidus sous l'influence de la chaleur est amenée par un tuyau dans une cuve contenant de l'eau, où elle se sépare en deux parties, l'une liquide qu'on appelle *huile de poix*, et l'autre plus solide qui est la *poix noire*.

L'essence de térébenthine (C¹⁰H¹⁶) est employée à de nombreux usages; on s'en sert pour le dégraissage des étoffes, dans la fabrication des vernis, pour le délayage des peintures, etc., et lorsqu'elle a été dépouillée de la résine qu'elle renferme, par distillation avec son poids d'eau et 1 p. 100 de chaux elle constitue l'huile éclairante désignée sous le nom de *camphine*.

Suivant *Unverdorben*, la colophane consiste essentiellement en un mélange d'acide pinique et d'acide sylvique ayant tous les deux pour formule $C^{20}H^{30}O^2$, tandis que d'après les recherches récentes de *Maly* elle ne serait autre chose qu'un anhydride de l'acide abiétique répondant à la formule $C^{14}H^{22}H^*$; l'acide pinique et l'acide sylvique ne seraient que cet acide abiétique à des états plus ou moins impurs.

Quand on soumet la colophane à la distillation sèche, il se dégage, entre 108 et 150°, un mélange de deux hydrocarbures (le *rétinaphte* $C^{14}H^8$ et *rétinyne* $C^{18}H^{12}$) désigné sous le nom de *vive essence*; à 280°, il passe une huile (huile fixe ou lourde) consistant en un autre hydrocarbure appelé *rétinole*, $C^{28}H^6$; à 320° on obtient une matière brun noirâtre ou bleuâtre (appelée *matière grasse* dans les ateliers) qui se fige dans les récipients et qui n'est autre chose que de la *métatanaphtaline* ou *réstéarine*, $C^{20}H^8$. On donne le nom d'*huile de résine* au mélange de ces différents hydrocarbures. Enfin, on obtient comme résidu un charbon brillant. 100 kilogr. de colophane fournissent en moyenne 3 kilogr. 750 de vive essence et 34 kilogr. de rétinole. Le rétinole, après décoloration et traitement par une lessive de soude, est employé dans la peinture en bâtiments et dans la préparation de certaines encres d'imprimerie, on s'en sert également, mélangé avec de la chaux pour fabriquer une sorte de graisse, désignée sous le nom de *graisse noire* et employée pour lubrifier les roues de voitures, les engrenages, etc. La vive essence, qui remplace l'essence de térébenthine dans quelques-unes de ses applications, peut suivant *Guillemare* et *Pallas* (1876) être employée pour l'éclairage, après avoir été convenablement épurée par distillation en présence d'un égal volume d'eau légèrement alcaline et traitement au moyen de solutions concentrées de carbonate de potassium ou de sodium; le liquide est regardé comme suffisamment lorsqu'il n'est plus troublé par l'ammoniaque.]

Cire à cacheter. — La *cire à cacheter* se compose essentiellement de gomme-laque à laquelle on a ajouté un peu de térébenthine, afin de la rendre plus fusible et moins cassante. Pour préparer les cires à cacheter rouges et peu colorées on emploie de la gomme-laque aussi incolore que possible, tandis que pour les cires à cacheter foncées et noires on se sert de la gomme-laque la plus colorée. Indépendamment de la gomme-laque et de la térébenthine, il entre aussi dans la composition de la cire à cacheter des corps terreux, qui sont destinés non-seulement à augmenter le poids de la masse, mais encore à en diminuer la fluidité. On prend dans ce but de la craie, de la magnésie, du plâtre cuit, du blanc de zinc, et depuis quelque temps du blanc de baryte, du kaolin et de la terre à infusoires. Pour préparer de la cire à cacheter rouge exempte de boursouffures, on fond dans une bassine en fonte placée sur un feu doux de charbon 4 parties de gomme-laque, on ajoute ensuite 1 partie de térébenthine de Venise et 3 parties de cinabre, et on a soin de brasser continuellement le mélange. On prépare les cires à cacheter rouges ordinaires avec les substances suivantes :

	1.	2.	3.	4.	5.
Gomme-laque.	550	620	550	700	600
Térébenthine.	740	680	600	540	600
Craie ou magnésie.	300	200	—	—	—
Plâtre ou blanc de zinc.	200	—	—	—	—
Silice terreuse.	—	—	—	—	—
Blanc de baryte.	—	400	380	300	300
Cinabre.	150	220	340	300	300
Essence de térébenthine	—	—	—	20	25

Lorsque la masse est refroidie, on la roule en cylindres sur une table de marbre où on la coule dans des moules en laiton. On parfume quelquefois certaines espèces de cires à cacheter avec du benjoin, du styrax, du baume de tolu ou du baume du Pérou. On prépare des cires à cacheter de différentes couleurs en remplaçant le cinabre par du bleu de cobalt, du chromate de plomb, du noir d'ivoire, etc. Les cires marbrées sont obtenues en malaxant ensemble des masses de différentes couleurs. Pour fabriquer les cires à cacheter de qualité inférieure et celles que l'on emploie pour cacher les paquets, on prend, à la place du cinabre, du minium et quelquefois aussi de l'oxyde rouge de fer; dans ce cas, la gomme-laque est remplacée par un mélange de colophane et de plâtre en poudre ou de craie. Depuis quelque temps on emploie avec la gomme-laque ou à la place de celle-ci la résine acaroiïde (du *Xanthorrhœa hastilis*).

Asphalte et malthe¹. — [L'*asphalte*, désigné aussi sous les noms de *bitume solide* et de *bitume de Judée*, est une matière résineuse noire, solide et dure, inodore, à cassure vitreuse et conchoïdale, qui est probablement un produit de l'oxydation graduelle du pétrole. Assez rare en Europe, on le rencontre en grande quantité sur les bords de la mer Morte ou lac Asphaltite, ainsi que dans un lac (le *lac de poix*) de l'île de la Trinité, dans les Antilles anglaises et au Mexique. L'*asphalte* est peu soluble dans l'alcool, mais il se dissout facilement dans le pétrole, l'essence de térébenthine, la benzine et le photogène. Il entre dans la composition de la cire à cacheter noire, des vernis et de la laque de Chine; il sert aussi à préparer une couleur noire pour la peinture à l'huile, désignée sous le nom de *noir de momie*, parce que les anciens Égyptiens employaient l'*asphalte* pour l'embaumement des morts; les Arabes emploient l'*asphalte* pour calfater leurs navires, et dans les manufactures de Damas on s'en sert pour fabriquer des tissus imperméables.

Le *malthe*, aussi appelé *bitume mou*, *poix minérale*, *pissasphalte*, est une matière noire, glutineuse, molle à la température ordinaire, tout à fait liquide à 80° et offrant une forte odeur de goudron. On le rencontre dans différents terrains (houillers, secondaires ou tertiaires), dont il imprègne les roches, notamment à Pyrimont, près Seyssel (Ain), à Dax et à Orthez (Landes), à Gabian (Hérault), à Val-de-Travers, dans le canton de Neuchâtel

¹ [Suivant *Boussingault*, l'*asphalte* et le *malthe* sont des mélanges à proportions variables d'un carbure d'hydrogène liquide, nommé *pétrolène* et d'une matière solide et noire appelée *asphaltène* et qui, selon *Gerhardt*, est un produit d'oxydation du pétrolène.]

(Suisse), à Bechelbronn et à Lampertsloch (Alsace), à Seefeld (Tyrol), à Limmer, près de Hanovre, à Holzen, dans le duché de Brunswick. Dans le département du Puy-de-Dôme, on trouve également des roches volcaniques qui sont imprégnées de malthe; dans certaines localités, notamment au Puy de la Pèze, il sort des terrains volcaniques en même temps que l'eau salée. Le mode d'extraction du malthe varie avec la nature des roches qu'il imprègne. Lorsqu'on a affaire à des roches compactes, on en forme des tas et on y met le feu; le malthe, rendu fluide par la chaleur, s'écoule dans des vases placés à côté des tas; il est ensuite versé dans des moules, et les pains ainsi obtenus sont expédiés dans des barriques. Quand il s'agit de matières terreuses, on les fait bouillir avec de l'eau; le malthe se liquéfie, monte à la surface et est enlevé avec de grandes cuillers puis, comme précédemment, moulé sous forme de pains.]

Mélangé avec du sable et de la chaux; on emploie le malthe pour recouvrir les trottoirs, les ponts, les terrasses, les chaussées, etc., dont la solidité et les autres avantages reposent sur ce fait que la masse, malgré la grande inflammabilité de l'asphalte, ne prend pas feu lorsqu'il se déclare des incendies, grâce à la présence du sable et de la chaux, et qu'en outre, ces dernières substances la rendent suffisamment élastique pour pouvoir, sans se fendre, se dilater par une forte chaleur et se contracter par un froid intense. Pour recouvrir les trottoirs, les chaussées, etc., on emploie du *mastic bitumineux de Seyssel*. [Pour préparer ce mastic on fait chauffer dans une chaudière en fer du calcaire poreux imprégné de malthe préalablement réduit en poudre, puis on y ajoute un cinquième de son poids de malthe préalablement fondu et l'on brasse de manière à avoir un mélange intime; on puise alors le mastic avec une cuiller en fer et on le coule dans des moules rectangulaires en tôle. Lorsqu'il s'agit de confectionner un trottoir, on refond le mastic et on y ajoute une quantité de sable suffisante pour former une bouillie épaisse, que l'on coule sur un lit de sable; on tamise ensuite par-dessus du sable de moyenne grosseur et l'on pilonne le tout avec une planche de façon à obtenir une surface unie.] Dans plusieurs grandes villes des États-Unis d'Amérique, on emploie depuis quelques années, pour les rues, le macadamisage au malthe (au lieu du pavage avec des pierres, qui exige constamment des réparations). Dans quelques grandes villes de l'Europe comme Paris, Londres, Saint-Petersbourg, Vienne et Buda-Pest, on a aussi fait des essais de pavage au malthe qui partout ont donné de bons résultats. [Le malthe est également employé, notamment en Grèce, en Syrie et en Russie, pour le goudronnage des vaisseaux et des cordages; il sert aussi pour préparer des tissus imperméables, des peintures et des vernis, des mastics, etc.] Depuis quelque temps on fabrique (à Bochum) des tuyaux de bitume, c'est-à-dire des tuyaux en papier imprégné de malthe, pour conduire le gaz et l'eau, qui répondent à toutes les exigences. A la place du mastic de bitume on a employé, et avec beaucoup de succès, la *terrésine* découverte par Busse et qui consiste en un mélange de goudron de houille, de chaux et de soufre. La plus grande partie de l'asphalte ou du malthe, qui est employé dans la fabrication des

vernis et des laques, se prépare maintenant en épaississant le goudron des fabriques de gaz. — [La France exporte annuellement près de 4 millions de kilogr. de malthe, dont le prix du quintal (100 kilogr.) est de 8 centimes pour le malthe brut, de 40 centimes pour le malthe pur et de 12 centimes pour le mastic bitumineux].

Caoutchouc. — Le *caoutchouc* ou *gomme élastique* se trouve dans le suc laiteux d'un grand nombre de plantes, notamment dans celui des artocarpées, des euphorbiacées et des apocynées. Le *Ficus elastica* (Assam, Indes orientales), le *Ficus indica* (Amérique méridionale) et l'*Artocarpus integrifolius* (Moluques, Indes orientales) de la famille des artocarpées, le *Siphonia elastica* (Guyane, Brésil, Amérique centrale) de la famille des euphorbiacées, l'*Urceola elastica* (archipel indien) et le *Vahea gummiifera* (Madagascar) de la famille des apocynées sont les végétaux qui fournissent le plus de caoutchouc.

Pour extraire le caoutchouc, on fait aux arbres des incisions et avec le suc laiteux, visqueux et crémeux qui s'écoule on recouvre des moules en argile représentant des animaux, des pieds humains, ou ayant la forme de poires, etc., et assujettis à un morceau de bois servant de manche (fig. 356). Lorsqu'une première couche a été appliquée, on la fait sécher au soleil en enfonçant dans le sol le manche fixé au moule ou bien en exposant celui-ci au feu; lorsque cette première couche est sèche on en applique une seconde, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait une épaisseur suffisante. On enlève ensuite l'argile en frappant sur la masse ou en faisant ramollir la terre dans l'eau. Le caoutchouc qui reste a la forme du moule d'argile, le plus ordinairement il est en forme de bouteilles, ou de bourses, souvent aussi il est en plaques. Ces dernières portent le nom de *lard de gomme*. [Le caoutchouc du Para (Brésil) est le plus estimé; il est vendu deux ou trois fois plus cher que les autres espèces.] A l'état pur le caoutchouc est translucide, en couches minces il est blanc et un peu jaunâtre en couches épaisses. Il n'offre pas de traces de texture fibreuse, il jouit d'une élasticité parfaite et lorsqu'on l'étire il devient opaque et fibreux. Sous l'influence du froid il se durcit et il est alors difficilement flexible, mais non cassant. Son poids spécifique est 0,925. Au contact de l'eau bouillante et de la vapeur d'eau le caoutchouc se ramollit, mais n'éprouve aucune altération. Il est insoluble dans l'esprit-de-vin. Il n'est pas altéré par le chlore, les acides étendus et les lessives alcalines, il est au contraire rapidement détruit par les acides sulfurique et azotique concentrés. Si l'on plonge pendant quelques minutes dans de l'eau froide du caoutchouc fortement aminci, il a perdu son élasticité lorsqu'on le retire de l'eau, mais il la reprend si on le plonge dans de l'eau chauffée à 45°. Sous l'influence de la chaleur, le caoutchouc se ramollit; il fond à environ 200°, en donnant une masse visqueuse qui, par le refroidissement, redevient solide. Chauffé au contact de l'air, il brûle avec une flamme éclairante et fuligineuse. Lorsqu'il est chaud, le caoutchouc peut être mélangé avec du soufre et d'autres corps, et on peut ainsi le transformer en caoutchouc vulcanisé ou en caoutchouc durci. Lorsqu'on soumet le caoutchouc

à la distillation sèche, on obtient des huiles uniquement composées de carbone et d'hydrogène (caoutchène, hévène, etc.), qui conviennent particulièrement comme dissolvants du caoutchouc. Le caoutchouc a pour formule C^4H^7 (il contient dans 100 parties 87,5 de carbone et 12,5 d'hydrogène); mais il est très-probable qu'il est un mélange de différentes combinaisons.



Fig. 556. — Extraction du caoutchouc.

Le caoutchouc se combine avec le soufre et il forme avec lui le *caoutchouc vulcanisé* (voy. plus loin).

Dissolvants du caoutchouc. — Le caoutchouc se dissout dans l'éther exempt d'alcool, dans les huiles qui se forment lorsqu'on le soumet à la distillation sèche, dans une huile analogue qui prend naissance pendant la distillation de la houille, dans l'essence de térébenthine et le pétrole purifiés, ainsi que dans le sulfure de carbone. La dissolution *éthérée* du caoutchouc n'a aucune

utilité dans l'industrie, parce qu'elle contient si peu de caoutchouc que c'est à peine si en s'évaporant elle en laisse une quantité appréciable. Avec l'essence de térébenthine le caoutchouc est plutôt ramolli que dissous; pour détruire la viscosité de cette dissolution, on prépare une bouillie claire avec 1 partie de caoutchouc et 11 parties d'essence de térébenthine, et l'on mélange avec cette bouillie 1/2 partie d'une solution aqueuse concentrée et bouillante de sulfure de potassium (K^2S^8); le liquide jaune ainsi obtenu laisse le caoutchouc parfaitement élastique et non visqueux. La solution dans l'huile éthérée de goudron légère, ainsi que dans les portions du pétrole, du photogène et de l'huile sidérale qui ne peuvent pas servir comme huiles à lampes, est tout à fait convenable pour unir ensemble des morceaux de caoutchouc; malheureusement les objets ainsi confectionnés conservent pendant longtemps l'odeur désagréable de l'huile. Le meilleur dissolvant est sans contredit le sulfure de carbone; cette dissolution se dessèche avec une très-grande rapidité et laisse le caoutchouc inaltéré et inodore. Si l'on mélange avec le sulfure de carbone une petite quantité d'alcool, le liquide n'exerce plus d'action dissolvante sur le caoutchouc, mais il produit sur ce dernier un gonflement et un ramollissement tels que dans cet état le caoutchouc peut être facilement vulcanisé et travaillé.

Usages du caoutchouc. — Le caoutchouc sert pour effacer le crayon, pour enlever les saletés sur le papier, pour préparer des plaques, des fils, des cordes et des tubes; on l'emploie aussi comme succédané de l'éponge sous le nom de *india-rubber-sponge*, pour fabriquer des tissus élastiques (bretelles, jarrettières, lacets, bracelets de gants, etc.) et des tissus imperméables, comme mastic et pour la préparation du caoutchouc vulcanisé et durci.

Vulcanisation du caoutchouc. — Si on laisse plongé pendant longtemps du caoutchouc dans du soufre fondu, il se produit une sorte de céméntation, le caoutchouc absorbe le soufre et se transforme en une masse jaunâtre, extrêmement élastique, en *caoutchouc vulcanisé*, qui a été découvert par *Lüdersdoff* et *Hancock* et qui dans ces derniers temps a été l'objet d'applications extrêmement variées. Le caoutchouc vulcanisé offre les propriétés suivantes: il conserve son élasticité et sa mollesse même à une basse température, tandis que le caoutchouc ordinaire devient dur et roide dès la température de 5° ; il n'est pas attaqué par les dissolvants ordinaires du caoutchouc; enfin il offre une grande résistance à la compression. Le procédé anciennement suivi pour la vulcanisation du caoutchouc consiste à plonger des feuilles minces de caoutchouc dans du soufre fondu chauffé à la température de 120° , où on les laisse pendant 10 ou 15 minutes (ce qui augmente le poids du caoutchouc de 10 ou 15 pour 100); la masse est ensuite bien pétrie entre des cylindres et enfin chauffée de nouveau à 150° . Pour empêcher l'efflorescence du soufre, qui se produit quelquefois sur le caoutchouc vulcanisé d'après cette méthode, on a proposé de vulcaniser le caoutchouc chauffé à 100 ou 120° en le pétrissant avec du kermès (sulfure rouge d'antimoine Sb^2S^3) ou avec un mélange de soufre et de sulfure d'arsenic. La

méthode généralement employée est celle de *Parkes*, de Birmingham; d'après cette méthode, on plonge le caoutchouc dans un mélange de 40 parties de sulfure de carbone et 1 partie de chlorure de soufre (ou mieux de bromure de soufre) et on le suspend ensuite dans une chambre chauffée à 21°, jusqu'à ce que tout le sulfure de carbone se soit évaporé. Après cela, on fait bouillir le caoutchouc dans un liquide composé de 500 grammes de potasse caustique et de 10 litres d'eau, afin d'éliminer le soufre non combiné chimiquement, et on lave jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule n'ait plus de réaction alcaline. Depuis quelques années (1870) on emploie souvent dans les fabriques de caoutchouc, à la place du sulfure de carbone, de l'éther de pétrole, qui dissout facilement le chlorure de soufre et qui a été proposé par *Humphrey. H. Gaultier de Claubry* (1860) vulcanise le caoutchouc à l'aide du chlorure de chaux et du soufre. Si on mélange le chlorure de chaux sec avec de la fleur de soufre, la réaction, qui se produit immédiatement, se reconnaît à une odeur de chlorure de soufre. Si l'on a mélangé simplement le chlorure de chaux et le soufre, sans triturer, et si le soufre est employé en excès, on peut vulcaniser le caoutchouc avec le produit. Dans le caoutchouc vulcanisé de cette manière, qui dans le fait repose, comme la méthode précédente, sur l'emploi du chlorure de soufre, on trouve du chlorure de calcium. Il n'est pas probable que le procédé de *de Claubry* ait été appliqué. Le procédé de *Gérard*, de Paris, consiste à plonger le caoutchouc à vulcaniser pendant 3 ou 4 heures dans une solution de pentasulfure de potassium à 25° ou 30° Baumé et à une température de 150° (ce qui correspond à une pression de 5 atmosphères). Le caoutchouc est de cette façon parfaitement vulcanisé et après le lavage sa surface est lisse et donne au toucher la sensation du velours. Malheureusement ce procédé ne peut être employé que pour des objets peu volumineux et peu épais; mais on n'a pas à craindre l'acidification du caoutchouc. Le caoutchouc vulcanisé d'après le procédé de *Gérard* offre une couleur noire et ne déteint pas, comme celui qui est préparé par immersion dans le soufre. Les objets à vulcaniser sont d'abord faits avec du caoutchouc ordinaire, parce que le caoutchouc vulcanisé ne se soude pas à lui-même et ne peut pas être collé avec une solution de caoutchouc ordinaire. [On emploie maintenant pour la vulcanisation du caoutchouc de grandes quantités de sulfure d'antimoine préparé par voie humide; le produit ainsi obtenu offre une couleur brun-rouge.] On se sert du caoutchouc vulcanisé pour confectionner des vases imperméables à l'eau, des flacons pour la conservation de l'éther, des rouleaux d'imprimerie, des tuyaux de conduite pour le gaz¹, des tuyaux de clyso-pompes, des tuyaux de pipes flexibles, des porte-cigares, des tampons de chemins de fer, des bandes de billards, des brosses à dents et autres, des tapis, des jouets d'enfants (balles creuses, poupées et animaux criants, ballons légers), des cein-

¹ D'après les recherches de *K. Zulkowsky*, de Brunn (1872), le gaz d'éclairage que l'on fait passer dans des conduites en caoutchouc perd de son pouvoir éclairant, parce que le caoutchouc absorbe les hydrocarbures lourds contenus dans le gaz.

tures de natation, des coussins, des chaussures, etc. [Depuis quelque temps, *E. Turpin* (de Paris) fabrique, sous le nom de *parchemine*, des feuilles très-souples et extensibles, blanches ou diversement colorées, qui sont destinées à remplacer le papier glacé, la peau fine, la baudruche ou le parchemin pour recouvrir et coiffer les flacons et les vases contenant des parfums, des médicaments ou des produits chimiques; pour obtenir la parchemine, on incorpore à du caoutchouc de Para de première qualité du sulfure blanc de zinc en poudre fine, du vermillon, de l'outremer, du vert chrome ou du sulfure de cadmium, et lorsque le mélange a été réduit en feuilles on vulcanise celles-ci à froid avec une dissolution de chlorure de soufre dans le sulfure de carbone.]

Caoutchouc durci. — Ce que depuis 1852 on rencontre sous le nom de *caoutchouc durci* ou d'*ébonite* est une modification du caoutchouc vulcanisé découverte par *Goodyear* et qui se distingue par une couleur noir-brun ou noire, par une dureté et une élasticité presque égales à la corne ou à la baleine; aussi le caoutchouc durci convient-il pour des articles tout autres que le caoutchouc vulcanisé ordinaire, par exemple pour confectionner des peignes de toutes sortes, des pommes de parapluies et de cannes, des cannes, des baleines de parapluie, des buses, qui cependant n'ont pas l'élasticité et la roideur de la baleine, des porte-plumes, des manches de couteau, des feuilles pour le placage des meubles, des stéthoscopes, des cornets acoustiques, des flûtes et autres instruments à vent, des équerres et des règles, des plumes, des pierres à aiguiser, des dents artificielles, des bijoux (broches, pendants d'oreilles, chaînes, médaillons, bracelets, boutons), etc. [Pour préparer le caoutchouc durci, on incorpore simplement au caoutchouc normal ramolli par la chaleur et réduit en pâte, 50 à 60 pour 100 de soufre en canons pulvérisé, puis on soumet le mélange pendant 7 à 8 heures à l'action de la vapeur d'eau à 155°.] Plus est grande la proportion du soufre incorporé, plus est grande la dureté de la masse et plus est faible l'élasticité de celle-ci; le caoutchouc vulcanisé peut admettre dans sa substance des matières étrangères en poudre, qui en augmentent la dureté, en changeant aussi la couleur et permettent de préparer des produits à meilleur marché. Aux substances qui augmentent la dureté et l'élasticité du produit appartiennent la gutta-percha et la gomme-laque, dans la deuxième classe se rangent la craie, la poudre de spath pesant, le blanc de baryte, le plâtre, la magnésie calcinée, l'argile, les matières colorantes terreuses, le sulfure d'antimoine, le sulfure de plomb, le sulfure de zinc, l'asphalte de goudron de houille, etc. La quantité que l'on ajoute de ces substances s'élève quelquefois jusqu'à 80 pour 100 du poids de la masse. Le caoutchouc durci est susceptible d'acquérir un très-beau poli et il a sur la corne, notamment lorsqu'il est sous forme de peignes et d'objets analogues, cet avantage qu'il ne devient pas rugueux comme la corne lorsqu'on le nettoie dans de l'eau chaude, en outre il conserve son élasticité après un long usage. Le caoutchouc vulcanisé mélangé avec du sable, du quartz, du silex pyromaque, de l'émeri, etc., sert depuis quelques années

pour fabriquer des pierres à aiguiser artificielles pour les faux et les faucilles. Suivant *F. Kohtrausch* (1873), le caoutchouc durci est extrêmement dilatable sous l'influence de la chaleur; il se dilate environ trois fois plus que le zinc. [*L'ivoire végétal* de *E. Turpin* est du caoutchouc non vulcanisé durci par la magnésie et qui par suite ne contient pas de soufre; il est employé pour fabriquer des billes de billard qui ressemblent à s'y méprendre à des billes en ivoire naturel, aussi bien par leur aspect extérieur que par leur homogénéité et leur poids spécifique.]

Production et consommation du caoutchouc. — La production du caoutchouc s'élève annuellement (1875) à environ 7,500,000 kilogrammes ainsi répartis :

Java	3,500,000 kilogr.
Para	2,250,000 —
Gualémala, Carthagène	1,650,000 —
Vénézuéla, Nouvelle-Grenade, Afrique.	400,000 —
	<hr/>
	7,500,000 kilogr.

La consommation se répartit dans les pays suivants :

Amérique du Nord	2,000,000 kilogr.
Angleterre	1,750,000 —
France	2,000,000 —
Allemagne	1,750,000 —
	<hr/>
	7,500,000 kilogr.

Gutta-percha. — La *gutta-percha* ou *gomme plastique*, *gomme de Sumatra*, *gomme gellania*, est un suc laiteux desséché qui offre beaucoup d'analogie avec le caoutchouc et qui est fourni par l'*Isonandra gutta*, arbre croissant sur les côtes du détroit de Malacca, à Bornéo, à Singapore et dans les pays voisins. Pour extraire la gutta-percha, on fait des incisions aux arbres, ou bien on abat ceux-ci et on les dépouille de leur écorce; le suc laiteux qui s'écoule est recueilli dans des auges ou dans des trous, ou sur des feuilles de bananier et on le laisse se coaguler. Les morceaux isolés de gutta-percha sont ramollis dans l'eau bouillante et ensuite réunis en un tout par compression. La gutta-percha brute, telle qu'on la rencontre dans le commerce, se présente sous forme d'une masse sèche, rougeâtre et marbrée, qui n'est pas sans offrir quelque analogie avec des rognures de cuir agglomérées. Elle contient beaucoup d'impuretés, de sable, une substance rouge, des fragments d'écorce, etc. La gutta-percha pure est presque blanche; la couleur brune est due à la présence d'une certaine quantité d'apocérénates de magnésie et d'ammoniaque, d'un peu de potasse et de traces de protoxyde de manganèse. La gutta-percha est un mélange de plusieurs résines oxygénées, qui paraissent être les produits de l'oxydation d'un hydrogène carboné de la formule $C^{20}H^{20}$. D'après *Payen*, la gutta-percha se compose de *gutta* pure, 75 à 80 parties, d'une résine blanche cristallisable, l'*albane*, 14 à 16 parties, et d'une résine amorphe jaune, la *fluavile*, 4 à 6 parties. La gutta-percha purifiée, comme il est dit plus loin, se présente avec une couleur brune,

elle est opaque en morceaux épais et transparente comme la corne lorsqu'elle est en feuilles minces. A la température ordinaire elle est tenace, très-roide, peu élastique et peu extensible. On a trouvé qu'une lanière de gutta-percha de un pouce carré de section, doit être chargée de 1872 kilogrammes avant de se rompre. Son poids spécifique est de 0,979. A 50° elle devient molle, à 70 ou 80° elle peut être facilement pétrie et moulée, de sorte qu'à cette température, deux morceaux pressés l'un contre l'autre se réunissent parfaitement en un seul. A chaud elle peut être facilement laminée, étirée en fils et mélangée avec le caoutchouc.

Dissolvants de la gutta-percha. — La gutta-percha est insoluble dans l'eau, l'alcool, les acides dilués et les solutions alcalines; elle se dissout dans l'essence de térébenthine chaude, dans le sulfure de carbone, le chloroforme, l'huile éthérée de goudron de houille et l'huile de caoutchouc, avec lesquels elle donne un liquide épais. Avec l'éther et les huiles volatiles, la gutta-percha se gonfle et donne une pâte tenace. Dans l'eau bouillante, la gutta-percha se ramollit, se gonfle et devient visqueuse et filante, et en même temps elle absorbe une certaine quantité d'eau, qu'elle n'abandonne que très-lentement. A l'état sec, la gutta-percha constitue un très-bon corps isolant pour l'électricité.

Applications de la gutta-percha. — La nature a en quelque sorte indiqué elle-même dans les principales propriétés de la gutta-percha, la voie à suivre pour la travailler et le cercle de ses applications. Et en réalité, on met à profit la propriété que possède la gutta-percha, de pouvoir être à chaud soudée à elle-même, pour préparer de nombreux objets qui sont destinés à servir comme succédanés du cuir, du carton et du papier mâché, du bois, du papier, des métaux, etc., et cela dans tous les cas où il s'agit de fabriquer des objets imperméables à l'eau, inattaquables par l'alcool, les alcalis et les acides, et qui ne doivent pas être soumis à une température élevée. Avant de procéder au travail proprement dit, on commence par purifier la gutta-percha. Dans ce but, la matière brute est coupée en menus fragments à l'aide d'une machine sur laquelle on fait couler de l'eau (quelquefois additionnée de carbonate de sodium ou de chlorure de chaux); les substances étrangères, terre, sable, fragments de bois et d'écorce, etc., sont ainsi séparées, et l'échauffement de l'appareil diviseur est empêché par l'eau qui coule continuellement. On laisse dans l'eau pendant 24 heures la substance ainsi traitée; pendant ce temps les corps étrangers tombent au fond, tandis que la gutta-percha purifiée monte à la surface où on la recueille. Après ce traitement on fait bouillir la substance avec de l'eau, de manière à ce que ses particules s'agglomèrent, et lorsqu'elle est encore chaude on la fait passer entre des rouleaux lamineurs, où elle se transforme en feuilles, qui se composent maintenant de gutta-percha pure. Le travail est continué sans eau, mais avec le concours de la chaleur, dans un appareil pétrisseur. Lorsque dans cet appareil la gutta-percha a été transformée en une pâte molle et homogène, elle est prête à recevoir immédiatement toutes les formes que l'on désire. On en fait des plaques ayant jusqu'à 3 centimètres d'épaisseur et des

feuilles aussi minces qu'une feuille de papier; dans ce but, on fait passer entre des cylindres en fonte creux et chauffés à la vapeur une masse de gutta-percha purifiée, absolument comme s'il s'agissait de fabriquer de la tôle. On prépare des tubes de gutta-percha avec la masse chauffée d'après un procédé basé sur le même principe que la fabrication des tuyaux avec le plomb ou l'argile humide, du macaroni avec la pâte de farine, des crayons avec le graphite. Des objets variés peuvent être confectionnés par moulage avec pression de la gutta-percha ramollie dans des moules humides en bois (par exemple des gravures sur bois, lorsqu'il s'agit d'obtenir des clichés), en métal, etc.; de nombreux articles peuvent être faits avec des plaques, dans lesquelles on découpe l'objet que l'on veut obtenir et que, si c'est nécessaire, on presse sur un noyau ou un modèle. Lorsque la gutta-percha a été ramollie par la chaleur, elle peut être soudée à elle-même sans intermédiaire, il suffit de presser l'une contre l'autre les parties à réunir; lorsqu'on ne veut unir que certaines parties, on n'a qu'à ramollir les bords correspondants au moyen d'un fer à repasser ou d'une flamme de gaz. Lorsqu'il s'agit de fixer la gutta-percha sur du cuir ou des corps analogues, la meilleure colle à employer est une dissolution de gutta-percha dans la benzine.

Parmi les articles sans nombre, pour la confection desquels la gutta-percha a été employée avec plus ou moins de succès, nous citerons les suivants. L'inaltérabilité de la gutta-percha à l'air humide, où le cuir s'altère, et son insensibilité au contact des agents chimiques, comme les acides et les alcalis, la rendent particulièrement propre pour confectionner des courroies pour les transmissions de mouvement, des tuyaux de conduite pour l'eau, des pompes, des seringues, des garnitures de pistons, des semelles, etc. Pour la fabrication des instruments de chirurgie, la gutta-percha a donné des résultats excellents; les sondes, les bougies, les cathéters, etc., en gutta-percha, offrent beaucoup d'avantages et sont par suite très-employés. Par moulage, estampage, emboutissage, coulage, etc., on confectionne avec la gutta-percha des corniches, des moulures, des lambris, des ornements architecturaux de toutes sortes, des cadres, des manches de couteau, des poignées de sabre, des cannes, des fouets, des boutons, des coffrets, des tabatières, des bouteilles et des vases de toutes sortes, des robinets, des siphons, des entonnoirs, des rouleaux d'impression, des bustes et des statues, des matrices pour la galvanoplastie, etc. Comme corps mauvais conducteur de l'électricité, la gutta-percha convient pour recouvrir les fils des télégraphes électriques souterrains et sous-marins, seulement la gutta-percha ne doit pas être en contact direct avec l'eau ou la terre humide, parce que sans cela elle absorbe peu à peu de l'eau et perd sa propriété isolante; c'est pour cela que l'on a coutume d'entourer les fils revêtus de gutta-percha avec une enveloppe métallique. Avec le temps, la gutta-percha éprouve quelquefois une altération particulière, elle perd sa malléabilité de manière à pouvoir être réduite en poudre.

[D'après *Payen*, la consommation de la gutta-percha en France peut être

évaluée à 55,000 kilogrammes. Les quantités importées annuellement en Angleterre s'élèvent à plus de 1 million de kilogrammes.]

Mélange de caoutchouc et de gutta-percha. — On se sert maintenant fréquemment d'un mélange de 1 partie de gutta-percha et de 2 parties de caoutchouc qui, relativement à ses propriétés, tient le milieu entre les deux substances. Il peut être vulcanisé de la même manière que le caoutchouc. Un mélange à parties égales de déchets de caoutchouc ou de gutta-percha et de soufre, qui a été exposé pendant plusieurs heures à la température de 120°, offre des propriétés analogues à celles des os, de la corne, etc. Pour ajouter à la masse, on recommande le plâtre, les résines, les combinaisons plombiques, etc. Ce mélange serait employé pour confectionner des manches de couteau, des loquets de porte, des boutons, etc.

Balata. — Depuis 1857, on rencontre dans le commerce, sous le nom de *balata*, un produit qui, par ses propriétés, se place entre le caoutchouc et la gutta-percha et est employé dans l'industrie à des usages analogues. Le balata est extrait du suc épaissi d'une sapotacée très-répandue dans toute la Guayane, le *Sapota Muelleri* (*Bully-tree*), et il est apporté du Berbice en Europe. On l'emploie principalement pour faire des courroies sans fin, des semelles et des talons et en outre comme isolant pour les fils télégraphiques et dans l'art dentaire.

[Celluloïde. — A la suite du caoutchouc et de la gutta-percha, il convient de placer un produit désigné sous le nom de *celluloïde* qui, par quelques unes de ses propriétés et ses applications, se rapproche du caoutchouc durci. Le celluloïde, découvert par l'Américain *Hyatt*, en 1869, s'obtient en incorporant du camphre à du papier préalablement transformé en pyroxiline. Dans ce but on procède, d'après *J. Clouet* (1877), de la manière suivante : Sur une feuille de papier, qui se déroule d'une manière continue, on fait tomber un jet liquide composé de 5 parties d'acide sulfurique et de 2 d'acide nitrique ; le papier, ainsi transformé en pyroxiline, est pressé pour enlever l'excès d'acide, puis lavé jusqu'à élimination de toute trace d'acide ; la masse égouttée et séchée en partie est broyée dans un moulin, puis mélangée avec du camphre et de nouveau broyée, comprimée fortement et séchée sous une presse hydraulique entre des feuilles de papier buvard ; elle est ensuite coupée, broyée, laminée, et enfin comprimée de nouveau dans des appareils spéciaux convenablement chauffés. Le celluloïde, ainsi obtenu sous forme de plaques ou de baguettes, est une substance solide, inodore, insoluble dans l'eau, dure, incassable, transparente lorsqu'elle vient d'être préparée et assez analogue à la corne blonde ; il est élastique, il devient plastique et malléable à 125° et peut se souder à lui-même, il peut être laminé en feuilles d'un demi-millimètre d'épaisseur, il peut s'estamper, servir à faire des mosaïques ou recevoir des incrustations, se coller sur le bois, le marbre, etc. On fait avec le celluloïde des objets sculptés, tournés ou découpés, des billes de billard, des peignes, des bijoux de fantaisie, etc. ; en le mélangeant avec différentes matières, on peut lui donner l'aspect de l'ambre laiteux, du corail, de la malachite, du lapis, de l'ébène ou de l'ivoire. Le celluloïde constitue

maintenant un produit industriel, qui est fabriqué à New-Ark par la *Celluloid Emery Wheel Company*, ainsi qu'à Stain, près de Saint-Denis, et à Mannheim.]

VERNIS

Sous le nom de *verniss*, on désigne un liquide d'apparence huileuse ou résineuse, qui sert pour recouvrir des objets, et qui, après la dessiccation, doit laisser sur ceux-ci un enduit mince ; cet enduit protège les objets contre l'action de l'air et de l'eau, et leur donne une surface lisse qui contribue à les rendre plus jolis. On distingue les *verniss à l'huile*, les *verniss à l'alcool* et les *verniss à l'essence de térébenthine*.

Vernis à l'huile. — Pour préparer les verniss à l'huile, on emploie ordinairement l'huile de lin et, depuis quelque temps, l'huile de résine, plus rarement et seulement pour quelques cas l'huile de pavot et l'huile de noix. L'huile de lin possède la propriété de se dessécher peu à peu à l'air, en laissant une masse visqueuse transparente ; mais cela n'a lieu que très-lentement et imparfaitement. La propriété se manifeste d'une manière beaucoup plus complète, lorsque l'huile, additionnée de certains oxydants, a été exposée pendant longtemps à une haute température en présence de l'air. La dessiccation du verniss à l'huile n'a pas lieu par évaporation, mais parce que le verniss absorbe de l'oxygène et se transforme en une substance solide ; plus cette oxydation se produit avec rapidité, meilleur est le verniss. L'expérience a appris que l'oxydation marche d'autant plus rapidement qu'elle a été commencée avec une énergie plus grande. C'est pourquoi on a coutume de produire la transformation de l'huile de lin en verniss, en la chauffant avec des corps qui peuvent abandonner de l'oxygène, et qui, en outre, ont la propriété de se combiner avec les impuretés contenues dans l'huile ou de les détruire. Les corps de ce genre sont la litharge, l'oxyde de zinc, le bioxyde de manganèse, l'acide azotique, etc. D'après les expériences de *F. Sacc* (1872), le verniss à l'huile de lin absorbe en séchant presque la moitié de son poids d'oxygène. La manière la plus avantageuse de préparer le *verniss à l'huile de lin* ou *l'huile de lin cuite*, consiste à chauffer l'huile au bain-marie en y ajoutant les oxydes que l'on vient de nommer ; il est convenable d'introduire ces oxydes dans l'huile qui se trouve dans la chaudière, après les avoir grossièrement pulvérisés et renfermés dans une poche de tissu de lin (on prend 1 partie des deux premiers oxydes pour 16 parties d'huile, 1 partie de bioxyde de manganèse pour 10 d'huile). Une partie des oxydes se dissout en passant à l'état d'oléates, une autre partie se combine avec les impuretés contenues dans l'huile et donne lieu à un dépôt. Il est probable que la litharge et l'oxyde de zinc employés dans la préparation du verniss doivent aussi servir à décomposer la palmitine contenue dans l'huile, en formant avec l'acide palmitique un emplâtre, une substance sèche et résineuse. L'emploi du sulfate de zinc dans la préparation du verniss ne paraît pas avoir l'utilité qu'on lui sup-

posait. Les croûtes de pain, les oignons, les carottes, que l'on ajoute fréquemment à l'huile pendant la cuisson, n'ont d'autre utilité que d'indiquer par leur brunissement la fin de l'opération, parce que l'on a coutume de cuire l'huile jusqu'à l'apparition de ce phénomène. Un vernis à l'huile de lin qui, comme cela arrive maintenant fréquemment, est broyé avec du blanc de zinc, ne doit pas contenir de plomb. Lorsqu'on se sert d'une peinture au blanc de zinc, on emploie comme siccatif du vernis préparé avec du bioxyde de manganèse. Plus a été basse la température de coction du vernis, plus la couleur de celui-ci est claire. Les vernis qui doivent avoir une couleur claire sont soumis après la cuisson à un procédé de blanchiment. On introduit le vernis dans une boîte en tôle ou mieux en plomb, haute d'environ 10 centimètres, suffisamment longue et large et dont le couvercle consiste en une plaque de verre; on l'abandonne pendant un été à l'action des rayons solaires. *V. Liebig* a indiqué le procédé suivant pour préparer un vernis clair: on mélange 10 kilogr. d'huile de lin avec 300 gr. de litharge en poudre fine, on ajoute ensuite 600 gr. d'acétate basique de plomb et on agite fortement; au bout de quelque temps, la litharge s'est déposée avec l'acétate basique de plomb, et l'on a un vernis de couleur blanche facilement siccatif. D'après *Barruel et Jean*, la résinification de l'huile de lin est favorisée par le borate de manganèse; 1 partie de celui-ci suffirait pour produire la dessiccation rapide de 1,000 parties d'huile.

Vernis des tapisseries. — Le vernis employé pour fixer de l'or, de la laine tontisse sur les tapisseries, etc., est une dissolution d'emplâtre de plomb à l'huile de lin dans l'essence de térébenthine, que l'on prépare de la manière suivante: On saponifie de l'huile de lin avec une lessive de potasse ou de soude, on précipite avec de l'acétate basique de plomb le savon étendu d'eau et l'on dissout dans une quantité suffisante d'essence de térébenthine la masse visqueuse qui consiste en un emplâtre de plomb.

Encre d'imprimerie. — L'*encre d'imprimerie*, qui sert pour l'impression des livres, des lithographies, des gravures en taille-douce, etc., n'est autre chose qu'un vernis d'huile très-consistant et rapidement siccatif, qui a été mélangé avec du noir de fumée ou du charbon très-finement divisé. Pour préparer cette encre, on remplit à moitié une chaudière de cuivre avec de l'huile de lin ou de noix et l'on chauffe à feu nu jusqu'au delà du point d'ébullition de l'huile; pendant cette opération il se dégage beaucoup de vapeurs combustibles à odeur désagréable. Autrefois on avait coutume d'allumer les vapeurs; maintenant on préfère quelquefois effectuer le chauffage dans une chaudière munie d'un chapiteau. Comme ici la couleur du vernis n'a aucune importance, l'huile n'a besoin d'être traitée à une très-haute température que jusqu'à ce qu'elle soit devenue assez épaisse pour qu'elle écume et monte et qu'elle dégage une fumée grise. Lorsqu'un échantillon déposé sur une assiette offre une consistance épaisse et qu'il file entre les doigts, le vernis est bon à employer. Dans cet état, le vernis broyé avec environ 16 pour 100 de noir de fumée sèche facilement et rapidement. S'il n'est pas suffisamment cuit, les lettres imprimées avec ce vernis présentent des

bavures ; des particules d'huile pénètrent dans le papier et les lettres offrent un bord jaune et déteignent. Pour l'encre destinée à l'impression des livres, une addition de savon est indispensable ; l'encre d'imprimerie possède la propriété d'être enlevée proprement des caractères par le papier mouillé, ce qui empêche la production des bavures. Si l'impression ne doit pas être noire, mais rouge, bleue, etc., on mélange le vernis avec du cinabre, du bleu de Paris, de l'indigo, etc. Pour l'encre lithographique le vernis doit être plus consistant que pour l'encre destinée à l'impression des livres. L'encre pour l'impression en taille-douce est un mélange de vernis épais et de noir de Francfort. A la place de l'huile de lin ou de noix, on a proposé récemment l'huile de bancoul (de l'*Aleurites triloba*, euphorbiacées) pour la préparation de l'encre d'imprimerie.

Vernis gras. — Les vernis gras (laques à l'huile) sont des dissolutions de résines dans l'huile de lin cuite ou dans l'huile de résine, qui sont ordinairement étendues avec de l'essence de térébenthine, de la benzine ou du pétrole. Parmi les résines, on emploie le succin, le copal, la résine animée, la résine de Dammar et l'asphalte. Pour préparer ces vernis, on fond le succin ou le copal dans une chaudière chauffée à un feu de charbon doux, dans un fourneau construit de manière à ce que la chaudière ne descende que peu dans le foyer et à ce que le feu ne touche que le fond du vase. Lorsque la résine est fondue, on verse la quantité nécessaire d'huile de lin cuite bouillante dans la chaudière, qui doit être remplie tout au plus aux deux tiers, et on laisse bouillir le mélange pendant environ 10 minutes. On retire ensuite la chaudière du feu, on la laisse refroidir jusqu'à environ 140° et l'on ajoute ensuite la quantité nécessaire d'essence de térébenthine. Les proportions en poids sont 10 parties de copal ou de succin, 20 ou 30 parties d'huile cuite, 25 ou 30 parties d'essence de térébenthine. On obtient le vernis noir d'asphalte par un traitement semblable avec 3 parties d'asphalte, 4 parties d'huile cuite et 15 ou 18 parties d'essence de térébenthine.

Le vernis de succin foncé ne se prépare pas avec le succin, mais avec le résidu (colophane de succin) que l'on obtient en distillant le succin pour en extraire l'huile de succin et l'acide succinique. Les vernis gras sont les plus solides et les plus durables ; mais ils séchent un peu lentement et sont toujours plus ou moins colorés.

Vernis à l'alcool. — Les vernis à l'alcool (laques à l'alcool) sont des dissolutions alcooliques de certaines résines, comme la sandarac, le mastic, la résine de Dammar, la gomme laque, la résine animée, etc. (Depuis quelque temps on emploie aussi comme dissolvants des résines, l'esprit de bois, l'acétone [proposée par *Wiederhold*], le benzol ou la benzine, le photogène, le pétrole et l'éther de pétrole ; le sulfure de carbone mérite aussi d'attirer l'attention comme dissolvant des résines.) Un bon vernis à l'alcool a les propriétés suivantes : il sèche rapidement, il forme une surface brillante, il adhère solidement et il n'est ni cassant, ni gluant. Le nom de *laque*, que l'on donne à la dissolution de gomme-laque, la résine la plus employée, a été appliqué à tous les vernis résineux. On emploie un alcool fort, marquant

au moins 92°. On favorise la dissolution de la résine pulvérisée en la mélangeant avec un tiers de son poids de verre réduit en poudre grossière. Pour rendre l'enduit moins cassant, on ajoute ordinairement de la térébenthine. On obtient le *vernis de sandaraque* en dissolvant 10 parties de sandaraque, et 1 partie de térébenthine de Venise dans 30 parties d'alcool. Le *vernis de gomme-laque* est plus durable; on l'obtient en dissolvant 1 partie de gomme-laque dans 3 ou 5 parties d'alcool. Le *vernis des menuisiers* est une dissolution de gomme-laque dans beaucoup d'alcool; cette dissolution doit être filtrée sur du charbon animal, si elle doit être appliquée sur du bois blanc. Nous ferons remarquer que la gomme-laque blanchie (par le chlore ou par l'ozone) devient peu à peu, sous l'influence de la lumière, insoluble dans l'alcool. Le *vernis de copal* surpasse en dureté et en durée le vernis de gomme-laque. Pour le préparer on fait d'abord fondre le copal, opération pendant laquelle on ne peut pas empêcher que la résine se colore plus ou moins; le copal fondu est pulvérisé, mélangé avec du sable, arrosé avec de l'alcool fort et maintenu pendant longtemps en ébullition au bain-marie, enfin la dissolution est filtrée. Afin que le vernis soit un peu plus mou, on y mélange un peu de térébenthine ou d'une solution de résine élémi. Pour obtenir un vernis de copal incolore, on introduit 6 kilogrammes de copal concassé dans un vase fermant bien et contenant un mélange de 6 kilogrammes d'alcool à 90°, de 4 kilogrammes d'essence de térébenthine et de 1 kilogramme d'éther, et l'on chauffe doucement. La dissolution du copal a lieu immédiatement et le vernis obtenu se clarifie spontanément par le repos.

Le vernis employé pour rendre étanches les tonneaux à bière consiste en une dissolution de 170 grammes de gomme-laque, de 170 grammes de résine de Dammar et de 375 grammes de colophane dans 2 litres d'alcool. On enduit avec ce liquide l'intérieur des tonneaux.

Vernis à l'alcool colorés. — Les vernis à l'alcool colorés, auxquels on donne le nom de *vernis d'or*, sont employés pour empêcher les objets délicats de laiton et de tombac de se ternir à l'air, d'être attaqués par les différents agents, etc., et en outre pour leur communiquer une jolie couleur d'or; ces vernis, qui peuvent aussi servir pour donner à l'étain, au fer-blanc et même au fer un aspect ayant quelque analogie avec celui de l'or, s'obtiennent de la manière suivante. On prépare séparément des dissolutions de gomme-gutte et de sang-dragon (depuis quelque temps on prépare aussi des dissolutions de fuchsine et d'acide picrique, ou de jaune de Martius ou de coralline et de couleurs analogues extraites du goudron) et l'on ajoute celles-ci, jusqu'à ce qu'on ait atteint la couleur désirée, à un vernis qui a été obtenu avec 2 parties de laque en grains, 4 parties de sandaraque, 4 parties de résine élémi et 40 parties d'alcool.

Vernis à l'essence de térébenthine. — Les vernis à l'essence de térébenthine sont préparés de la même manière que les vernis à l'alcool. Ils séchent plus lentement, mais ils sont moins cassants, plus souples et durent plus longtemps. On prépare le vernis à l'essence le plus ordinaire en dissolvant de la résine de pin dans de l'essence de térébenthine; ce vernis est peu

solide et il se fendille au bout de quelque temps. Le *verniss de copal* à l'essence de térébenthine se prépare soit avec le copal non fondu, soit avec cette résine fondue; le vernis obtenu avec celle-ci est coloré. La meilleure manière de traiter le copal non fondu par l'essence de térébenthine consiste à chauffer celle-ci au bain de sable dans un ballon de verre et à suspendre au-dessus de l'huile le copal contenu dans un petit sac de tissu de lin. Le copal dissous par les vapeurs d'essence chaudes tombe goutte à goutte dans l'essence et se mélange avec celle-ci. Le *verniss de Dammar* à l'essence de térébenthine est maintenant fréquemment employé; il n'est pas très-solide, mais il est incolore. Pour le préparer on chauffe pendant longtemps de la résine de Dammar choisie et grossièrement pulvérisée, afin de la dessécher complètement, et ensuite on la dissout dans 3 ou 4 fois son poids d'essence de térébenthine. On prépare le *verniss à l'essence de térébenthine vert* en dissolvant de la sandaraque ou du mastic dans une lessive de potasse étendue d'eau et en précipitant le liquide par l'acétate de cuivre; le précipité est desséché et dissous dans l'essence de térébenthine.

Polissage du vernis sec. — Afin que la surface des objets vernis, notamment de ceux en métal, soit plus lisse et devienne miroitante, on a coutume de polir le vernis lorsqu'il est complètement sec. Le polissage s'effectue en frottant le vernis d'abord avec un feutre qui a été plongé humide dans de la poudre de pierre ponce lèvigée, ensuite avec du tripoli lèvigé et avec de l'huile d'olives, et enfin avec de l'amidon de froment, qui enlève complètement l'huile.

A la place des vernis ordinaires et des laques on a commencé depuis quelque temps à employer des dissolutions de coton-poudre dans l'éther alcoolisé (collodion) et des solutions de verre soluble, afin de produire des enduits brillants ayant l'aspect du verre. Une dissolution de gomme-laque dans l'ammoniaque a été aussi recommandée (par *C. Puscher*) comme un liquide propre à servir comme vernis, notamment pour les peintures hydrofuges.

Régénération des peintures à l'huile. — C'est ici le lieu de mentionner le *procédé de régénération* indiqué par *v. Pettenkofer* pour les peintures à l'huile. L'observation a appris que le changement d'aspect que l'on remarque au bout de quelques années dans les peintures à l'huile vernies est occasionné dans la plupart des cas par des influences physiques. Le temps finit par détruire dans ces peintures la cohésion moléculaire. Le phénomène commence à la surface par des fentes microscopiques qui se produisent dans le vernis et qui, traversant les différentes couches de couleurs, pénètrent peu à peu jusqu'au fond. La surface et le corps d'un tel tableau se mélangent avec le temps intimement avec l'air et réfléchissent alors la lumière comme de la poudre de verre. Pour rapprocher de nouveau les molécules séparées, sans aucun danger pour l'original, on expose la peinture dans un appareil approprié à une atmosphère qui a été saturée à la température ordinaire avec de l'alcool. L'effet optique de l'original se rétablit ainsi de lui-même, sans même que la peinture soit touchée. La très-

petite quantité de l'alcool absorbé s'évapore très-promptement lorsqu'on expose la peinture à l'air et la surface de celle-ci reste claire tout aussi longtemps qu'une surface fraîchement vernie.

MASTICS

On désigne sous le nom de *mastics* des mélanges qui, appliqués sous forme de bouillie ou de pâte entre des surfaces juxtaposées, unissent solidement celles-ci après qu'ils se sont durcis. D'après cette définition générale, le masticage comprend aussi le collage du bois, du papier, qui cependant sont ordinairement l'objet d'un examen particulier, et il n'exclut que la soudure. On exige d'un bon mastic, qui doit être composé spécialement pour l'usage auquel il est destiné, car il n'existe pas de mastic universel, qu'il se confonde parfaitement avec les surfaces qu'il doit unir, qu'il se y attache solidement et qu'après le durcissement il acquiert assez de cohésion pour qu'il soit en état de résister aux influences destructives auxquelles il est exposé. Les substances qui entrent dans la composition du mastic sont différentes et elles dépendent de la nature des surfaces que l'on veut unir et des influences auxquelles les parties à unir doivent être exposées et doivent résister. Les procédés proposés pour préparer des mastics sont extrêmement nombreux; ils peuvent cependant être partagés en différentes sections, si pour l'établissement de celles-ci on se base sur l'élément essentiel du mastic. D'après cela, on doit distinguer : 1° les mastics de chaux, 2° les mastics à l'huile, 3° les mastics de résine et de soufre, 4° les mastics de fer, 5° les mastics d'amidon, 6° les mastics d'une moindre importance, comme le mastic de verre soluble, le mastic de chlorure de zinc, etc.

Mastics de chaux. — La chaux éteinte forme avec la caséine, l'albumine, la gomme arabique et la colle des masses qui, au bout de quelque temps, acquièrent une grande solidité et conviennent pour le masticage des corps les plus variés, bois, pierre, métaux, verre, porcelaine, etc.

Le mastic de *caséine* peut être préparé de différentes manières. D'après le procédé ordinaire, on broie sur un porphyre du fromage frais, dont on a séparé le petit-lait, puis on y ajoute peu à peu de la chaux délitée; il se forme une masse tenace, qui doit être employée le plus promptement possible parce qu'elle se solidifie rapidement. La caséine donne aussi sans chaux un bon mastic, lorsqu'on la dissout dans du carbonate de potassium ou de sodium et qu'on évapore le liquide jusqu'à une certaine consistance. En dissolvant de la caséine dans une solution de borax saturée à froid on obtient un liquide clair et épais, qui se distingue par une grande force adhésive et qui sur ce point est de beaucoup supérieur à une solution de gomme arabique. Une dissolution de caséine dans le verre soluble est recommandée comme *mastic de la porcelaine et du verre*. Pour cimenter la pierre, les métaux, le bois, etc., ou pour remplir des joints, usages pour lesquels le mastic doit avoir plus de corps, le mélange de caséine et de chaux est addi-

tionné de poudre de ciment (on prend pour 1 kilog. de caséine fraîche, 1 kilog. de chaux et 3 kilog. de ciment). Le gluten altéré par putréfaction donne un mastic analogue à celui que fournit la caséine et qui a été recommandé récemment par *Hannon* pour coller le grès, la porcelaine, le verre, la nacre, etc.

Mastics à l'huile. — L'élément essentiel des *mastics à l'huile* est une huile siccativante, qu'il est convenable d'employer sous forme d'huile cuite; ces mastics résistent pour la plupart à l'action de l'eau.

L'huile de lin cuite, ainsi que le vernis gras de copal peuvent être employés tels quels comme mastics, lorsqu'il s'agit de mastiquer des objets de verre ou de porcelaine; mais ils ont l'inconvénient de ne durcir complètement qu'au bout de plusieurs semaines et même de plusieurs mois, aussi ne sont-ils que rarement employés. Mélangés avec de la céruse, de la litharge ou du minium, ils séchent il est vrai plus rapidement, mais encore dans ce cas ils ne sont complètement secs qu'au bout de quelques semaines. Lorsqu'on emploie ce mastic en grandes quantités à la fois, on ajoute à l'huile cuite un mélange de 10 parties de litharge et de 90 parties de craie léviguée, qui peut être remplacée par de la chaux délitée; à la place de la litharge on peut aussi employer le blanc de zinc. On se sert de ce mastic pour cimenter les pierres, les briques dans la construction des réservoirs, des terrasses, etc. Avant de l'employer on le chauffe, afin qu'il soit plus fluide, qu'il se loge mieux dans les joints et qu'il sèche plus rapidement. *Stephenson* emploie pour les tubes à vapeur un mastic qu'il considère comme excellent et qui se compose de 2 parties de litharge, de 1 partie de chaux délitée et de 1 partie de sable que l'on mélange intimement avec de l'huile de lin cuite bouillante. [Le *mastic de Serbat*, qui est employé pour luter les joints d'assemblage des pompes, des chaudières et machines à vapeur, etc., se compose de 72 parties de sulfate de plomb calciné, de 24 parties de peroxyde de manganèse et de 13 parties d'huile de lin; appliqué à l'état mou, il durcit promptement sous l'influence de la chaleur. Le *mastic des cabinets de physique et des laboratoires de chimie* consiste en un mélange de minium et d'huile de lin.] En dissolvant du savon d'aluminium (obtenu en précipitant une solution d'alun avec un savon de sodium) dans de l'huile de lin cuite chauffée, on obtient, d'après *Varrentrapp*, un mastic facile à étendre et imperméable à l'eau, qui paraît convenir spécialement pour la pierre. Le *mastic des vitriers*, qui sert pour fixer les carreaux des fenêtres, s'obtient en broyant ensemble de la craie et de l'huile de lin cuite, jusqu'à ce qu'il se soit formé une masse pâteuse, très-cohérente et sans grumeaux. Si l'on emploie de l'huile de lin crue, il ne durcit que très-lentement, mais au bout de quelques années il a acquis une solidité telle qu'il ne peut être que difficilement séparé des carreaux. Enveloppé dans une vessie ou dans un morceau de drap imbibé d'huile, le mastic des vitriers peut être conservé pendant longtemps sans altération. Le *mastic de glycérine*, proposé par *Hirzel*, durcit rapidement et convient pour les vases contenant des substances volatiles; c'est un mélange de glycérine et de litharge, qui (d'après *Pollack*) est

aussi un excellent moyen pour fixer le fer sur le fer, pour cimenter des objets de pierre, ainsi que pour sceller le fer dans la pierre.

Mastics résineux. — Aux mastics qui sont le plus fréquemment employés, appartiennent incontestablement les *mastics résineux*, dont l'élément actif est une résine, qui à l'état fondu est appliquée entre les surfaces à réunir et qui aussitôt après le refroidissement et le durcissement produit l'adhérence de celles-ci. Ces mastics qui jouissent comme les mastics à l'huile de la propriété d'être imperméables à l'eau, ont sur ces derniers le précieux avantage de durcir immédiatement, mais la plupart ont l'inconvénient de ne pas pouvoir supporter une haute température sans se ramollir et, à l'air, notamment à la lumière solaire, ils deviennent avec le temps si cassants qu'ils tombent en poussière sous l'influence du moindre frottement.

Les résines, la sandaraque et le mastic notamment, servent seulement pour coller les objets de verre et de porcelaine, usage pour lequel elles conviennent spécialement à cause de leur manque de couleur et de leur facile fusibilité. Pour s'en servir on dépose à l'aide d'un pinceau la poudre fine de ces résines sur les surfaces à réunir et l'on chauffe sur un feu de charbon jusqu'à ce que les résines soient fondues, après quoi l'on presse rapidement les surfaces l'une contre l'autre. Les *mastics résineux*, proposés par *Lampadius* dès 1828, méritent une attention plus grande que celle qui leur a été accordée jusqu'à présent. L'un d'eux se compose d'une dissolution de 1 partie de succin fondu dans 1 partie 1/2 de sulfure de carbone; il doit être considéré comme un excellent mastic à dessiccation rapide; il suffit d'étendre, à l'aide d'un pinceau, une petite quantité de la dissolution sur les bords des objets à coller et de presser ceux-ci l'un contre l'autre, et le mastic sèche immédiatement. Une dissolution de mastic (résine) dans le sulfure de carbone peut aussi être employée comme mastic. La gomme-laque est peu convenable comme mastic résineux; elle est trop cassante à froid et elle se rétracte très-fortement; le premier inconvénient peut être détruit en ajoutant une petite quantité de térébenthine, le second par une addition de substances terreuses, aussi la bonne cire à cacheter est-elle beaucoup plus convenable comme mastic que la gomme-laque seule. Le bois ne peut pas être collé solidement avec la gomme-laque fondu; mais si l'on place entre deux morceaux de bois enduits avec du vernis de gomme-laque un morceau de mousseline imbibé de ce même vernis, les morceaux adhèrent très-solidement. Les mastics résineux sont fréquemment employés en grand pour cimenter les réservoirs, les terrasses, pour empêcher l'humidité, etc. On se sert dans ce but de la poix ou de la colophane et depuis quelque temps de l'asphalte (presque exclusivement); on emploie ces substances mélangées avec du ciment ou avec du soufre, si l'on désire une plus grande dureté, ou bien avec de la térébenthine ou du goudron, si l'on veut avoir un mastic moins dur ou moins cassant. [Le *mastic des fontainiers* est un mélange de résine, de suif et de colcothar, auquel on ajoute quelquefois de la brique pilée.]

La *glu* ou *colle marine* (*marine-glue*) inventée par l'Anglais *Jeffery* se prépare de la manière suivante: on dissout du caoutchouc dans 12 fois son

pois d'huile de goudron de houille et l'on mélange la dissolution avec un poids double d'asphalte ou de gomme-laque ou des deux substances, on chauffe le mélange et on le rend homogène en l'agitant. Il y a deux sortes de glus marines, une dure et une liquide; la première est surtout employée pour souder ensemble des pièces de bois, pour cheviller des pièces de charpente avec du bois ou du fer, pour calfater les navires à la place du goudron et pour remplir les fentes et les fissures des bois que l'on veut préserver de l'humidité, etc. La glu marine liquide, que l'on obtient en ajoutant une plus grande quantité du dissolvant, s'emploie pour recouvrir le bois, le plâtre, les surfaces métalliques, pour enduire la toile, les cordages, les tuyaux, etc. L'insolubilité de la colle marine dans l'eau, sa grande solidité, sa force adhésive énergique et son inaltérabilité à toutes les températures de l'air qui ne la rendent ni molle ni cassante font que cette substance est un produit très-précieux non-seulement pour la marine, mais encore pour les constructions sur terre. Aux mastics résineux se rattache la *zéiodélite* qui se compose de 19 parties de soufre et de 42 parties de poudre de verre ou de grès; ce mélange chauffé jusqu'à la fusion du soufre peut être employé pour cimenter les pierres, à la place du mortier hydraulique. *R. Böttger* prépare la zéiodélite en introduisant de la terre à infusoires mélangée avec un peu de graphite dans un poids égal de soufre fondu liquide. Le mélange à parties égales de gomme-laque et de silice finement divisée préparé par *Merrick* et employé sous le nom de *diatite* se rattache également aux mastics résineux.

Mastics de fer. — Parmi les nombreuses recettes indiquées pour la préparation du *mastic de fer* destiné à être appliqué sur le fer et la fonte des tuyaux de conduite pour l'eau, des chaudières et des tubes à vapeur, etc., nous citerons une des meilleures.

Le *mastic de limaille de fer* consiste en un mélange de 2 parties de sel ammoniac, 1 partie de fleurs de soufre et 60 parties de limaille de fer fine; pour s'en servir on le pétrit avec de l'eau, à laquelle on a ajouté un sixième de vinaigre ou une petite quantité d'acide sulfurique étendu. Ce mastic est introduit dans les joints lorsque les surfaces du fer à réunir ont été nettoyées et un peu limées si c'est possible. Au bout de quelques jours il est complètement durci et il adhère très-solidement au fer, par suite de la rouille qui se développe à la surface de celui-ci aussi bien qu'à l'intérieur du mastic. Dans les cas où le mastic a à supporter la chaleur rouge, comme lorsqu'il est employé pour réunir des pièces de tubes qui sont exposées au feu, on se sert d'un mastic composé de 4 parties de limaille de fer, 2 parties d'argile et 2 parties de pâte à cazettes pour la cuisson de la porcelaine; ces substances sont transformées avec une dissolution de sel en une pâte, que l'on presse entre les collets à l'aide des vis.

Mastics d'amidon. — Aux *mastics d'amidon* appartient la *colle* faite par coction avec de l'amidon ou de la farine, qui comme on le sait est employée dans la reliure et en général pour le collage du papier et du carton.

La meilleure manière de préparer la colle est la suivante: dans un mortier

on triture de l'amidon avec de l'eau froide de manière à obtenir une bouillie peu épaisse, qui ne contienne pas de grumeaux, et ensuite, agitant continuellement, on y fait couler d'un autre vase sous forme d'un mince filet de l'eau bouillante, jusqu'à ce que l'empois commence à se former, ce que l'on reconnaît à ce que le mélange devient transparent, puis on verse rapidement le reste de l'eau nécessaire. Il ne faut pas faire cuire la masse ainsi obtenue, parce que la colle s'écaillerait facilement. La colle préparée avec de la farine de seigle a une force adhésive plus grande que la colle d'amidon, ce qui tient évidemment à la présence du gluten dans la farine de seigle. Malheureusement cette colle n'est pas blanche, mais grise ou brun-gris. Pour que la colle puisse se conserver plus longtemps, on dissout une petite quantité d'alun ou d'acide salicylique dans l'eau qui sert pour la préparer. A la place de l'eau chaude, on peut se servir pour étendre la bouillie de farine d'une dissolution de gélatine bouillante, ce qui augmente beaucoup la force adhésive de la colle. La meilleure colle est incontestablement celle pour laquelle on a employé une solution aqueuse de gluten altéré par putréfaction. Si l'on ajoute à la colle une quantité de térébenthine égale à la moitié du poids de l'amidon employé et si on la dissémine dans la masse en brassant tant que le mélange est encore chaud, la colle résiste mieux à l'action de l'humidité et en même temps elle devient plus adhésive.

CHAPITRE V

DES MATIÈRES ANIMALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

INDUSTRIE DE LA LAINE

Origine et propriétés de la laine. — La *laine* se distingue du *poil* par trois propriétés principales : premièrement la laine est plus fine (le poil en devenant plus épais et plus roide passe à la soie et enfin au piquant), deuxièmement elle n'est pas roide, mais ondulée (*frisée*), et troisièmement elle contient moins de pigment. La qualité de la laine croît proportionnellement au développement de ces trois caractères, elle est par conséquent d'autant meilleure qu'elle s'éloigne plus de la nature du poil. La laine, de même que le poil, n'est pas simple, mais bien une fibre organisée, se composant d'une membrane épithéliale, de la substance corticale et de la substance médullaire. La substance épithéliale de la laine consiste en lamelles minces se recouvrant comme les tuiles d'un toit, ce qui donne à la surface de la fibre un aspect écaillé et analogue à celui d'un cône de sapin. La figure 357 montre un fragment d'un poil de brebis des landes à côté d'un morceau de laine non-plus-ultra de Saxe (fig. 358), tous les deux observés sous le même grossissement (ces figures montrent en même temps l'énorme différence de finesse des deux fibres). Les espèces de petits crochets recourbés en dehors qui se trouvent à la surface du brin de laine sont la cause de la rudesse de celui-ci et c'est à la présence de ces mêmes crochets que la laine doit sa propriété *feutrant*.

Si des poils écaillés de ce genre sont soumis à une compression accompagnée d'un mouvement de glissement et de pétrissage, notamment avec le concours de vapeurs d'eau bouillante, qui rendent la fibre molle et souple, les brins s'accrochent les uns aux autres et s'enchevêtrent et forment un tissu confus, mais solide, qui constitue le *feutre*.

C'est du *mouton* principalement que l'on retire la laine. Comme les autres animaux domestiques, le mouton présente des différences qui dépendent du climat, du mode d'alimentation et des soins donnés à l'animal, et ces différences se font ressentir sur la qualité de la laine. Toutes les races de mou-

tons peuvent être rangées dans les deux divisions naturelles suivantes : 1° le *mouton des montagnes* avec une laine courte, plus ou moins fine, 2° le *mouton des plaines* avec une laine généralement grossière, droite, longue, semblable à du poil. A la première division appartiennent le *mouton des montagnes de l'Allemagne*, et le *mouton espagnol* ou *mérinos*, qui d'après les différences corporelles qu'ils présentent se divisent en plusieurs sous-races, dont les meilleures sont la *race infantado* ou *négretti* et la *race électorale* (ainsi nommée parce que les premiers moutons exportés d'Espagne ont été amenés en 1765 dans la Saxe Electorale). La race que l'on désigne sous le nom d'*Escorial* n'est pas une race proprement dite, mais un mouton électoral avec une toison très-fournie. Aux moutons des plaines appartiennent le *mouton des*

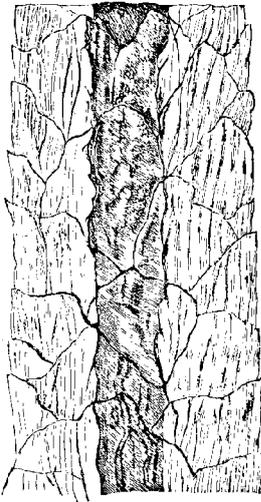


Fig. 537. — Laine de brebis des landes.



Fig. 538. — Laine non-plus-ultra de Saxe.

anles, qui se trouve dans la contrée située entre les embouchures de l'Elbe et du Weser, le *mouton de Crète* qui est élevé dans l'Europe méridionale et l'Asie occidentale, et les *moutons anglais* des races Southdown, Leicester, Cotswold, Lincoln, Teeswater et Rommey-Marsh, ainsi que des îles écossaises, principalement des Hébrides et des îles Shetland.

Les plus importantes des espèces de laines fournies par les animaux autres que le mouton sont les suivantes :

a. La *laine de Cachemire* est le duvet fin et laineux des chèvres de Cachemire, qui vivent sur le versant oriental de l'Himalaya à une hauteur de 4,500 à 5,000 mètres. Elle est de couleur blanche, grise ou brunâtre et, telle qu'elle est apportée en Europe, elle est encore mélangée avec une grande quantité de poil grossier (100 kilogr. de cette laine ne donnent souvent après le triage et le nettoyage que 20 kilogr. de duvet).

b. La laine de vigogne est le poil extrêmement peu frisé du lama vigogne (*Auchenia vicunna*), qui vit sur les hautes montagnes du Pérou, du Chili et du Mexique. La laine de vigogne était employée autrefois plus fréquemment que maintenant pour confectionner du drap très-fin. On a commencé à se servir à la place de la laine de vigogne véritable des poils du lapin angora et du lapin domestique (ce que l'on désigne maintenant dans l'industrie lainière sous le nom de *vicogne* ou *vigogne* n'est autre chose qu'un mélange de fil de laine de mouton et de fil de coton).

c. La laine d'alpaca ou l'alpaga est le poil long, duveteux, blanc, noir ou brun du lama alpaga (*Auchenia llacma*), animal du genre lama, qui vit au Pérou. Le poil est très-fin et a une grande analogie avec la laine de vigogne, bien qu'il lui soit inférieur en finesse.

d. Le mohair (poil de chèvre) est le poil long, soyeux et peu frisé de la chèvre d'Angora (*Capra angorensis*), qui vit aux environs d'Angora dans l'Asie-Mineure. Avec le mohair on confectionne le *fil de poil de chèvre*, qui est employé pour fabriquer des tissus non foulés (par exemple le camelot, la peluche, etc.). Il sert en outre comme trame dans la confection d'étoffes demi-soie.

Composition chimique de la laine. — La substance propre de la laine consiste en un corps albuminoïde riche en soufre, la *kératine*, qui dans la laine telle qu'on vient de la recueillir sur l'animal est souillée par de la sueur, de la poussière, etc. Nos connaissances relativement à la composition de la laine de mouton se sont beaucoup accrues dans ces derniers temps par suite des travaux de *F. Stohmann*, de *Faist*, de *Reich* et *Ulbricht*, de *Hartmann*, de *M. Märker* et de *E. Schulze*.

Faist a obtenu les résultats suivants en analysant différentes sortes de laines mérinos séchées à l'air :

	1.		2.			
	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	<i>d.</i>	<i>e.</i>	<i>f.</i>
Éléments minéraux	6,5	16,8	0,94	1,3	1,0	1,2
Suint et graisse	44,5	44,7	21,00	40,0	27,0	16,6
Poil de laine pur	58,0	28,5	72,00	56,0	64,8	77,7
Humidité	11,4	7,0	6,06	2,7	7,2	3,5
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,00</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
Laine pure séchée à l'air 0/0.	94,4	55,5	78,05	58,7	72,0	82,2

1. Laines en suint brutes (séchées à l'air) : *a.* Laine de Hohenheim avec suint soluble moins abondant ; *b.* Laine de Hohenheim avec suint visqueux et abondant. 2. Laines après le lavage à dos (séchées à l'air) : *c.* de Hohenheim, avec suint abondant, visqueux, *d.* id. avec suint difficilement soluble, *e.* Laine de Hongrie, remarquable par sa mollesse, *f.* du Wurtemberg, moins molle.

[*Chevreul*, analysant une laine brute de mérinos, séchée à 100°, est arrivé aux résultats suivants :

416 DES MATIÈRES ANIMALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

Matière terreuse se déposant dans l'eau de lavage de la laine.	26,06
Suint soluble dans l'eau froide.	32,74
Graisses particulières	8,55
Matières terreuses fixées par les graisses.	1,40
Laine proprement dite.	31,23
	100,00]

M. *Elsner*, de Gronow, à l'occasion d'une étude sur la laine, publiée en 1865, a déterminé la perte que cette substance éprouve lorsqu'on la dégraisse par le sulfure de carbone. La perte s'est élevée

Pour les laines mérinos lavées, à.	15-70	0/0
les laines non lavées (laines en suint).	50-80	—
les laines à peigne longues.	18	—

Le *suint* doit être considéré comme un mélange de substances sécrétées par le mouton et de matières provenant de l'extérieur et qui s'y sont ajoutées accidentellement. Si l'on fait macérer pendant quelque temps la laine brute dans l'eau chaude, il se forme un liquide trouble et écumeux qui contient les éléments du suint dont une partie est réellement dissoute et dont l'autre n'est que suspendue. La substance sèche de l'extrait aqueux du suint se compose, d'après *Märker* et *Schulze* (1869), des substances suivantes :

	1.	2.	3.	4.
Substance organique.	58,92	61,86	59,12	60,47
Matières minérales.	41,08	38,14	40,88	39,53

1 et 2, laines de moutons des plaines, 3 et 4 laines de moutons pur sang de Rambouillet. La partie en suspension contient (d'après *Hartmann* et *E. Schulze*) de la cholestérine aussi bien à l'état libre que sous forme d'éther composé (benzoate de cholestérine), puis une substance isomère de la cholestérine, l'isocholestérine. La partie dissoute contient le sel potassique d'un acide gras (*suintate de potassium*)¹, en quantité telle que dans ces derniers temps on a basé sur ce fait une méthode d'extraction du carbonate ainsi que du chlorure de potassium (le carbonate de potassium que l'on peut extraire de 100 kilogr. de laine brute s'élève à 7 ou 9 kilogr.; voy. t. I p. 295). D'après *Märker* et *Schulze*, la cendre du suint se compose de :

Carbonate de potassium.	86,78
Chlorure de potassium.	6,18
Sulfate de potassium.	2,85
Silice, alumine, chaux, magnésie, oxyde de fer, acide phosphorique, etc.	4,21
	100,00

¹ D'après *Beich* et *Ulbricht*, les acides gras contenus dans le suint sont un mélange d'acide oléique et d'acide stéarique, probablement aussi d'acide palmitique. A ces acides se joint aussi un peu d'acide valérianique. La formation du savon de potasse s'explique (d'après *E. Schulze*, 1872-1873) par cette hypothèse, que la sécrétion des glandes sudoripares contient du carbonate de potassium, qui exerce sur la graisse de la laine une action saponifiante.

D'après P. Havrez (1870), il est plus avantageux de traiter le suint en même temps pour carbonate et prussiate de potasse, que d'en extraire seulement le premier sel. Lorsque les conditions locales le permettent, la graisse du suint est transformée en gaz d'éclairage (gaz de suint).

Propriétés industrielles de la laine. — La valeur et les usages auxquels la laine peut être employée dépendent d'un certain nombre de propriétés, parmi lesquelles les plus importantes sont les suivantes :

Couleur et brillant. La laine est le plus souvent de couleur blanche, il n'y a que celle du mouton des landes et de certains moutons des montagnes (ainsi que l'alpaga et le mohair) qui soit colorée (en noir, en brun ou en gris). Le brillant de certaines espèces de laines est une propriété dont on tient compte pour leur emploi à certains usages; le brillant n'est pas en rapport avec la finesse de la laine, il est plutôt en relation avec la *douceur* (la mollesse, la souplesse) de celle-ci, qualité que l'on reconnaît à ce que la laine produit, lorsqu'on la manie, une sensation analogue à celle que l'on perçoit en touchant du coton ou de la soie. La *frisure*, propriété particulière à la laine du mouton des plaines, consiste en ce que le brin porte des ondulations dont l'ampleur est plus ou moins grande. Une laine dont les ondulations sont nombreuses et peu étendues est dite frisée *petit*; une laine avec des ondulations peu nombreuses, mais amples, est dite frisée *gros*. On fait en outre une différence entre la laine avec des ondulations élevées (frisée *fortement*) et celle dont les ondulations sont plates (frisée *faiblement*). Relativement à la *finesse* de la laine, on admet généralement qu'un brin de laine est d'autant plus fin que son diamètre est plus petit. Un faible diamètre ou une grande finesse est pour cette raison considérée comme la propriété la plus importante d'une laine, parce qu'une laine, bien qu'elle réunisse toutes les autres bonnes qualités, ne semble propre à donner un produit parfait, que si, à ces qualités, elle joint aussi la finesse. Cependant il existe aussi des laines qui, avec des brins d'un faible diamètre, possèdent une souplesse très-roide et paraissent moins propres pour la fabrication. Par conséquent, le diamètre des brins de laine et la finesse de celle-ci ne sont pas toujours directement proportionnels, et leur rapport ne constitue qu'un caractère accessoire. On ne peut d'ailleurs déterminer d'une manière concluante la finesse du brin de laine ni avec l'*ériomètre*, ni avec le micromètre; cette détermination ne peut être effectuée qu'à l'aide de la vue, du toucher et de l'expérience pratique. L'*égalité* consiste en ce que le brin de laine a le même diamètre dans toute sa longueur. La *souplesse* est un degré plus élevé de flexibilité; elle consiste dans l'aptitude qu'ont les brins de laine à prendre facilement toutes les directions. L'*extensibilité* et l'*élasticité*, accompagnent ordinairement la souplesse. Un brin de laine, quand on l'a étiré, de manière à ce que les ondulations ne soient plus visibles, peut encore être un peu allongé sans se rompre. L'*élasticité* du brin de laine se reconnaît à ce que celui-ci, après avoir été rompu, se rétracte et se frise plus ou moins rapidement aux deux extrémités séparées. La *ténacité* est cette propriété en vertu de laquelle la laine résiste sans se rompre à une forte extension. Un brin de

laine isolé exige pour se rompre un poids de 2 gr. 6 à 44 grammes, suivant le degré de la finesse et la qualité de la laine. Sous le nom de *hauteur*, on désigne la longueur du brin frisé dans sa position naturelle, on appelle *longueur* sa mesure lorsqu'il est étendu de manière à ce que la frisure ne puisse pas être perçue par l'œil. La longueur doit, dans le choix des laines, être prise en très-grande considération, et elle constitue la base principale de la distinction entre la laine à cardes et la laine à peigne. La première, la *laine à cardes* (laine courte), comprend toutes les laines qui sont employées pour fabriquer des *étoffes foulées*. Toutes les laines fortement frisées, dont le brin étendu mesure moins de 15 centimètres, servent comme laines à cardes. La *laine à peigne* (laine longue) est employée pour confectionner des *étoffes rases et moelleuses*. Les propriétés les plus importantes de la laine à peigne sont une longueur pas trop faible (au moins 9 à 12 centimètres), une très-grande ténacité et une frisure nulle ou très-peu marquée.

Transformation de la laine en marchandise. — Avant que la laine puisse être livrée au commerce, le producteur doit d'abord la transformer en marchandise; c'est à quoi il arrive par le *lavage*, la *tonte* et le *triage*.

I. *Lavage*. Avant la tonte, la laine est quelquefois lavée sur le corps du mouton. Pour distinguer ce premier lavage de celui qui est fait par le fabricant et qui sera décrit plus loin, on le désigne sous le nom de *lavage à dos*. Cette opération a pour but de débarrasser la laine de toutes les saletés et d'une partie de la graisse. Mais ce but doit être atteint sans que la laine soit endommagée ou qu'elle soit trop dégraissée. Par le lavage à dos, avec de l'eau froide, la laine perd de 20 à 70 pour 100 de son poids.

II. *Tonte*. Lorsque les moutons sont tout à fait secs, on les *tond*; on se sert pour cela de ciseaux particuliers (*forces*), à l'aide desquels la laine est coupée ras sur la peau. La totalité de la laine qui se trouve sur le corps d'un mouton porte le nom de *toison*. En général, la tonte n'a lieu qu'une fois par an, au mois de juin, (*laine d'une seule tonte*); pour les moutons à longue laine, on fait au contraire deux tontes (*laine de deux tontes*), l'une vers la fin de septembre (laine d'été), et l'autre vers la fin de mars (laine d'hiver). La laine des moutons qui n'ont encore qu'un an, *laine d'agneau*, est remarquable par sa finesse et sa nature soyeuse. Indépendamment de la laine de tonte ordinaire on rencontre aussi dans le commerce, sous le nom d'*écouilles* ou d'*avalies*, la laine provenant des tanneries; elle est en général plus courte que la laine ordinaire. La laine provenant d'animaux malades ou abattus, la *laine morte* ou *moraine*, a peu de solidité et d'élasticité, et est pour cela d'une valeur très-inférieure.

III. *Triage de la laine*. Les diverses parties du corps du mouton donnent déjà des espèces de laines de qualité différente; aux *parties nobles*, qui fournissent la meilleure laine, appartiennent les deux palerons, les côtes et les flancs (la laine des côtes et des flancs), la face latérale de la cuisse (gigot); les *parties non nobles* comprennent la nuque, le garrot (la partie saillante située au-dessus des épaules), la croupe et le dos; la laine de la gorge, de la poitrine et des pattes, celles du ventre et du front sont encore d'une

moindre qualité; la laine de la partie postérieure des cuisses est la plus mauvaise. En meltant ensemble les parties de la toison qui sont identiques dans toutes les propriétés qui caractérisent la laine, on obtient ce que l'on désigne sous le nom de *sortes*. Autrefois on ne faisait que quatre sortes : première, seconde, troisième et quatrième; mais par suite des progrès réalisés dans la production de la laine, on a trouvé qu'il était nécessaire de former avec les parties de la toison, qui se distinguent par un degré de perfection encore plus élevé, des sortes particulières, auxquelles on a donné le nom de *super-électa* et d'*électa*. D'un autre côté, on a aussi admis pour les laines les plus grossières deux autres sortes inférieures, la cinquième et la sixième. Le degré de finesse forme en majeure partie la base de l'établissement des sortes, mais toujours en supposant que la finesse est toujours accompagnée de certaines autres propriétés, comme la longueur, etc. La laine, telle qu'on la rencontre dans le commerce, contient toujours de grandes quantités d'eau hygroscopique, dont la proportion ne peut pas être appréciée simplement d'après l'aspect extérieur de la laine. La laine marchande contient ordinairement, en moyenne, de 14 à 16 pour 100 d'eau. Même lorsqu'elle a été conservée pendant longtemps à l'air sec, elle renferme encore de 7 à 10 pour 100 d'eau (suivant le degré de sa pureté).

Filature de la laine à cardes. — La transformation de la laine en *fil* (fil de laine cardée ou fil de laine peignée) et du fil en *tissu* donne lieu à deux branches d'industries, qui diffèrent essentiellement l'une de l'autre par le choix et le traitement de la laine triée : 1° le *travail de la laine à cardes* ou la *fabrication des étoffes de laines foulées* et en général des étoffes analogues au *drap*, pour la confection desquelles la laine est d'abord préparée par le *cardage*; 2° le *travail de la laine à peigne* ou la *fabrication des étoffes de laine rases*, dans laquelle la laine est d'abord préparée par le *peignage*. Le *travail de la laine à cardes* est représenté dans son développement le plus complet par la fabrication du *drap*, le *travail de la laine à peigne* par la confection du *thibet*, qui doit être considéré comme le principal représentant des étoffes de laine rases non foulées. Nous nous occuperons d'abord de la transformation de la laine à cardes en *fil de laine cardée*, pour la confection duquel on a à distinguer les huit opérations suivantes :

1° *Désuintage du dégraissage de la laine.* La laine triée et lavée à dos telle qu'elle se rencontre dans le commerce, contient encore une assez grande quantité de suint, dont elle doit être complètement débarrassée; c'est pourquoi on la soumet à un nouveau lavage, que l'on nomme *désuintage* ou *dégraissage* (qui doit être précédé d'un lavage à l'eau lorsqu'elle n'a pas déjà été lavée sur le dos du mouton). Le dégraissage ne peut être effectué qu'à l'aide de liquides alcalins, dont la réaction doit cependant être assez faible pour que la fibre de la laine elle-même ne soit pas attaquée. Les liquides alcalins sont des mélanges d'eau de rivière et d'urine humaine putréfiée, ou bien une dissolution de savon blanc dans de l'eau de rivière, ou enfin une solution faible de carbonate de sodium. La laine désuintée est immédiatement lavée avec une grande quantité d'eau pure, jusqu'à ce que l'eau de

lavage s'écoule claire. Après le lavage, la laine doit être tordue et ensuite séchée dans un lieu ombragé, parce qu'elle jaunit facilement au soleil. 100 parties de laine marchande, déjà lavée avant la tonte avec de l'eau, perdent par le désuintage de 17 à 40 parties, et laissent, par conséquent, de 60 à 83 parties de laine sèche.

2° *Teinture de la laine.* Dans certains cas, lorsqu'on doit fabriquer des *draps teints en laine*, la laine lavée et dégraissée est teinte avant le filage et alors la teinture est l'opération qui suit immédiatement le désuintage. La teinture en laine ne convient que pour les couleurs très-solides, parce que les autres seraient détruites par le foulage, pour lequel on emploie du savon et de l'urine putréfiée. Sous l'influence de la teinture, la laine augmente de poids, augmentation qui quelquefois ne dépasse pas 1 pour 100, mais qui s'élève souvent jusqu'à 12 pour 100.

3° *Louvetage.* La laine désuintée a besoin de subir une désagrégation, qui a pour objet de diviser à un certain degré les flocons les plus denses et en même temps d'éliminer les saletés qui adhèrent encore mécaniquement. Cette désagrégation est effectuée à l'aide du *loup*, qui a une grande analogie avec l'appareil de même nom employé pour le démêlage du coton.

4° *Graissage.* La laine ayant une grande tendance à se feutrer, les brins se briseraient facilement dans la machine destinée au démêlage ultérieur, la *carde*, si on ne les rendait pas souples et glissants en les enduisant de certaines substances. L'huile est la substance généralement employée dans ce but et l'on se sert pour la laine fine d'huile d'olives et d'huile arachide, pour la laine commune et grossière d'huile de colza et d'huile de poisson. L'acide oléique, produit secondaire de la fabrication des bougies stéariques, est très-convenable à employer pour le graissage à la place de l'huile d'olives, s'il est exempt d'acide sulfurique (qui attaquerait les garnitures des machines à carder) et d'acide stéarique (qui à cause de sa consistance épaisse empêche la diffusion de l'acide oléique sur la laine). Pour 100 kilog. de laine pour fil de chaîne, on compte 10 à 12 kilog. d'huile, et 12 à 15 kilog. pour 100 kilog. de fil de trame.

5° Le *cardage* a le même but pour la laine que pour le coton. Les machines à carder la laine ont aussi une grande analogie avec celles dont on se sert pour carder le coton. Le cardage de la laine est répété au moins deux fois et les machines que l'on emploie pour chaque opération sont un peu différentes. Le premier cardage est nommé *drossage* ou *cardage en gros* et il s'effectue sur la *drousse* (briseuse, carde à nappes). Sous l'influence des cylindres munis de cuir à cardes, la laine est encore plus désagrégée et elle est abandonnée sous forme d'une toison lâchement cohérente, qui, sous le nom de *nappe*, s'enroule ensuite autour d'un grand tambour en formant plusieurs couches superposées. Le deuxième cardage s'effectue sur la *finisseuse* (carde à loquettes), qui se distingue de la carde à nappes, parce que la laine travaillée n'est pas livrée sous forme d'une toison, mais à l'état de loquettes cylindriques grosses comme le doigt, dont la longueur est de 1 mètre environ; la transformation de la laine en loquettes dans la finisseuse a lieu

au moyen d'un appareil particulier, le *cylindre à loquettes* avec ses accessoires. Ces loquettes sont ensuite portées sur le *métier en gros*, où elles sont attachées les unes aux autres et transformées ultérieurement en *fil en gros* (fil doux, mèche, boudin). Depuis quelque temps on se sert généralement d'un appareil plus parfait, qui rend inutile la carde à loquettes. La dernière machine à carder est munie d'une disposition, qui au lieu des loquettes donne immédiatement du fil en gros, ce qui supprime, par conséquent, le filage en gros comme opération particulière. Les machines de ce genre portent le nom de *cardes fileuses* (cardes à boudins, cardes boudineuses, etc.).

6° *Filage en gros*. Dans les fabriques où les cardes fileuses ne sont pas encore en usage et où l'on transforme la laine, d'après l'ancien procédé, en *loquettes*, à l'aide de la finisseuse mentionnée plus haut, ces loquettes doivent être converties en *fil en gros*, au moyen d'une opération particulière, ce qui, dans tous les cas, exige une dépense plus grande de temps et de travail. Les métiers en gros usités pour le travail de la laine à cardes sont de deux espèces différentes. Ces deux machines ont toutes deux de l'analogie avec la mull-jenny, en tant que les broches se trouvent sur un chariot, qui est éloigné de la partie fixe de la machine, qui en est ensuite rapproché, et ainsi de suite. Seulement les cylindres étireurs qui produisent l'allongement des fils font ici défaut; ils sont remplacés par un mécanisme très-simple qui est tout à fait suffisant pour la préparation du fil en gros grossier. Tous les mouvements des machines peuvent être produits par la main de l'ouvrier, ou bien on construit des machines de manière à ce que, comme dans le *demi-self-acting*, le départ avec l'allongement et la torsion des fils soient produits par la force de la vapeur ou de l'eau et que le retour seul, pendant lequel a lieu l'enroulement du fil sur les broches, s'effectue à l'aide de la main.

7° *Filage en fin*. La transformation du fil en gros en fil proprement dit, que celui-là ait été fourni par la carde fileuse ou par le métier à filer en gros, s'effectue au moyen de l'opération du *filage en fin* sur le *métier en fin*; celui-ci est construit à peu près comme la mull-jenny, seulement l'appareil étireur à plusieurs cylindres est remplacé par une seule paire de cylindres, les *cylindres délivreurs*. Par suite de cette modification, la machine ne travaille pas de la même manière qu'avec le coton : l'amincissement du fil en gros ne doit plus être produit par la différence de vitesse des cylindres, mais principalement par *étirage supplémentaire* et un peu aussi par *tirage du chariot*. Le métier à filer en fin ne diffère que par quelques points du métier à filer en gros. Dans le filage en fin, la rotation des broches a lieu dans un autre sens que dans le filage en gros, le fil en gros se détord d'abord et se tord ensuite en sens opposé. De cette façon l'étirage du fil pendant le filage en fin est beaucoup favorisé. Si l'on fait du *fil de trame*, la rotation des broches cesse au moment même de l'arrêt du chariot à l'extrémité de l'aiguillée. Si, au contraire, on fait du *fil de chaîne*, qui est plus solide, les broches tournent encore quelques secondes, bien que le chariot soit déjà au repos; de cette façon le fil reçoit un supplément de torsion.

8° Le *dévidage du fil de laine* s'effectue à peu près comme celui du fil de coton. La longueur et la division des écheveaux ne sont pas les mêmes dans les différents pays et souvent aussi dans les différentes filatures de la même contrée, parce qu'il existe des différences, non-seulement dans la longueur de chaque fil, mais encore dans le nombre des fils d'une échevette et dans le nombre des échevettes contenues dans un écheveau. On détermine la finesse du fil de laine en indiquant le nombre des écheveaux qui entrent dans un poids déterminé (dans 500 grammes ou 1 kilog.). La manière la plus convenable et la plus compréhensible pour exprimer la finesse consiste (comme cela a lieu en Belgique et quelquefois aussi en France) à indiquer le nombre de mètres de fil qui pèse 1 kilog.

Laine artificielle. — La *laine artificielle*, *laine de chiffons*, ou *laine régénérée* est la laine que l'on obtient en défilant des chiffons de laine et que l'on transforme en très-grande quantité en fil et en tissus à la place de la laine neuve de mouton et avec celle-ci. On distingue deux espèces de laines artificielles, que l'on désigne sous les noms de *mungo* et de *shoddy*; la première espèce est une laine à brins courts, qui est préparée avec les chiffons des étoffes de laine foulées, la deuxième provient de longues mèches et de chiffons tricotés (bas). Dans la fabrication de la laine artificielle il est très-important que les matières soient soumises à un triage soigné, qui comprend le triage préliminaire, le découpage et le triage proprement dit. Lors du triage préliminaire, les parties qui ne sont pas de la laine sont séparées et les chiffons de laine qui restent sont débarrassés de la poussière et des autres impuretés au moyen d'un batteur. Les chiffons nettoyés sont classés d'après les couleurs principales et ensuite découpés en petits morceaux. Dans cette dernière opération les nœuds sont enlevés avec soin et tous les tissus de coton, de lin et de soie (provenant des doublures, des poches, etc.) sont mis de côté; immédiatement après, les chiffons sont encore soumis à l'action du batteur, puis de nouveau triés. Le résultat du triage est extrêmement variable, il dépend du costume porté dans le pays où les chiffons ont été recueillis. L'expérience a montré que 100 kilog. de chiffons de drap donnent environ 50 kilog. de cuir, d'os, etc. Les 70 kilog. de chiffons bruts qui restent donnent en définitive 50 pour 100 de mungo, après avoir reçu de 4 à 10 pour 100 d'huile d'olives avant le défilage sur la machine; 100 kilog. de chiffons de bas bruts fournissent en moyenne de 40 à 50 kilog. de chiffons triés, prêts à être employés. La préparation de la laine artificielle avec ces chiffons s'effectue à l'aide d'un loup (*machine à défiler*), qui est une machine munie de dents d'acier pointues, animées d'un mouvement très-rapide et à l'aide desquelles les chiffons sont défilés et transformés en fibrilles laineuses. En sortant de la machine à défiler, la laine mungo est mise en balles et expédiée, tandis que la laine shoddy subit encore un autre traitement sur une cardé briseuse ordinaire, traitement pour lequel elle reçoit de 4 à 10 pour 100 d'huile d'olives. [R. Schlesinger (Examen des fibres textiles, traduit par L. Gautier) a indiqué récemment une méthode à l'aide de laquelle on peut distinguer la laine ré-

généree d'avec la laine neuve, qui a naturellement une valeur beaucoup plus grande¹.]

Draperie. — Le *drap* appartient aux tissus unis dans lesquels les fils de la trame sont passés alternativement au-dessus et au-dessous des fils de la chaîne. L'enveloppe feutrée caractéristique qui, dans le drap, recouvre les fils de la trame et de la chaîne, n'est produite que par l'opération ultérieure du foulage. En ce qui concerne le tissage lui-même, la confection du drap est tout à fait semblable à celle des étoffes unies analogues à la toile. Ordinairement la chaîne et la trame sont de même finesse dans une même pièce de drap ; lorsque cela n'a pas lieu, la trame est en général plus fine que la chaîne. Pour les lisières, on emploie toujours des fils de chaîne plus grossiers et de la laine plus commune.

Lavage et foulage du drap brut. Le tissu de la laine cardée, tel qu'il sort du métier du tisserand, n'a qu'une ressemblance très-éloignée avec le même produit qui se trouve dans le commerce sous le nom de drap. Le tissu, tel qu'il est livré par le drapier, ressemble plutôt à un tissu de lin grossier, parce que les fils de la chaîne et de la trame sont partout à nu et visibles, et que la couche feutrée, particulière au drap fini et qui recouvre les fils, n'existe pas encore. Cette couche feutrée n'est produite que par le foulage. Par suite des grandes différences que présentent ces deux états, on se sert de noms différents pour les désigner ; le tissu *avant* le foulage porte le nom de *drap brut* ou de *drap en toile*, tandis qu'il ne reçoit le nom de *drap* qu'après le foulage. L'*épinçage* ou *épincetage* et le *lavage* du drap brut précèdent le foulage. L'épinçetage a pour objet d'enlever, à l'aide d'une petite pince d'acier, les nœuds, les bouts et les corps étrangers, tels que le bois et les fragments de paille. L'huile (provenant du graissage), la colle (provenant de l'encollage) et les impuretés sont éliminées du drap brut à l'aide du *lavage*. On emploie, pour ce lavage, du savon mou, une solution de potasse ou de soude que l'on mélange dans une auge avec de l'eau, ou l'on traite à chaud le drap brut, en se servant le plus souvent d'une machine à laver. Le *foulage*, outre qu'il produit un véritable nettoyage (lorsque le drap brut n'a pas été soumis à un lavage préalable) ou qu'il continue celui qui a déjà été commencé, a pour but essentiel de produire un feutrage, par suite duquel les fils de la chaîne et de la trame sont recouverts et le tissu acquiert l'aspect d'une fourrure uniforme et à courtes soies. Le feutrage ne s'étend pas seulement aux fibrilles des deux faces du drap, il pénètre aussi intérieurement, de telle sorte que c'est à peine si les fils de la trame et de la chaîne peuvent être séparés sans se briser. Les conditions dans lesquelles le foulage peut se produire sont : l'humidité, une température élevée et une sorte de pétrissage mécanique, qui presse et fasse glisser les uns sur les autres les fils et les fibrilles qui forment les fils. Comme, pendant le foulage, le tissu doit en même temps être dégraissé, l'eau qui sert pour cette opération doit être rendue alcaline. On se sert presque généralement pour cela d'urine putréfiée,

¹ Voyez aussi P. Bolley, *Manuel d'essais*, etc., traduit par L. Gautier, 2^e édition française. p. 987.

dont on augmente l'action, soit avec du savon (souvent du savon mou), soit avec de la terre à foulon (voy. t. I, page 725). La terre à foulon est délayée avec l'urine, le savon est dissous dans ce liquide. Pour les draps ordinaires on prend du savon mou ; pour les draps fins, du savon d'huile de palme et même d'huile d'olives. Le foulage s'effectue à l'aide du *moulin à foulon* ; jusque dans ces derniers temps la partie essentielle du moulin à foulon se composait de lourds marteaux en bois (d'où le nom de *moulin à pilons*) qui frappaient sur le drap placé dans une auge. On emploie maintenant généralement les *moulins à cylindres*, qui agissent presque exclusivement par pression ou du moins en ne donnant que de très-légères secousses.

Lainage et tonte du drap. — Afin de donner un plus joli aspect à la couche feutrée produite par le foulage, le drap est *lainé* et *tondu*, c'est-à-dire que l'on fait saillir à la surface du tissu une grande quantité de fibrilles laineuses et qu'on les coupe ensuite régulièrement à la longueur qui convient pour l'usage auquel le drap est destiné. 1° Le *lainage* a pour but de désagrèger à la surface les fibres du drap enchevêtrées et feutrées par le foulage, de les soulever, puis de les coucher dans une certaine direction et de les préparer ainsi à la tonte ; on se sert pour cela du *chardon à foulon* (*Dipsacus fullonum*), qui agit par ses écailles calicinales recourbées et terminées en pointe ; 2° La *tonte* du drap, qui suit immédiatement le lainage, a pour but de raccourcir à la même longueur les fibrilles laineuses relevées par le lainage et brossées à contre-poil à l'aide d'une *brosse à main* ou d'une *machine à broser* ; le drap prend alors cette belle surface unie qu'on est habitué à lui voir. La tonte s'effectue à *la main* ou à *la mécanique*. La *tonte à la main* est un travail long, fatigant et assez difficile. Le drap est tendu par portions larges de 18 à 24 centimètres sur une table matelassée, et la partie qui repose sur la table est tonduë suivant la largeur à plusieurs reprises successives. Les tondeuses qui sont maintenant généralement en usage sont des *machines à cylindre* dans lesquelles plusieurs lames d'acier sont enroulées en hélice autour d'un cylindre en fer, auquel on imprime un mouvement continu de rotation toujours dans le même sens. On distingue les *machines à cylindre transversales, longitudinales et diagonales*. α . Dans les *tondeuses transversales*, le cylindre est placé suivant la longueur du drap, et dans un mouvement de rotation, il s'avance en même temps d'un angle de la pièce à l'autre, si l'on ne préfère pas, comme cela est du reste plus rare, faire mouvoir le drap suivant sa largeur au-dessous du cylindre. β . Dans les *tondeuses longitudinales* le cylindre en rotation, qui occupe transversalement toute la largeur du drap d'une lisière à l'autre, demeure toujours à la même place et le drap passe par-dessous dans le sens de sa longueur avec une rapidité assez grande. γ . Entre les deux machines précédentes, se place la *tondeuse diagonale*, dans laquelle plusieurs cylindres tondeurs sont disposés obliquement (en diagonale) au-dessus de la surface du drap, disposition qui a pour but de combiner les avantages que présente au point de vue du rendement la machine transversale avec la rapidité de la machine longitudinale. La laine enlevée par la tonte ou *tontisse*

sert pour rembourrer des coussins, etc., ou pour le veloutage dans les fabriques de tapisseries.

Apprêtage du drap. — Avant que le drap soit devenu une marchandise, il doit encore être soumis à un apprêtage qui comprend trois opérations : le *décatissage*, le *brossage* et le *pressage* (catissage). 1° Le *décatissage* était autrefois employé seulement dans le but d'enlever au drap, avant qu'il soit travaillé par le tailleur, ce beau brillant non durable que dans les fabriques on lui avait communiqué au moyen du pressage à chaud et auquel on substitue un brillant plus solide quoique moins agréable à l'œil. Le décatissage est maintenant généralement effectué dans les fabriques elles-mêmes. Dans ce but, on enroule le drap, en le tendant le plus possible autour d'un cylindre en cuivre creux, ouvert à ses extrémités et muni à sa périphérie d'un grand nombre de petits trous, et étant ainsi disposé dans une caisse hermétiquement fermée, on le soumet à l'action de la vapeur d'eau. Le drap acquiert de cette façon un lustre résistant et la propriété de ne plus devenir rude à l'usage; 2° Le *brossage*, usité autrefois seulement pour coucher le poil à la suite de la tonte, est actuellement d'un emploi beaucoup plus fréquent. Le drap est maintenant brossé non-seulement après que la tonte est terminée, mais encore pendant la tonte et même au commencement de celle-ci, immédiatement après le lainage. Les *machines à brosser*, à l'aide desquelles le drap est brossé sans interruption, renferment généralement comme pièce principale un cylindre animé d'un mouvement rapide de rotation et garni circulairement de brosses raides de soie de porc; elles contiennent aussi quelquefois deux cylindres semblables sur lesquels le drap passe lentement. L'opération se fait à sec ou bien le drap étant humide; dans ce dernier cas, l'étoffe a été préalablement imbibée d'eau ou bien lorsqu'elle est dans la machine à brosser on fait couler par-dessus un courant d'eau, ou bien enfin on l'imprègne de vapeur d'eau, et alors le brossage se fait en même temps à chaud et à l'humidité; 3° Le *pressage* est le dernier apprêt que subit le drap, apprêt à la suite duquel il est livré au commerce comme marchandise. Il a pour objet de communiquer au drap du brillant et de la beauté. Pour effectuer le pressage, on plie le drap comme on le trouve dans le commerce, et, entre les plis, on place des cartes très-lisses, les fines à l'endroit du drap, et les grossières à l'envers. On met en même temps sous la presse de 6 à 12 pièces de drap. Entre chaque pièce on dispose une feuille de carton ordinaire, puis une planche, et, par-dessus celle-ci, une plaque de fer chauffée qui est ensuite recouverte par une deuxième planche.

Tissus de laine analogues au drap. — Indépendamment du drap véritable foulé et tondû, on fabrique encore un grand nombre de *tissus de laine analogues au drap*, dont les plus importants sont les suivants : La *flanelle* est unie ou croisée, peu foulée, lainée une seule fois à l'endroit et tondue seulement une fois ou pas du tout. La chaîne est souvent en fil de laine peignée, parfois aussi en fil de coton ou en filotelle, mais la trame est toujours en fil de laine cardée. Le *molleton* est une flanelle fine et croisée. La *boie* ressemble beaucoup à ce dernier. Le *casimir* est un drap fin et croisé, qui n'est lainé

qu'une fois, mais qui est tondu tout aussi souvent que le drap fin; le poil est court, il couvre peu les fils du tissu, et il laisse apercevoir le croisé. On fabrique aussi du casimir avec chaîne de fil de laine peignée ou même avec chaîne de fil de coton. La *frise* (*coating*) est plus grossière, plus épaisse et à plus long poil que le drap, elle est fortement foulée et peu lainée et encore moins tondue. L'apprêt que subit la frise après la tonte consiste en un brossage ou en un pressage à chaud. L'étoffe est enfin enduite avec une solution de gomme adragante, puis repassée, humectée avec de l'huile d'olives et de nouveau repassée. On donne le nom de *lady coating* (*frise fine*) à une espèce de frise fine et non croisée, et celui de *castors* aux espèces grossières et tondues court. Les espèces de frises qui se distinguent par un tissu épais, un foulage serré et un poil tondu un peu long prennent le nom de *sibérienne*, de *kalmouck* (ou *castor*) et de *düffel*. Le *cuir-laine* est une étoffe pour pantalons; il est croisé, non lainé, mais tondu ras à l'endroit; les espèces légères portent le nom de *doeskin*. Le *carisel* ou *créseau* (espèce de serge) est une étoffe grossière non apprêtée (et par conséquent ni lainée, ni foulée) pour manteaux de soldats, de marins, d'employés des chemins de fer, etc. A ce genre d'étoffes appartiennent aussi les tissus pour couvre-pieds, couvertures de cheval, etc., et le *feutre des fabricants de papier*, qui est une étoffe grossière, croisée, lâchement tissée, peu foulée, ni lainée, ni tondue et qui sert dans la fabrication du papier pour interposer entre les feuilles dont il absorbe l'humidité, grâce à sa structure spongieuse. Le *drap-feutre* qui est confectionné par simple feutrage de la laine, sans filage ni tissage, et qui, il y a environ vingt ans, fit beaucoup de bruit, est maintenant pour ainsi dire disparu. La laine destinée au foulage, est d'abord dégraissée, comme pour la confection du drap tissé, puis nettoyée et loutée; elle est ensuite transformée sur la drousse en une nappe d'épaisseur uniforme semblable à de l'ouate et enfin elle est feutrée.

Travail de la laine à peigne. — Comme on l'a expliqué page 418, la *laine à peigne* ou *laine longue* est la matière qui sert pour la fabrication du *fil de laine peignée*; ce dernier se compose de brins droits et lisses, dont les longues fibres sont placées les unes à côté des autres aussi parallèlement que possible et il sert pour la fabrication des *étoffes de laine rases*, comme le thibet, le mérinos, le lasting, l'orléans. On distingue le fil de *laine peignée véritable* et le *fil peigné cardé* ou *peigné-mixte* (fil de sayette); ce dernier est l'intermédiaire entre le fil peigné et le fil cardé et il est représenté par les fils qui sont employés pour broder, pour tricoter, dans la bonneterie, dans la fabrication des tapis, pour les ouvrages de passenterie, etc. Bien que le fil peigné-cardé soit toujours filé avec de la laine longue, cette laine n'est cependant pas peignée, mais cardée; le ruban formé par la carde est ensuite transformé en fil sur la machine à filer la laine peignée absolument comme un trait peigné. Le fil peigné se compose soit seulement de laine de mouton, soit de mohair et d'alpaga, soit de mélanges de laine et de coton, de laine et de soie. Ces derniers fils portent le nom de *fils de fantaisie*.

La fabrication des *tissus de laine ras* (tissus de laine peignée) offre une

ressemblance assez grande avec la fabrication de la toile, en ce qui concerne le bobinage et l'ourdissage, le montage et le métier. Quelques tissus de laine peignée sont terminés lorsqu'ils sortent du métier, d'autres ont besoin d'un apprêt, qui dépend de l'espèce du tissu, du goût des consommateurs, etc. Parmi les très-nombreux tissus de laine ras nous citerons les suivants comme les plus importants.

A. *Étoffes unies*. Le *baracan* ou *bouracan* était fait autrefois seulement avec des poils de chèvre, mais on le fabrique maintenant avec du fil peigné; lorsqu'il a été moiré à l'aide du calandré, il porte le nom de *moire*. L'*Orléans* se compose d'une chaîne de fil de coton retors et d'une trame de fil de laine peignée. L'étoffe au sortir du métier est grillée, lavée, teinte, tondue, et enfin soumise à un pressage à chaud. Le *bombasin*, avec chaîne et trame de fil peigné, est apprêté par tondage, grillage et pressage. Le *camelot*, fabriqué autrefois avec du poil de chèvre, est fait avec trame et chaîne de fil peigné. Le *crépon* est tissé avec fil peigné, fortement tordu pour la chaîne, et plus lâche pour la trame. Au sortir du métier il est teint en noir ou en gris; on le bat ensuite à l'aide d'un rouleau et on le fait bouillir dans l'eau, afin de le créper. La *toile à bluteau* ou *étamine* est tissée avec un fil peigné, fortement retors. Aux tissus de laine ras appartient, en outre, le *canevas de laine*, la *mousseline de laine* et le *chaly* (la mousseline de laine a cependant une chaîne de soie). Les articles dits de *Bradford* (étoffes mixtes d'alpaga, de mohair, de coton, de soie, comme par exemple, un tissu d'alpaga avec chaîne de soie, désigné sous le nom de *lavella*) appartiennent aussi à cette catégorie de tissus.

B. *Étoffes croisées*. Le *mérinos* avec croisé à trois ou à quatre lames est grillé et tordu, lustré par calandrage ou pressage à chaud. Le *mérinos* non lustré et mou, porte le nom de *thibet*. D'autres espèces de croisés avec 3, 4 ou 5 lissers forment les *serges*. La *calamande* et le *lasting* (employé pour cravates, pour souliers de femme, pour garnir des meubles) sont des tissus analogues au satin. L'étoffe des sacs employés dans l'extraction des huiles est également un tissu croisé de fil peigné fait avec une laine très-tenace.

C. *Étoffes façonnées*. Les principales sont les *étoffes à gilets* et à *pantalons*, ainsi que le *damas de laine* ou *damas pour ameublement*. On doit aussi mettre au nombre de ces tissus, les *châles* et les *mouchoirs de cou*, dont l'élément principal est du fil de laine peigné (comme cela a lieu pour les *cachemires Ternaux* faits avec de la laine de cachemire), ou se compose d'une chaîne de coton et d'une trame de laine peignée. Les châles de laine nommés *plaid*, *tartans*, *kabyles* sont surtout fournis par l'Angleterre et l'Allemagne.

D. *Étoffes veloutées*. Ce sont le *velours de laine*, la *peluche de laine*, la *panne*. La peluche et la panne ne se distinguent du velours que par la longueur des poils, qui dans la peluche sont plus longs que dans le velours, et qui dans la panne le sont plus que dans les deux premiers tissus. Les étoffes de laine veloutées sont employées pour l'ameublement, comme doublures, pour confectionner des rideaux, des cols, des bonnets, etc. Elles sont tissées plus ou moins serrées, leur poil est plus ou moins long, on les rencontre ciselées

ou non ciselées, et elles reçoivent des noms spéciaux, tels que : *astrakan*, *krimer*, *castor*, *castorine*, *velours d'Utrecht*, etc.

Importance de l'industrie de la laine. — La production annuelle de la laine à la surface du globe s'élève maintenant à 62,500,000,000 de kilogr., dont environ 28,500,000,000 sont fournis par l'Europe (Grande-Bretagne, 7,250,000,000; France, 7,400,000,000; Russie, 6,500,000,000; Allemagne, 4,000,000,000; Autriche-Hongrie, 2,500,000). La République argentine en fournit 7,000,000,000; l'Uruguay, 2,000,000,000 à 2,750,000,000; l'Australie environ 9,500,000,000 (la colonie de Victoria seule, 3,200,000,000); aux États-Unis, c'est la Californie qui produit le plus de laine, soit 1,100,000,000 de kilogrammes. D'après les dernières indications, le commerce de la laine se décompose comme il suit :

	Importation. kilogr.	Exportation. kilogr.
Grande-Bretagne.	11,941,042,600	4,725,593,800
France	8,371,110,000	1,285,570,600
Belgique.	7,554,606,400	5,327,196,000
Zollverein.	5,688,430,000	2,499,770,000
Autriche-Hongrie.	1,084,045,000	814,635,000
Hollande.	849,598,600	695,513,000
Russie.	152,405,000	1,427,928,850
Etats-Unis.	3,110,115,700	605,584,450

[D'après la statistique de 1873, il existe en France 1,680 filatures de laine, réparties dans 64 départements, parmi lesquels le Nord, les Ardennes, la Marne, l'Eure, l'Aisne, la Somme et le Tarn occupent le premier rang. Le nombre des *broches actives* était, en 1873, dans toutes les filatures réunies, de 2,648,065. Les établissements qui s'occupent du tissage de la laine, à l'aide de *métiers mécaniques*, sont au nombre de 1,408 et possèdent 21,954 métiers actifs. Les départements où l'on fabrique le plus d'étoffes de laine par tissage mécanique, sont le Nord, la Marne, l'Aisne, les Ardennes, la Haute-Savoie et l'Hérault. Le nombre des *métiers à bras* était approximativement, en 1873, de 60,555; les départements qui en possèdent le plus sont le Nord, la Seine-Inférieure, la Marne, les Ardennes, l'Eure et le Tarn.]

INDUSTRIE DE LA SOIE

Généralités. — La soie se distingue essentiellement du coton, du lin, du chanvre et de la laine, parce que la nature la livre immédiatement sous forme d'un fil long et fin, ce qui dans le travail de cette matière rend inutile l'opération du filage, dont l'objet est seulement de préparer le fil avec les autres matières textiles à poils courts. Le filage est remplacé par le moulinage de la soie, opération dans laquelle plusieurs fils naturels sont placés les uns à côté des autres et réunis, afin de produire un fil plus gros et plus fort.

La soie est produite par le *bombyx du mûrier* (*Bombyx mori*), qui de même que les espèces qui s'en rapprochent est soumis à une quadruple métamorphose. De l'œuf (graine), mûri par la chaleur du printemps, sort une chenille, le *ver à soie* (fig. 359), qui à mesure qu'il grossit change trois ou quatre fois de peau suivant l'espèce du bombyx, et se transforme ensuite en chrysalide. Dans ce but, la chenille forme au moyen de deux glandes tuberculeuses s'ouvrant sur la tête de l'animal, un liquide épais et gluant s'échappant sous forme de deux fils séparés, qui au moment de leur sortie se réunissent en un

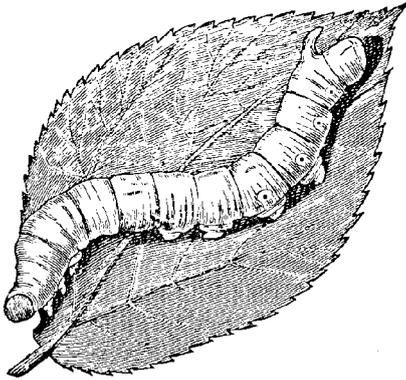


Fig. 359. -- Ver à soie.

double fil aplati, et celui-ci se produisant sans interruption donne naissance au *cocon*, qui sert à protéger contre les variations de la température et les autres influences extérieures la *chrysalide* qu'il renferme. Les deux fils formant le cocon sont réunis en un fil double au moyen d'une espèce de mastic nommé *séricine*, qui en même temps enveloppe toute la surface et forme 35 pour 100 du poids total. Au bout de 15 ou 21 jours la chrysalide qui se trouve dans le cocon est devenu un papillon, qui pour se frayer une voie au dehors du cocon excrète de sa bouche un liquide particulier à l'aide duquel il ramollit un point du cocon, et il perce ensuite celui-ci. Lorsqu'on veut extraire la soie on n'attend pas ce moment, mais on tue le papillon ou plutôt la chrysalide dans le cocon, en exceptant seulement les cocons destinés à la propagation. Le cocon est la matière de l'extraction de la soie, on déroule avec le plus grand soin le fil qui s'y trouve enroulé.

Sériciculture. — Des différentes espèces de *bombyx*. La variété principale du papillon, qui produit la soie est, comme on l'a dit plus haut, le *Bombyx mori*, qui se nourrit des feuilles du mûrier blanc (*Morus alba*). Indépendamment du bombyx du mûrier, il y a encore différentes espèces de chenilles produisant de la soie, parmi lesquelles quelques-unes sont dignes d'attention, notamment :

a. Le *Bombyx cynthia*, que les indigènes de l'intérieur du Bengale et les Japonais élèvent en grande quantité. Il est nommé par les Hindous *arrindy-*

arria, et par les Japonais *yama-maï*. La chenille de ce bombyx vit sur le ricin (*Ricinus communis*) et la soie que fournit le cocon, quoique moins belle que celle du bombyx du mûrier, est cependant très-utile, parce qu'elle est très-solide. La chenille du ricin est moins sensible que la chenille du mûrier et elle peut être nourrie non-seulement avec les feuilles du ricin, mais encore avec le chardon à foulon (*Dispsacus fullonum*), la chicorée sauvage (*Cichorium intybus*) et les feuilles de l'*Alyanthus glandulosa*. Les tentatives faites pour acclimater la chenille du ricin en Allemagne et en France ont donné des résultats qui ne sont pas défavorables.

b. Le *Bombyx pernyi* vit en Chine et en Mongolie et il se nourrit de feuilles de chêne. Il y a quelques années on a réussi en France à faire filer quelques chenilles de cette race sur les espèces de chêne d'Europe.

c. Le *Bombyx mylitta* vit dans toutes les parties du Bengale, jusque sur les monts Himalaya, où le climat est plus rude que dans les plaines de l'Hindoustan. La soie de la chenille de ce bombyx est au Bengale un article de commerce important. Il se nourrit de feuilles de chêne et d'autres arbres qui se rencontrent chez nous. Les chenilles changent cinq fois de peau et donnent des cocons très-gros. Le fil du cocon est six ou sept fois plus fort que celui du ver à soie ordinaire. Malheureusement la chenille du *Bombyx mylitta* ne peut pas être élevée artificiellement et en captivité. Il y a encore à mentionner les variétés de l'Amérique du Nord :

d. *Bombyx polyphemus* (sur le chêne et le peuplier).

e. *Bombyx cecropia* (sur l'orme, l'épine blanche, le mûrier sauvage).

f. *Bombyx platensis* (sur une espèce de mimosa, le *Mimosa platensis*).

g. *Bombyx leuca*.

h. *Bombyx selene*.

i. *Bombyx Faüherbii*; on a cherché dans ces derniers temps à réunir ensemble, sous le nom de *soie sauvage*, les soies fournies par les deux derniers bombyx.

Relativement à l'éducation du ver à soie (sériciculture) nous donnerons les indications suivantes : 1° La culture des mûriers, parmi lesquels le mûrier blanc avec fruits blancs, jaunes ou rougeâtres, fournit la nourriture qui convient aux vers à soie, est l'objet de l'agronomie; cette culture comprend le traitement des arbres dans la pépinière, la mise en espalier ou en plein vent, les soins à donner aux arbres, etc. — 2° La production des œufs ou graines s'effectue de la manière suivante : parmi les cocons frais on choisit ceux qui sont les plus gros et les plus gras, et qui ont un fil fin. Les cocons des papillons femelles sont ordinairement ovales, ceux des mâles sont un peu pointus aux deux extrémités et comprimés circulairement dans le milieu. Bien que les cocons femelles et les cocons mâles ne puissent pas être distingués avec certitude, on doit cependant, lors du choix des cocons, tenir compte des caractères précédents, afin de pouvoir obtenir autant que possible un nombre égal de papillons des deux sexes. 100 ou 120 couples de cocons bien formés fournissent environ 30 grammes de graines ou environ 30,000 œufs, desquels il ne sort ordinairement au maximum que 70 à

75 chenilles sur 100. Les cocons sont abandonnés à eux-mêmes sur une table recouverte d'une toile. Au bout de 12 jours environ les papillons sortent et s'accouplent. Les femelles pondent ensuite, après environ 40 heures, de 300 à 400 œufs. — 3° *Incubation des œufs*. Dans les *magnaneries*, on étend sur des cercles ou des châssis en bois une toile grossière et mince, on répand les graines sur celle-ci en une couche mince et régulière et l'on porte les cercles ou les châssis dans la chambre à couvrir. On couvre ensuite les œufs avec une feuille de papier, qui est percée d'un grand nombre de petits trous, et l'on place par-dessus des feuilles de mûrier coupées en petits morceaux. En France, l'usage des *couveuses* se répand de plus en plus, parce que au moyen de ces appareils on assure l'éclosion régulière des chenilles; avec les couveuses on obtient plus facilement une chaleur humide de 50°, qui est si utile pendant le premier âge des chenilles. Au bout de 8 ou 10 jours les chenilles sortent des œufs devenus jaunâtres et, suivant leur tendance à se diriger vers la lumière et la nourriture, elles passent à travers les trous du papier et se dirigent sur les feuilles de mûrier, avec lesquelles on peut les enlever et les porter dans des chambres particulières. — 4° *L'élevage des chenilles* s'effectue dans les *magnaneries* de la manière suivante: Dans ces établissements se trouvent de vastes étagères destinées à recevoir les chenilles; celles-là sont faites avec des claies de roseau ou d'osier, ou avec des châssis en bois garnis de filets, sur lesquels on étend des feuilles de papier. On dépose les chenilles sur ce papier et on leur donne la quantité nécessaire de feuilles de mûrier, qui dans les premiers temps doivent être coupées. Le ver à soie se distingue par son appétit prodigieux et son accroissement rapide; sa vie, comptée du moment de la sortie de l'œuf à celui du coconnage, se divise naturellement en cinq âges, qui sont sensiblement égaux entre eux et qui coïncident avec un même nombre de mues. Le coconnage commence le trentième ou le trente-deuxième jour. Après la première et la deuxième mue les chenilles prennent de plus en plus de nourriture, parce que, après qu'elles se sont remises de la fatigue qu'elles ont éprouvée, elles montrent un appétit croissant. — 5° *Coconnage ou montée des chenilles*. Après la quatrième mue, lorsque le temps du coconnage approche, on prépare pour les chenilles des lits de bouleau (cabanes). On transporte sur des assiettes les chenilles prêtes à filer dans les cabanes, avec les mains on les dissémine sur les brins de bouleau, où elles cherchent elles-mêmes le lieu le plus commode pour le coconnage. Dès que la chenille a choisi un lieu convenable pour former un cocon et qu'elle y a fixé ses premiers fils (qui plus tard sont enlevés avec soin et recueillis à part, et qui forment la *bourre* ou le *frison* servant à la confection de la filoseille), elle sécrète encore une substance solide blanche ou verte, qui d'après *Péligot* contient une grande quantité d'acide urique; quelque temps après elle produit un liquide incolore, limpide, fortement alcalin, qui est une dissolution contenant 1,5 pour 100 de carbonate de potassium. Cette sécrétion, dont on ne connaît pas l'usage, s'élève à environ 15 ou 20 pour 100 du poids de la chenille. En 4 ou 5 jours la formation des cocons est achevée, cependant ceux-ci ne sont

détachés des brins de bouleau qu'au bout de 7 à 8 jours, afin d'être sûr que toutes les chenilles ont terminé l'opération du coconnage. — 6° *Étouffement des chrysalides dans les cocons*. La chrysalide reste dans le cocon 15 ou 20 jours et elle donne naissance à un papillon qui finit par percer le cocon et par sortir de celui-ci. Il est nécessaire, on le comprend, de ne pas abandonner à eux-mêmes jusqu'au développement du papillon les cocons qui ne sont pas destinés à la propagation, parce que le trou pratiqué dans le cocon par le papillon détruirait la continuité du fil de soie et que les cocons *perforés* n'ont qu'une faible valeur. C'est pourquoi il faut étouffer la chrysalide qui se trouve dans le cocon, ce que l'on fait en exposant celui-ci à la chaleur d'un four ou à l'action de vapeurs d'eau bouillante.

Composition chimique de la soie. — Relativement à la *constitution chimique* du fil de soie, il faut établir une distinction entre la fibre proprement dite et la substance qui enveloppe celle-ci. La fibre proprement dite se compose par moitié environ de *fibroïne*, qui, d'après les recherches de *Städeler*, offre un très-grand rapport avec la substance cornée (kératine) et la mucine, et elle possède les propriétés chimiques de ces corps. La composition de la fibroïne de la soie est représentée par la formule $C^{15}H^{25}Az^3O^6$. L'enduit gommeux, nommé *séricine* par *Städeler* et *Cramer*, se dissout en partie dans l'eau, facilement dans l'eau de savon ou d'autres liquides alcalins. La séricine a pour formule $C^{15}H^{25}Az^3O^6$. Les recherches de *P. Bolley* ont montré que dans les glandes du ver à soie il n'y a qu'une *seule* substance, de la fibroïne molle qui, s'échappant sous forme de deux fils séparés, se transforme superficiellement en séricine uniquement sous l'influence de l'air et par suite d'absorption d'oxygène et d'hydrogène. La soie brute laisse, lorsqu'on la brûle, une petite quantité de cendre; *Guinon*, ayant incinéré une soie brute piémontaise, a trouvé 0,64 pour 100 de cendre, qui contenait 0,526 de chaux, et 0,448 d'alumine et d'oxyde de fer. D'après *E. Pfeiffer*, la matière colorante jaune de la soie brute est de la chlorophylle altérée débarrassée de son pigment bleu. *Mulder* a trouvé dans 100 parties de soie brute :

	SOIE JAUNE de Naples.	SOIE BLANCHE du Levant.
Fibroïne.	55,4	54,0
Substance gélatigène.	20,7	18,1
Cire, résine et graisse.	1,5	1,4
Matière colorante.	0,05	—
Albumine.	24,4	25,5

Préparation de la soie. — La *préparation de la soie*, c'est-à-dire la transformation des cocons en fils, qui peuvent être employés comme soie à coudre, pour le tissage, etc., comprend les six opérations suivantes :

1° *Le triage des cocons* précède le déroulement du fil de soie du cocon. Il doit être fait avec beaucoup de soin, parce qu'il n'y a que les soies de même qualité qui puissent être travaillées ensemble avec avantage, et il a pour but non-seulement de séparer les cocons blancs des jaunes, mais encore d'éliminer tous les cocons endommagés et défectueux qui ne conviennent

pas pour le dévidage, et qui ne peuvent être employés que pour la confection de la filoselle. Au nombre de ces derniers on doit mettre les cocons moisés, les cocons attaqués par les insectes, ceux qui sont perforés (par suite de la sortie des papillons), ceux qui sont tachés par suite de la putréfaction des chrysalides, etc. Le triage a encore pour but de séparer en plusieurs sortes les cocons exempts de défauts, et dans ce cas on a à considérer la finesse du fil, sa beauté et son degré de solidité, afin que lors du dévidage on obtienne une soie aussi homogène que possible.

2^o Le *tirage* ou le *dévidage de la soie* est la première des opérations qui ont pour objet l'extraction du fil de soie du cocon étouffé et trié. Il consiste à dérouler le fil du cocon, qui pendant le filage de la chenille a été enroulé par celle-ci sous forme d'un peloton, et ensuite à le renvider sur un asple ou dévidoir, de manière à ce qu'il prenne la forme d'un écheveau.

Comme le fil de soie seul est trop fin et trop ténu, on réunit en général dans cette opération, afin d'en faire un seul fil, un nombre de fils variant de 3 à 10 et qui pour les espèces de soies grossières s'élève jusqu'à 20. Le tirage ou dévidage serait un travail extrêmement simple, une fois l'extrémité du fil trouvée, si les tours des fils du cocon n'étaient pas collés les uns aux autres par une substance agglutinative, et si, en outre, la couche la plus interne et la plus dense du cocon n'empêchait pas le déroulement de celui-ci. Le fil peut être déroulé dès que l'enduit gélatiniforme a été ramolli par l'eau bouillante. Plusieurs des doubles fils dévidés sont, comme on l'a dit, réunis en un fil composé. La substance gélatiniforme ramollie produit ensuite par sa dessiccation ultérieure l'agglutination des fils des cocons réunis en un seul, et ces fils sont unis ensemble uniquement à l'aide de cette matière collante et non par torsion. La longueur du fil à dévider renfermé dans un cocon normal varie de 250 à 900 mètres. Afin de former de longs écheveaux, on est obligé de faire de fréquents rallongements et de remplacer les cocons dévidés par de nouveaux, et alors il ne faut pas oublier que sur un cocon le fil n'est pas de même grosseur partout, mais qu'il est plus gros vers l'extérieur; c'est pour cela que le nombre des cocons à dévider ensemble ne doit pas demeurer constant. Aussitôt que la partie interne de quelques cocons commence à se dérouler, la dévideuse doit grossir le fil par addition d'un cocon. Un cocon donne de 0^{rs},16 à 0^{rs},20 ou tout au plus 0^{rs},25 de soie grège. Pour avoir 1 kilogramme de soie grège il faut en moyenne 10 kilogrammes de cocons récemment étouffés, ou 7 ou 8 et même 12 kilogrammes de cocons secs. La soie dévidée se nomme *soie brute* ou *soie grège*. On exige d'elle qu'elle soit sous forme d'un fil rond, lisse (c'est-à-dire exempt de nœuds et de flocons), propre et luisant, résistant et de grosseur uniforme, il faut en outre que dans l'écheveau les fils ne soient collés nulle part les uns aux autres. La partie du fil du cocon qui ne peut pas être dévidée (la bourre ou le frison) est employée pour la fabrication de la *filoselle*, et dans ce but la bourre est nettoyée, désagrégée, cardée ou peignée et enfin filée; cette fabrication ressemble par conséquent à la filature de la laine et du coton. La bourre filée est donc un véritable *fil de soie*.

3° *Moulinage de la soie.* — Pour la plupart des applications de la soie, que ce soit pour broder ou tricoter, qu'il s'agisse d'employer cette matière pour le tissage ou la bonneterie, le fil simple de soie brute ne peut servir que lorsque plusieurs de ces fils ont été réunis en un seul par torsion. Dans les cas où on emploie les fils de soie simples, on donne à ceux-ci de la cohésion en les soumettant à une torsion qui les rend également plus gros et les arrondit. On désigne sous le nom de *moulinage* la réunion par torsion de deux ou plusieurs fils, et l'on appelle *tordage* le même traitement effectué sur le fil de soie brute.

Les principales espèces de *soies moulinées* sont les suivantes : 1° L'*organsin*, qui sert pour la chaîne des tissus de soie ; il est préparé avec la meilleure sorte de soie grège ; on dévide le fil de soie brute de 3 ou 8 cocons ; avant le moulinage on donne au fil une forte torsion à droite (dans le même sens que les vis) et ensuite on mouline ensemble deux de ces fils de soie grège tordus ; 2° La *trame* (soie pour trame), qui sert pour la trame et pour la confection des rubans de soie, est faite avec des cocons de moindre qualité ; on dévide ordinairement de 3 à 12 cocons ; sous le nom de *trame à un fil* on désigne un fil de soie grège simple tordu seul ; la *trame à deux fils* se compose de deux fils de soie grège non tordus, qui sont moulinés à gauche, mais moins fortement que l'organsin ; la *trame à trois fils* en contient trois, etc. ; la trame est plus molle et plus plate que l'organsin, aussi garnit-elle mieux dans les tissus de soie que des fils ronds ; 3° Le *marabout*, qui se distingue par sa forte torsion, sa roideur et sa dureté semblable à celle d'une mèche de fouet, est mouliné avec trois fils de la soie grège la plus blanche, puis teinté sans décreusage préalable et moulinée encore une fois après la teinture ; 4° Le *poil* est un fil de soie grège simple, qui se compose de plusieurs fils de cocons tordus ; il sert pour recevoir des fils d'or et d'argent, pour faire des tresses, etc. ; 5° La *soie à coudre* est fabriquée de différentes manières par torsion avec des fils de soie grège de 3 ou 22 cocons ; la *soie à tricoter* ou *soie à crochet* est analogue à la soie à coudre, mais elle est plus forte.

4° *Titrage et conditionnement de la soie.* — On représente le *degré de finesse* (le *titre*) de la soie grège et de la soie moulinée en indiquant combien de fois une certaine longueur de fil est contenue dans une certaine unité de poids. La longueur prise pour base est égale à 400 aunes ou 475 mètres. Si l'on parle d'une soie de 10 grains, cela veut dire qu'une longueur de fil de 475 mètres a ce poids. Une soie de 20 grains a la même longueur de 475 mètres, mais elle a un poids double ; elle est, par conséquent, moitié moins fine que la précédente.

La soie grège, de même que la soie moulinée, renferme toujours de grandes quantités d'*eau hygroscopique*, dont la proportion ne peut pas être appréciée d'après le simple aspect extérieur de la soie. La richesse en eau de la soie du commerce s'élève en moyenne à 10 ou 18 pour 100. Dans certaines circonstances, elle peut même absorber jusqu'à 30 pour 100 d'eau, sans que cependant elle paraisse humide. Pour une marchandise d'un prix

aussi élevé que la soie, la manière dont celle-ci se comporte en présence de l'humidité est d'une haute importance au point de vue commercial, parce que elle donne lieu à des erreurs volontaires ou involontaires et à des conflits et qu'elle exerce, on le comprend, une influence nuisible sur le commerce de la soie, en tant qu'on demeure dans l'incertitude de savoir quelle quantité de matière soyeuse proprement dite est contenue dans un poids donné de soie. Pour éviter cet inconvénient, la soie est *conditionnée*, c'est-à-dire que la richesse en eau de toute soie à vendre est déterminé par l'autorité et, à cet effet, plusieurs échantillons sont pesés, puis exposés dans une étuve chauffée à 102 ou 103°; la différence de poids constatée après l'étuvage donne la proportion de l'eau. Les établissements dans lesquels s'effectue le conditionnement portent le nom de *conditions publiques des soies*¹.

5° *Décreusage de la soie*. — Le fil de soie grège, tel qu'il est fourni par le cocon, est recouvert d'un enduit particulier, la *séricine*, produite par altération de la fibroïne au contact de l'air; cet enduit est la cause des différentes couleurs que présente la soie et il communique à celle-ci une certaine dureté, de la rudesse et de la roideur. Pour certains usages, comme pour la confection de la gaze à blutoir, le crêpe, etc., ces qualités sont très-avantageuses, mais dans la plupart des cas, il est nécessaire de débarrasser la soie de cet enduit, ce que l'on fait au moyen du *décreusage*. La soie porte alors le nom de *soie décreusée* ou *cuite*, et elle possède, non-seulement la mollesse nécessaire, l'état soyeux particulier, mais encore l'aptitude à recevoir utilement les matières colorantes. Le *décreusage* de la soie comprend trois opérations :

1° Le *dégommage*,

2° La *cuite*.

3° Le *blanchiment*.

Le *dégommage* s'effectue de la manière suivante : On dissout du savon d'huile d'olives (50 parties pour 100 de soie) dans de l'eau chaude, on chauffe la dissolution jusqu'à 85°, on suspend ensuite, à l'aide d'un bâton, la soie en écheveaux dans le bain de savon et l'on agite les écheveaux dans le liquide, jusqu'à ce que la soie soit partout suffisamment dépouillée de son enduit gommeux. La soie ainsi nettoyée est ensuite retirée du bain de savon, tordue, lavée à l'eau et desséchée. Par le *dégommage*, la soie perd, suivant la quantité de l'enduit gommeux ou du savon employé, de 12 à 25 pour cent de son poids. A l'état *dégommé*, la soie est propre à être teinte en couleurs foncées, mais pour les couleurs claires elle doit être soumise à la *cuite*. Dans ce but, on introduit la soie *dégommée* dans des sacs de grosse toile, de manière à ce que dans chaque sac il y en ait de 12 à 15 kilog., et l'on

¹ On compte en Europe 26 conditions publiques des soies dont 9 en France, à Lyon, à Saint-Étienne, à Aubenas, à Avignon, à Privas, à Marseille, à Valence, à Nîmes et à Montélimar; 11 en Italie, à Milan, à Turin, à Bergame, à Côme, à Lecco, à Udine, à Florence, à Brescia, à Ancône, à Pésaro et à Gênes; 2 en Suisse, à Zurich et à Bâle; 2 en Allemagne, à Crefeld et à Elberfeld; 1 en Autriche, à Vienne, et 1 en Angleterre, à Londres. — Dans les grands centres de l'industrie lainière il existe également des conditions publiques pour la laine.

porte les sacs dans un bain bouillant contenant 15 parties de savon pour 100 de soie. La soie est abandonnée dans ce bain pendant une heure et demie; elle en est ensuite retirée, tordue et lavée. La dernière opération du décreusage, le *blanchiment* a pour but de communiquer à la soie une légère coloration et par suite un aspect plus agréable. On distingue différentes nuances de blanc, notamment le blanc de Chine, le blanc d'azur, le blanc de perle, etc. On obtient la première (avec reflet rougeâtre) en passant la soie dans de l'eau de savon tiède contenant une petite quantité de rocou. On communique à la soie les nuances bleuâtres avec un peu de carmin d'indigo, seul ou additionné d'orseille ou de cochenille. Le blanchiment complet de la soie décreusée s'effectue au moyen de l'acide sulfureux; dans ce but, on expose dans une caisse les écheveaux de soie à l'action de l'acide sulfureux gazeux, que l'on produit en brûlant du soufre, ou bien on la traite par une solution aqueuse de cet acide. Comme, d'une part, la soie perd trop en poids et surtout en corps sous l'influence du décreusage, mais que, d'autre part, la soie grège ne peut que rarement être teinte, on est arrivé peu à peu dans la pratique à produire un terme moyen entre la soie cuite et la soie grège, la soie *souple*. On obtient celle-ci en traitant les écheveaux par de l'eau bouillante contenant très-peu de savon (1 kilog. de savon pour 25 kilog. de soie), ou bien avec une solution de sulfate de magnésium ou de sodium mélangée avec de l'acide sulfurique. La perte en poids de la soie s'élève, dans ce cas, à 4, 8 ou 10 pour 100. Pour blanchir la soie grège sans lui enlever sa roideur naturelle, on fait digérer les écheveaux à une température de 20 ou 30°, avec un mélange d'acide chlorhydrique et d'alcool. Le liquide prend alors une couleur verte et, à mesure que l'intensité de la couleur augmente, la soie devient blanche. Elle est ensuite tordue, lavée à l'eau et desséchée. La perte de poids qui en résulte est de 2,91 pour 100. Après neutralisation du liquide restant avec de la craie, on peut extraire, par distillation, la majeure partie de l'alcool.

[*Tessié du Motay* a proposé récemment (1874), pour le décreusage de la soie, l'emploi d'un bain contenant 12 à 15 parties de baryte pour 100 de soie, et chauffé à 80°. Lorsqu'on a affaire à une soie blanche, il est inutile de la soumettre ensuite à l'action de l'acide sulfureux, mais il n'en est pas de même pour une soie jaune. — Les agents décolorants ordinaires ne blanchissent pas les soies grises des bombyx du chêne, de l'ailanthe, du ricin et, en général, les soies sauvages; *Tessié du Motay* (1874) a cherché à employer simultanément, pour blanchir ces fibres, l'oxygène naissant et l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux. On plonge les soies grises, pendant quinze minutes, dans une solution de permanganate de potassium à 2 pour 100, puis dans une solution d'acide sulfureux, pour éliminer les oxydes de manganèse; après plusieurs opérations semblables, on introduit les fibres dans une solution d'hydrogène sulfuré ou d'un sulfure alcalin, on lave et on traite de nouveau par l'acide sulfureux liquide ou gazeux. Les soies qui ont été traitées par le permanganate de potassium, mais non soumises à l'action de l'acide sulfureux, résistent à l'action des alcalis

étendus à 100°; pour les teindre en noir, on les soumet à une immersion préalable dans une solution de cyanure de potassium, afin de dissoudre les oxydes de manganèse.

En Chine, suivant *M. de Grubbens*, on décreuse la soie dans un bain contenant, pour 100 litres d'eau, 24 parties de farine de blé, 20 parties de sel marin et 20 parties d'une espèce particulière de fèves blanches lavées.]

Tissage de la soie. — La fabrication des *tissus de soie* ressemble dans ce qu'elle a d'essentiel à celle des tissus de coton, de lin et de laine peignée. Comme on l'a dit page 454, on emploie presque généralement, comme chaîne, l'organsin, et comme trame, la soie de ce nom. Les *tissus mixtes* ont pour trame du fil de coton et du fil de laine à peigne, de l'alpaga et du mohair, tandis que la chaîne est en soie. Fréquemment, la chaîne ou la trame, ou bien les deux, est faite avec un fil composé, mais non tordu; on obtient ainsi des tissus d'une grande épaisseur et d'une grande compacité, sans que ceux-ci aient un aspect grossier. Les tissus de soie n'ont besoin d'aucun apprêt particulier; au sortir du métier, ils sont une marchandise achevée, on les plie simplement et on les soumet à l'action d'une presse. Les espèces légères de satin et de taffetas sont cependant gommées et cylindrées; dans ce but, le tissu est tendu horizontalement sur un grand châssis, puis enduit à l'envers, à l'aide d'une éponge, avec une solution claire de gomme adragante et ensuite passé à une calandre, dont le cylindre en fonte est chauffé au moyen d'une barre de fer rouge qu'on y introduit. Les étoffes de soie épaisses reçoivent souvent un brillant disposé en ondulations (*moiré*) au moyen d'une pression effectuée sur leur surface humectée par parties; les étoffes de soie veloutées sont quelquefois munies de dessins en creux ou en relief par pression avec des plaques métalliques gravées (*gaufrage*).

Les étoffes de soie se divisent en : étoffes unies, étoffes croisées, étoffes façonnées, gaze ou crêpe et velours.

1° Aux *étoffes de soie unies* appartiennent : le *taffetas*, nom sous lequel on désigne une étoffe unie, légère, tissée avec de la soie décreusée; dans le taffetas, la chaîne est en organsin et à un seul fil, la trame est faite avec la soie qui porte ce nom et à deux ou trois fils; le *gros* (*gros de Tours*, *gros de Naples*), étoffe épaisse analogue au taffetas, qui est tissée, dans sa chaîne et sa trame, avec des fils très-forts et qui, pour cette raison, est couverte d'une sorte de grain disposé régulièrement ou qui paraît côtelée, si de gros fils alternent avec des fils très-minces.

2° Parmi les *étoffes croisées* se rangent les différentes *serges* (*croisé*, *lévantine*, *drap de soie*, *bombasin*), dont l'endroit est le côté qui laisse voir la plus grande partie de la chaîne, et le *satin* avec ses variétés : le satin simple le satin double, le demi-satin sergé.

3° Aux *étoffes façonnées* appartiennent tous les tissus de soie historiés, à carreaux et à fleurs (droguet, chagrin, satinet, reps, damas de soie, brillant, péquin).

4° Les *étoffes veloutées* comprennent le *velours* vrai (ciselé ou non-ciselé) et la *peluche*.

5° Parmi les *gazes de soie* ou *crêpes*, on range : le marli, la gaze de soie, le crêpe, la gaze à bluteau et le barège (éttoffe de soie légère et transparente).

Enfin, nous devons encore mentionner les *tissus mixtes*, dont l'importance s'accroît d'année en année. Le mélange des différentes matières textiles a pour but de combiner une matière peu estimée ou à bon marché avec une matière plus estimée ou plus chère, de manière à ce que la première soit aussi peu apparente que possible, et que de cette façon l'étoffe soit à l'œil semblable à un autre tissu confectionné avec la meilleure matière. Cette manière de procéder a pour point de départ la tendance qu'a le fabricant à vouloir livrer des produits d'une valeur apparente à aussi bas prix que possible. L'union de matières textiles différentes sert en outre à produire une grande diversité dans les tissus. Le reflet différent des diverses couleurs sur soie, sur laine, sur alpaga, sur mohair, sur coton et sur lin, reflet qui diffère suivant les qualités du fil et de la matière, la manière spéciale dont se comportent les fils préparés avec les matières précédentes relativement à la finesse, la solidité, l'élasticité, etc., constituent des propriétés qui permettent de grandes variations et modifications dans la confection des étoffes.

[**Importance de l'industrie de la soie.** — La production de la soie dans le monde entier peut être évaluée à 36,857,000 kilogrammes, représentant une valeur de 1,271,890,000 francs, et ainsi répartis :

Asie.	20,600,000 kilogr.
France.	3,000,000 —
Autres états de l'Europe.	15,193,000 —
Afrique.	53,000 —
Amérique.	15,000 —
Océanie.	16,000 —

L'Italie, l'Espagne, la Turquie, la Syrie, la Perse, le Bengale et la Chine sont les principaux pays où la France complète son approvisionnement.

D'après la statistique de 1875, il existe en France 1,684 établissements où l'on fabrique de la *soie grège*, savoir : 642 *fileries de cocons*, 937 *moulineries de soie grège* et 105 établissements mixtes ; cette industrie est exercée dans 20 départements, dont les plus importants sont : l'Ardèche, le Gard, la Drôme, Vaucluse, la Loire et l'Isère. Les *filatures de bourre de soie* sont au nombre de 310 et sont réparties dans 15 départements, parmi lesquels la Loire, l'Isère, la Haute-Loire, l'Ain et la Drôme occupent le premier rang ; le nombre des broches actives était, en 1875, de 543,526.

Les établissements qui s'occupent du *tissage de la soie*, à l'aide de *métiers mécaniques* sont au nombre de 872 ; ils ont eu 19,210 métiers en activité en 1875 ; les départements de la Loire, de l'Ain, de l'Isère et du Rhône sont ceux où l'on fabrique le plus de tissus de soie par tissage mécanique. Le nombre de *métiers à bras* était, en 1875, d'environ 77,811 ; la production des étoffes de soie à l'aide de ces métiers se fait presque entièrement dans le département du Rhône, qui à lui seul possède 59,950 métiers ; après le

département du Rhône se rangent, d'après l'importance de la production, l'Isère, la Loire et l'Ain.

Enfin, pour les *tissus mixtes*, on doit citer en première ligne le département du Nord, et en seconde ligne, la Somme, le Rhône et la Gironde; 236 établissements se sont occupés, en 1873, de ce genre de fabrication avec 41,145 métiers mécaniques; 46,844 métiers à bras ont été également mis en activité pour le même objet.

La valeur des articles de soie fabriqués dans les principaux états de l'Europe peut être évaluée aux chiffres suivants :

France (1873)	700,000,000 francs.
Allemagne (1872).	268,750,000 —
Autriche (1873).	37,500,000 —
Belgique (1873)	875,000 —

Enfin, il est entré dans les 26 conditions de l'Europe, en 1876, 15,737,427 kilogrammes de soie; [la condition de Lyon a reçu à elle seule le tiers de cette quantité, et les villes de Lyon et de Milan ont reçu à elles deux autant que les 24 autres bureaux de conditionnement.]

Distinction de la soie, de la laine et des fibres textiles végétales.

— Le filage et le tissage de la soie avec de la laine, de la soie avec du coton, qui sont, maintenant, d'un usage très-fréquent, ont rendu nécessaire la possession d'un moyen simple pour distinguer la soie des autres matières textiles. De même que pour l'essai des fibres de lin et de coton, les méthodes usitées dans ce cas reposent aussi sur des différences chimiques ou bien sur les diversités de formes que l'on peut observer au microscope.

D'abord, en ce qui concerne la distinction des fibres animales (soie, laine, alpaga) des fibres végétales (lin, chanvre, coton), l'ébullition avec une *solution de potasse* donne un résultat décisif: la soie et la laine se dissolvent, tandis que la cellulose des fibres végétales ne se dissout pas. Les fils de soie et de laine approchés d'une flamme, prennent feu et répandent l'odeur de plume brûlée que l'on connaît, mais ils ne continuent à brûler que si on les laisse dans la flamme. Si on les retire, ils s'éteignent immédiatement et à l'extrémité brûlée il reste une masse charbonneuse noire qui est plus épaisse que le fil lui-même; des fils de lin et de coton continuent à brûler, ils ne forment pas une volumineuse masse de charbon et ne dégagent aucune odeur désagréable. L'*acide azotique* d'un poids spécifique de 1,2 à 1,3 teint la laine et la soie en jaune, mais non le coton et le lin. L'*azotate de protoxyde de mercure* donne avec les fibres animales une coloration rouge intense, qui passe au noir par l'addition d'un sulfure alcalin; le lin et le coton ne sont pas altérés par ces réactifs. Une solution aqueuse d'*acide picrique* colore la soie et la laine en jaune intense, ce qui n'a pas lieu avec les fibres végétales. Le liquide incolore que l'on obtient (d'après *Liebermann*) en faisant bouillir une *dissolution de fuschine* avec une lessive alcaline, laisse incolore le tissu de laine et de coton que l'on y plonge; si ensuite on met l'échantillon dans l'eau froide et si on le lave bien, la laine se colore

en rouge intense, sans que le coton prenne la moindre coloration. On emploie quelquefois, pour découvrir le coton ou la laine dans les tissus de soie, l'ammoniaque de cuivre combiné avec un excès d'ammoniaque; le coton et la soie, celle-ci d'abord, sont dissous par ce liquide, tandis que la laine ne l'est pas. Lorsque de la laine et de la filoselle sont cardées ensemble et se trouvent mélangées dans le même fil, on peut, par des traitements successifs avec de l'acide azotique ordinaire et de l'ammoniaque, dissoudre la soie, tandis que la laine n'est pas détruite; on peut même, de cette façon, effectuer un essai quantitatif approximativement exact des deux matières. Le *plombate de sodium* en solution aqueuse peut aussi servir pour distinguer les fils de

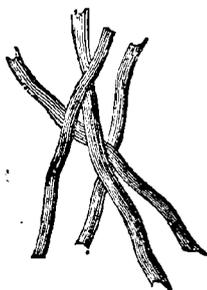


Fig. 560. — Soie vue au microscope.

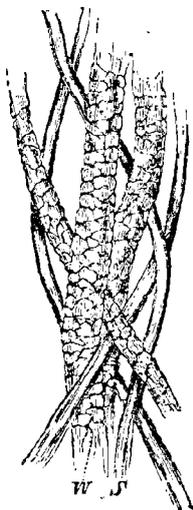


Fig. 561. — Laine et soie vues au microscope.

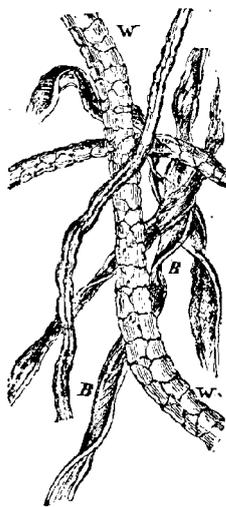


Fig. 562. — Laine et coton vus au microscope.

laine et les fils de soie; les premiers sont noircis par ce liquide (parce qu'il se forme du sulfure de plomb noir avec le soufre de la laine), tandis que les fils de soie ne changent pas de couleur. Le meilleur réactif, pour distinguer la soie et la laine, est incontestablement le *nitroprussiate de sodium*, qui produit dans une solution de laine ou de poil dans la potasse une coloration violette, tandis qu'une solution de soie pure dans le même alcali n'est pas modifiée par le réactif.

Au microscope le coton, la laine et la soie peuvent être facilement distingués l'un de l'autre. Le coton se reconnaît (voyez page 49) à l'aplatissement et à la forme rubanée de ses fibres, ses longues cellules vues sous l'eau sont en général enroulées autour d'elles-mêmes comme un tire-bouchon; la laine se distingue très-sûrement à ses écailles épidermiques disposées comme les tuiles d'un toit, qui même à un grossissement de 50 diamètres apparaissent sous forme de lignes transversales placées les

unes à côté des autres. Tandis que la fibre du coton se compose d'une seule cellule et que le poil de laine, comme le poil en général (alpaga et mohair), est formé de nombreuses cellules juxtaposées et superposées, le fil de soie, de même que le fil du cocon des chenilles et des araignées, est une sécrétion solidifiée. Le fil de soie (fig. 360) est lisse, cylindrique, amorphe, sans longueur déterminée et sans cavité intérieure; le diamètre du fil est en général partout le même. La surface est brillante et on n'y observe que très-rarement des saillies et des dépressions.

Si l'on veut s'assurer si une étoffe est réellement tissée avec de la soie, on défait sous l'eau sur une plaque de verre les fils qui la forment, on couvre ceux-ci avec un couvre-objet et on les examine à un grossissement de 120 à 200 diamètres. La fibre de soie ronde, brillante, proportionnellement ténue et sans cavité intérieure (fig. 361, S) se distingue immédiatement du poil de laine (fig. 361 et 362, W) d'un diamètre inégal et recouvert d'écaillés, et de la fibre de coton (fig. 362, B), qui est aplatie, rubanée et tordue. Au microscope on peut en outre distinguer facilement si le fil de soie (comme l'organsin et la trame) se compose de fils de cocon juxtaposés parallèlement ou si au contraire il est tordu (comme la filosselle). [On distingue les différentes sortes de soies principalement par la comparaison de leurs diamètres¹.]

TANNAGE DES PEAUX

Généralités. — Le *tannage* a pour but de transformer la peau (surtout la peau des grands mammifères) en *cuir*, c'est-à-dire en une substance, qui, avec une solidité, une souplesse et une malléabilité suffisantes, se distingue de la peau dépilée, parce qu'elle offre une grande résistance à la putréfaction et que bouillie avec de l'eau elle ne peut pas (comme le cuir préparé au tan) se transformer en gélatine, ou seulement au bout d'un long temps (comme le cuir mégissé). La manière dont s'opère la transformation en cuir de la peau dépilée et préparée ou cuiret, si différents que puissent être les moyens employés dans la pratique, repose dans ce qu'elle a d'essentiel sur des principes *physiques*. Dans le sens le plus large, le cuir n'est autre chose, d'après la définition de *Knapp*, que de la peau dans laquelle on a empêché par un moyen quelconque l'agglutination des fibres par la dessiccation.

Le tannage a été jusque dans ces derniers temps une industrie purement empirique et c'est seulement après avoir connu exactement l'anatomie de la peau et étudié le tannin et les matières tannantes en général que l'on s'est occupé de la base fondamentale de cette industrie, ce que l'on aurait dû faire avant de songer à un examen du caractère essentiel des réactions qui se produisent dans le tannage. Ce que l'on sait sous ce dernier point de vue,

¹ Voyez à ce sujet, *P. Balley, Manuel d'essais, etc.*, 2^e édition française (p. 985).

on le doit en majeure partie aux recherches lumineuses de *Fr. Knapp*, de *A. Reimer* et de *Rollet*.

La peau n'est pas à proprement parler la substance que travaille le tanneur, c'est la *peau nettoyée ou cuïret*, ou en d'autres termes le chorion ou derme dépouillé autant que possible, à l'aide de moyens chimiques et mécaniques, de la plupart des autres éléments. Le tannage, suivant sa définition la plus générale, doit produire deux effets différents : 1^o il doit détruire autant que possible la tendance de la peau à se putréfier, 2^o il doit communiquer à la peau la propriété de se présenter, après la dessiccation, sous forme non plus d'une masse cornée, mais d'un tissu nettement fibreux, non transparent et plus ou moins souple. Toutes les opérations qui ont pour objet la production de la peau *tannée*, c'est-à-dire ayant les propriétés précédentes, le nettoyage de la peau (ou la préparation du cuïret), le tannage proprement dit et le corroyage du cuir ont certainement de l'importance, mais l'opération qui constitue le tannage proprement dit (au tan, à l'alun ou à l'huile) exerce une influence prédominante. Cette dernière opération peut être effectuée avec un grand nombre de substances organiques et minérales; il n'y a cependant que quelques-unes de ces substances qui en grand aient été reconnues comme avantageuses, ce sont :

1^o L'acide tannique dans le *tannage véritable* ou *au tan*.

2^o L'alun ou le sel marin dans la *mégisserie* ou *tannage à l'alun*.

3^o Les matières grasses dans la *chamoiserie* ou *tannage à l'huile*.

Anatomie de la peau animale. — La peau des mammifères, abstraction faite des poils, se compose de plusieurs couches. La couche supérieure très-mince, traversée par les poils, l'*épiderme*, est demi-transparente et formée de cellules munies de noyaux ; sa portion la plus externe constitue la couche cornée, tissu mort, ne participant plus aux phénomènes vitaux, qui est éliminé continuellement par suite de l'usure à laquelle est exposée la surface du corps et qui est remplacé par le *réseau de Malpighi* (*stratum Malpighii*) ; celui-ci, situé au-dessous de la couche cornée, est encore vivant, il est rempli d'un liquide et il se compose d'une couche de cellules à noyaux. Le réseau muqueux de Malpighi constitue l'appareil de l'exhalation cutanée et du sens du tact, et du côté du poil il forme sur le cuir ce que l'on appelle le *grain* ou la *fleur*. Enfin, on rencontre une couche beaucoup plus épaisse d'un tissu constitué non plus par des cellules mais par un feutrage serré de faisceaux fibrillaires de tissu conjonctif; cette couche, à laquelle on donne le nom de *derme* ou de *chorion*, comprend la membrane intermédiaire et le derme proprement dit. Le derme est à proprement parler la seule partie qui soit en jeu dans la préparation du cuir. Au-dessous du derme se trouve le *tissu conjonctif sous-cutané* (*panniculus adiposus*) ; ce côté de la peau constitue le *côté de la chair*. Les poils sont des produits épidermiques purs et ils ne reposent que médiatement dans le chorion, mais immédiatement dans un enfoncement de l'épiderme pénétrant profondément dans le chorion.

Tous les éléments de la peau, les cellules de l'épiderme, comme les fibres

de tissu conjonctif du derme et le tissu sous-cutané, offrent cela de commun qu'ils gonflent dans l'eau bouillante, qu'ils deviennent gélatineux et que sous l'influence d'une ébullition prolongée, ils se transforment en gélatine. La rapidité avec laquelle s'effectue la transformation de la peau en gélatine varie avec les peaux des différents animaux; avec les peaux des animaux grands et adultes, la formation de la gélatine a lieu plus difficilement et plus lentement qu'avec les peaux des animaux petits et jeunes. Les fibres du tissu conjonctif se transforment par l'action prolongée de l'acide acétique en une gelée transparente, dans laquelle cependant on trouve les fibres avec leur texture primitive. Les acides sulfurique et chlorhydrique étendus se comportent comme l'acide acétique. Les solutions alcalines dissolvent également les fibres du tissu conjonctif. L'eau de chaux et l'eau de baryte n'altèrent pas la propriété morphologique du tissu conjonctif, mais elles détruisent sa cohésion et permettent l'isolement de ses fibrilles élémentaires. Dans l'eau de chaux et dans l'eau de baryte il se dissout un corps albuminoïde, dont la présence dans le tissu conjonctif a pour effet d'agglutiner ensemble les éléments collagènes. Ce même corps albuminoïde est aussi attaqué par les acides minéraux étendus.

C'est sur le mode particulier dont se comportent les éléments principaux de la peau vis-à-vis des liquides alcalins et acides que sont en partie basées les opérations préliminaires du tannage. Le tannage lui-même repose au contraire sur la manière dont se comporte le chorion en présence d'agents d'une autre espèce et d'un autre mode d'action. Les fibres du tissu conjonctif forment, comme les fibres végétales et animales avec les matières colorantes, des combinaisons avec l'acide tannique, avec différents oxydes métalliques, comme l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de chrome, avec les matières grasses oxydées, avec les sels métalliques à acides gras (savons métalliques insolubles), enfin avec l'acide pinique (de la colophane) et certaines autres substances organiques. Tous ces agents, nommés *matières tannantes*, se précipitent sur les fibres du tissu conjonctif, les enveloppent et s'opposent à leur agglutination par la dessiccation. Quelques matières tannantes, comme l'acide tannique, enveloppent les fibres de telle sorte que l'agglutination est rendue tout à fait impossible et que par la dessiccation la peau devient immédiatement souple sans aucune autre préparation; avec d'autres matières tannantes, comme les combinaisons d'alumine, il se produit, il est vrai, une agglutination et, après la dessiccation, la peau paraît dense et cornée, mais les fibres ne sont pas intimement unies et en étirant et étendant (en *hardant*) la peau, elle peut acquérir toutes les propriétés du cuir.

I. TANNAGE AU TAN.

Matières tannantes. — Le *tannage véritable* ou *tannage au tan*, qui a pour objet la transformation de la peau en cuir *tanné*, emploie comme matières premières des *végétaux tannifères* et des *peaux*.

Les *végétaux tannifères*, dont se sert le tanneur, renferment généralement comme élément essentiel un principe astringent nommé *acide tannique* ou *tannin*, qui diffère avec les différentes plantes, mais qui est caractérisé par une réaction acide, une saveur astringente, qui en outre donne avec les sels de fer une coloration noire ou verte, qui précipite les solutions de gélatine et de caoutchouc et transforme la peau animale en cuir. On sait que le tannin de la noix de galle (acide gallotannique), qui du reste n'est *jamaï*s employé dans le tannage, se dédouble sous l'influence des acides et par fermentation en glucose et en acide gallique, qui n'est pas propre à la fabrication du cuir. L'acide tannique de l'écorce de chêne (acide quercitanique) ne peut pas être dédoublé dans toutes les circonstances qui se présentent dans la préparation du cuir, ce qui est important et en même temps favorable pour l'opération du tannage. Tout acide tannique est immédiatement décomposé en présence de l'air par un liquide alcalin (eau de chaux, lessive de potasse, ammoniacque) avec formation de substances humiques brunes.

Tan. — [Le *tan*, qui est la matière tannante la plus importante, est de l'écorce de chêne (*Quercus robur* et *Quercus pedunculata*) séchée et réduite en poudre. La récolte de cette écorce se fait ordinairement au printemps, parce que c'est à ce moment qu'elle renferme le plus de tannin; dans ce but, on coupe une bande circulaire aux deux extrémités du tronc, puis on extrait l'écorce par bandes en la fendant de haut en bas; on la laisse ensuite sécher lentement et à l'ombre. On hache d'abord l'écorce sèche, soit à l'aide de pilons tranchants, soit au moyen de machines analogues à un hache-paille, puis on la pulvérise avec un bocard ou dans des moulins à noix comme ceux employés pour broyer le poivre ou le café. D'après *Handtke*, l'écorce de chêne contient 13,2 pour 100 de tannin (acide quercitanique).]

L'écorce de pin (ordinairement celle du *Pinus sylvestris*) est une des meilleures matières tannantes; elle est fréquemment employée dans la fabrication du cuir à semelles. Immédiatement après l'abattage on décortique dans les forêts de pins les bois de construction moyens et petits. *J. Feser* a trouvé dans l'écorce de pin de 5 à 15 pour 100 de tannin, je n'ai trouvé que 7,3 pour 100. Dans la Styrie et l'Autriche supérieure on emploie à la place de l'écorce de pin l'écorce de sapin (avec 4 à 8 pour 100 de tannin); dans la Hongrie et les Frontières militaires on se sert de l'écorce d'aune (avec 3 ou 5 pour 100 de tannin) et aux États-Unis de l'Amérique du Nord, ainsi qu'au Canada on emploie l'écorce du pin du Canada (*Abies canadensis*)¹. L'écorce d'orme (avec 3 ou 4 pour 100 de tannin), l'écorce des jeunes maronniers d'Inde (avec environ 2 pour 100 de tannin) et l'écorce de hêtre (avec 2 pour 100 de tannin) servent aussi quelquefois pour le tannage. Les jeunes branches de la plupart des espèces du genre saule fournissent une écorce très-bonne pour le tannage du cuir, de celui notamment qui est employé pour la fabrication des gants danois (cette écorce renferme de 3 à 5 pour 100 de tannin). En Russie l'écorce du saule des sables est employée pour

¹ Dans l'extrait de l'écorce du pin du Canada (*hemlock extract*) importé d'Amérique en Europe, *Nessler* (1867) a trouvé 14,5 0/0 de tannin.

la préparation des cuirs dits de Russie. Dans la Tasmanie et dans la Nouvelle-Galles du Sud on se sert (d'après *J. Wiesner*) de l'écorce de l'*Acacia dealbata*, de l'*Acacia melanoxylon*, de l'*Acacia lasiophylla* et de l'*Acacia decurrens*. Parmi les nombreuses plantes indigènes riches en tannin, qui se prêtent à la culture, le *Polygonum bistorta* est particulièrement digne d'attention; ce végétal contient, d'après les recherches de *C. Fraas*, de 17 à 21 pour 100 (?) de tannin. Un hectare pourrait fournir, d'après cela, 650 à 750 kilogrammes de tannin. Toutefois la culture de pareilles plantes riches en tannin non-seulement enlèverait à la production des fourrages et des grains des surfaces considérables, mais encore exigerait des frais de beaucoup supérieurs à ceux que nécessite l'écorce de chêne⁴.

Sumac. — Après l'écorce de chêne et l'écorce de pin, le *sumac* est une des matières tannantes les plus fréquemment employées; le *sumac* est chaque année importé en très-grande quantité de la Syrie et de l'Europe méridionale (Sicile), et depuis quelque temps aussi de l'Amérique du Nord et de l'Algérie. Il est constitué par les feuilles et les pétioles d'un arbrisseau, le *sumac des tanneurs* (*Rhus coriaria* et *Rhus typhina*, de la famille des Térébinthacées), qui dans les pays que l'on vient de nommer croit spontanément ou est l'objet d'une culture spéciale. On recueille les pousses radicales ou drageons et au mois de juin on les met dans la terre, dès la troisième année ces pousses sont assez développées pour que les tiges et les feuilles puissent être coupées. Les tiges et les feuilles sont ensuite desséchées; les feuilles sont séparées avec leur pétiole au moyen d'un battage à l'aide de bâtons. Les feuilles et les pétioles ainsi isolés sont moulus entre des meules de pierre, la poudre est tamisée et livrée au commerce emballée dans des sacs. Le *sumac* ne se rencontre dans le commerce jamais autrement que pulvérisé et sous forme d'une poudre grossière qui est tantôt vert-jaune, tantôt vert-gris. Il contient, avec de petites quantités d'acide gallique, 12 à 16,5 pour 100 d'un acide tannique qui, sous beaucoup de rapports, se comporte comme le tannin de la noix de galle; dans le *sumac* conservé depuis longtemps l'acide tannique est en grande partie converti en produits secondaires par suite d'une fermentation spontanée. Outre l'acide tannique, on rencontre encore dans le *sumac* une matière colorante jaune, qui paraît être identique avec le quercitrin.

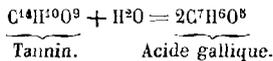
Il ne faut pas confondre avec le *sumac* le *sumac faux*, nommé aussi *sumac de Venise* et *sumac d'Italie* et qui est formé des feuilles, des jeunes branches et de l'écorce moulues et comprimées du fustet (*sumac des teinturiers*, *sumac à perruque*, *Rhus cotinus*). Le fustet croît spontanément dans le Banat, les Frontières militaires, la Transylvanie et l'Illyrie et même dans les environs de Vienne. La majeure partie du *sumac* de Venise est employée pour le tannage en Hongrie et en Turquie. Dans le Tyrol on tanne avec la poudre de cette substance les peaux de chèvre, de mouton et de veau.

⁴ [Depuis quelque temps on obtient en France, en faisant bouillir dans de l'eau le bois de châtaignier commun, un produit noir qui est livré au commerce à l'état liquide, à l'état de poudre ou à l'état solide, sous la fausse dénomination d'*acide gallique*; cet extrait préparé par *Ausset* et *Hermet*, de Nîmes, est surtout employé dans la teinture en noir.]

Dividivi, bablah, etc. — Les *dividivi* ou *libidibi* constituent une autre matière tannante; ce sont des siliques longues d'environ 6 centimètres, courbées en S, un peu rudes et brun-rouge, qui renferment des graines lisses ovoïdes, luisantes et vert olive et qui sont fournies par un arbre, le *Cæsalpinia* ou *Poinciana coriaria*, croissant à Caracas et Maracaibo et dans plusieurs îles des Antilles. Ils ont été importés pour la première fois en Europe en 1768 par les Espagnols et recommandés pour le tannage à la place des gallons du Levant. Le tannin contenu dans l'écorce extérieure des siliques (dont la quantité s'élève à plus de 49 pour 100, d'après Müller, à 32,4 pour 100, d'après H. Fleck, et à 19—26,7 pour 100, d'après R. Wagner) fait des *dividivi* une matière tannante utile, mais d'un prix élevé; ils sont quelquefois employés dans la teinture. Le tannin des *dividivi*, nommé par J. Löwe (1875) *acide ellagotannique*, est différent de celui de la noix de galle; outre l'acide ellagotannique, les *dividivi* contiennent aussi de l'acide gallique. Suivant Harwey, on a essayé d'employer les *dividivi* dans la teinture en rouge turc à la place de la noix de galle; mais la grande quantité de matière mucilagineuse qu'ils renferment empêcha la réussite de cet essai. Le *bablah* ou *galle des Indes* est le fruit (une silique) de l'*Acacia bambolah* que l'on trouve aux Indes orientales; il y a plusieurs sortes de *bablah*, qui sont fournis par l'*Acacia arabica*, l'*Acacia cineraria* et l'*Acacia sophora* et qui seraient livrées au commerce. H. Fleck a trouvé dans ce produit 20,5 pour 100 de tannin, et R. Wagner 14,5 pour 100. Les *algarobillas*, capsules du *Prosopis palida*, importés du Chili (souvent mélangés avec de l'écorce), ont été employés en Angleterre à titre d'essai pour le tannage des peaux. Les *myrobolans* (fruits du *Terminalia citrina*, du *Terminalia bellirica* et du *Terminalia chebula*), que l'on retire des Indes orientales (de Bombay), renferment trop peu de tannin pour pouvoir être employés en grand dans le tannage. Ce tannin est identique avec celui des *dividivi*.

Noix de galle. — Sous le nom de *noix de galle* on désigne les excroissances globuliformes, qui se développent, à la suite de la piqûre de la femelle du *Cynips gallæ tinctoriæ*, sur les jeunes branches et sur les pétioles de différentes espèces de chênes, notamment du *Quercus infectoria*; l'insecte dépose ses œufs dans la petite cavité produite par la piqûre; l'afflux de la sève et l'hypertrophie des glandes du tissu cellulaire ne tardent pas à faire naître autour de cette cavité un gonflement pathologique dans lequel éclosent les œufs. On récolte les noix de galle à différents moments: avant que l'insecte se soit formé, au moment où les noix de galle sont le plus riches en tannin, en outre lorsque l'insecte formé commence à percer son enveloppe, et enfin au moment où toutes les noix de galle sont vides et sèches. De là trois espèces principales de noix de galle: les noires, les vertes et les blanches. Les noix de galle *noires* et *vertes* sont les excroissances qui ont été recueillies après la mort du *cynips* non encore complètement développé et avant qu'il soit sorti de la noix de galle; c'est pourquoi elles ne présentent aucune perforation, mais elles ont intérieurement un noyau sphérique nettement limité, qui se compose d'une substance brun-clair friable et qui contient dans sa

petite cavité intérieure la larve desséchée. Les noix de galle sont ordinairement sphériques et munies supérieurement, plus rarement sur les côtés, d'aspérités irrégulières; elles sont du reste lisses et gris-noirâtre et comme recouvertes d'une poussière grise; les aspérités sont ordinairement brun-clair. Les noix de galle *blanches* ou *jaunes* ont été récoltées après le développement complet du cynips et après que celui-ci s'est envolé en perforant son enveloppe; elles sont généralement plus grosses et plus spongieuses que les précédentes, et elles s'en distinguent par leur couleur rougeâtre ou jaune-brun; à l'intérieur on trouve non-seulement une cavité, mais encore un petit trou rond qui de la surface de la noix de galle conduit dans cette cavité. Bien qu'il se forme des noix de galle dans tous les pays de l'Europe, on ne récolte cependant que celles des régions méridionales, parce que celles qui se rencontrent chez nous ne renferment souvent que 3 à 5 pour 100 de tannin. *v. Fehling* a trouvé dans les noix de galle d'Alep 60 à 66 pour 100 de tannin, *H. Fleck* 58,71 pour 100, plus 5,9 pour 100 d'acide gallique. L'acide tannique de la noix de galle ou le tannin est d'après les recherches de *Mulder*, de *H. Illaziwetz* et de *Schiff*, de l'acide digallique $C^{14}H^{10}O^9$. La transformation du tannin en acide gallique semble avoir lieu simplement par absorption d'eau, d'après l'équation suivante :



Gallons. — Parmi les *gallons*, produits qui se rapprochent beaucoup des noix de galle, on distingue les *gallons* pathologiques ou proprement dits, et les *gallons* naturels ou orientaux. Les *gallons pathologiques* sont, de même que les noix de galle, des excroissances brunes du chêne, qui sont produites par la piqûre du *Cynips quercus calicis*, seulement avec cette différence qu'elles ne se forment pas sur les branches et les pétioles, mais aux dépens du suc des jeunes glands (et non des cupules comme on l'admettait autrefois). Elles entourent le gland ordinairement d'un seul côté, rarement dans toute la périphérie. Les *gallons* se rencontrent dans le commerce sous forme de masses irrégulières, anguleuses et d'un jaune brun, dont la grosseur peut égaler celle d'une noix. Sur l'un des côtés on aperçoit le gland flétri par suite de la blessure qui a donné naissance au *gallon*, ou bien si le gland manque on trouve à sa place une cavité cupuliforme. On les récolte principalement en Hongrie, en Moravie, en Esclavonie, en Styrie et en Carinthie, et on les livre au commerce. Ils contiennent environ 45 pour 100 d'un tannin identique avec celui de la noix de galle. Les *gallons* sont, après l'écorce de chêne, fréquemment employés pour le tannage du cuir pour semelles et du cuir mou pour tiges de bottes, auxquels ils communiquent une belle couleur brune. Depuis quelques années on rencontre aussi dans le commerce de l'*extrait de gallons*. Les *gallons naturels* (ou physiologiques), aussi nommés *vallonées*, *gallons du Levant*, *avelanède*, ne sont pas des excroissances produites par des piqûres d'insectes, mais des cupules naturelles du

Quercus ægilops et de la *Valonia camata*, qui croissent dans les îles de l'archipel grec, en Asie-Mineure et en Syrie. Les grandes cupules sont caractérisées par des écailles (bractées) écartées les unes des autres, obtuses ou anguleuses et très-grandes; on les rencontre soit avec le gland, soit, et le plus souvent, sans celui-ci. Dans le dernier cas elles sont plus estimées. Leur richesse en tannin s'élève à 40 ou 45 pour 100; dans de la poudre de vallonée, qui avait été obtenue avec un produit contenant les glands, j'ai trouvé comme richesse en tannin dans un cas 19 et dans l'autre 27 pour 100. *Cameron* (1871) a trouvé dans la vallonée de Smyrne 31,6 pour 100, et dans la vallonée grecque 31,12 pour 100 de tannin; *Évans* n'y a constaté que 20,47 à 22,92 pour 100 de tannin. Les écailles de vallonée se trouvent dans le commerce sous le nom de *drillot*; elles sont plus riches en tannin que la vallonée elle-même. *Rothe* y a trouvé 43 à 45 pour 100 de ce corps. Le tannin de la vallonée est différent de celui de la noix de galle, et il semble se rapprocher de celui du sumac¹.

Galles de Chine. — Aux produits précédents fournis par le chêne se rattachent les *galles de Chine*, qui depuis 1847 se rencontrent dans le commerce et proviennent de la Chine, du Japon et du Népal. Ce sont des excroissances vésiculeuses, qui se forment par suite de la piqûre de l'*Aphis chinensis* sur une espèce de sumac, le *Rhus javanica* ou *semialata*; elles sont généralement allongées, cylindriques, quelquefois aussi aplaties, pyriformes ou globuliformes, et, sur leur surface recouverte d'un duvet gris-jaunâtre, elles présentent un grand nombre de saillies anguleuses ou arrondies et creuses. Leur longueur varie de 5 à 10 centimètres, et leur épaisseur de 1 centimètre 1/2 à 4 centimètres; leurs parois sont minces, cornées, transparentes et cassantes. Elles se distinguent par leur grande richesse en tannin, qui s'élève jusqu'à 60 ou 70 pour 100. Le tannin des galles de Chine est un tannin fournissant de l'acide gallique.

Cachou. — Depuis environ soixante ans, on emploie fréquemment dans la tannerie des extraits tannifères exotiques, qui depuis longtemps déjà servent dans la médecine sous les noms de *cachou* et de *kino*. On prépare le cachou aux Indes orientales et principalement au Bengale et sur la côte de Caromandel, en faisant bouillir le cœur du bois de l'*Acacia catechu*, filtrant la décoction et évaporant celle-ci à sec; cette sorte de cachou (*cachou de Bombay*) se rencontre dans le commerce sous forme de pains inégaux en grosseur, irréguliers, le plus souvent quadrangulaires, lisses en dessous et légèrement courbés supérieurement, et traversés en différents sens par des feuilles d'une espèce de palmier. Sa cassure est luisante et de couleur brun de cuir ou brun noir. Extérieurement les pains sont mats et facilement friables. Une autre espèce de cachou (le *cachou du Bengale*), qui n'est pas

¹ On a importé à Trieste en 1871 :

d'Italie.	71,400	kilogr. de vallonée.
de la Turquie.	9,051,850	— —
de la Grèce.	3,682,950	— —

préparée, comme on l'admettait autrefois, avec la noix de l'*Areca catechu*, mais également avec le bois de l'*Acacia catechu*, se rencontre dans le commerce sous forme de gros pains irréguliers et en forme de gâteaux, qui extérieurement sont d'un brun uniforme et présentent intérieurement des couches claires et foncées, et en outre sont assez lourds et compactes. Le *gambir* est un extrait préparé à Sumatra, à Singapour, à Malacca et principalement dans l'île de Rhio, avec les feuilles et les petites branches du *Nuclea gambir* ou *Uncaria gambir*; il est analogue au cachou et nous arrive sous forme de petits pains cubiques, légers et friables, à cassure terreuse et de couleur brun cannelle. Les différents cachous contiennent de 40 à 50 pour 100 d'un acide tannique particulier (acide cachoutannique de la formule $C^{15}H^{14}O^6$, d'après J. Löwe), et un autre acide, l'acide catéchuique ($C^{15}H^{14}O^6$), qui dans le tannage ne paraît jouer aucun rôle.

Kino. — Le *kino* est une drogue qui offre beaucoup d'analogies avec le cachou; c'est le suc desséché de différentes plantes.

Le kino d'Afrique est fourni par.	le <i>Pterocarpus erinaceus</i> ,
Le kino des Indes orientales, par.	le — <i>marsupium</i> ,
ou, d'après d'autres auteurs, par.	le <i>Butea frondosa</i> ,
Le kino des Indes occidentales, par.	le <i>Coccolaba avifera</i> ,
Le kino de la Nouvelle-Hollande, par.	l' <i>Eucalyptus resinifera</i> .

Le kino de *pterocarpus* (kino d'Amboine) est préparé sur la côte de Malabar; le kino de *butea*, aux Indes-Orientales (Bengale) et le kino d'*eucalyptus*, en Australie avec plusieurs espèces d'*eucalyptus* (myrtacées). Le kino se présente ordinairement sous forme de petits pains d'un noir brillant, anguleux, cassants et donnant une poudre brun-rouge, d'une saveur d'abord fortement astringente et ensuite sucrée et se dissolvant dans l'eau bouillante et dans l'alcool, en donnant un liquide rouge de sang. Le kino contient 30 à 40 pour 100 d'un tannin analogue à l'acide cachoutannique et, comme l'a montré F. A. Flückiger (1872), de petites quantités d'acide oxyphénique (pyrocatechine, dioxybenzol). Le cachou et le kino sont surtout employés dans un grand nombre de procédés de tannage dit rapide.

Essai des matières tannantes. — Comme la valeur des matières tannantes dépend uniquement de la quantité d'acide tannique qu'elles renferment, il est important de posséder une méthode d'essai, qui indique approximativement la richesse de ces substances en tannin. L'acide tannique facilement soluble dans l'eau est précipité assez complètement de sa dissolution par différentes substances, telles que la gélatine et la peau animale, l'acétate de cuivre, l'acétate de fer, les alcaloïdes (cinchonine, quinine), etc.; en outre, il est complètement décomposé par une solution de permanganate de potassium. C'est sur ces réactions que sont basées les méthodes suivantes employées pour la détermination de l'acide tannique¹: 1° L'acide tannique

¹ Voyez, pour la description détaillée de ces différentes méthodes: P. Bolley, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édition française traduite par L. Gautier, p. 950. Paris, 1877.

est précipité par de la gélatine ou de la peau animale ; *a.* la peau est pesée avant et après l'expérience ; l'augmentation de poids donne la quantité de l'acide tannique (*Davy*) ; *b.* l'acide tannique est précipité avec une solution de gélatine titrée (*v. Fehling*) ; *c.* l'acide tannique est précipité avec une solution de gélatine titrée et mélangée avec de l'alun (*G. Müller*) ; *d.* on détermine à l'aide d'un aréomètre le poids spécifique de la solution de tannin, on élimine celui-ci avec de la peau animale, et l'on détermine de nouveau le poids spécifique du liquide ; la diminution du poids spécifique est proportionnelle à la richesse en tannin du liquide primitif (*C. Hammer*) ; 2° L'acide tannique est précipité par l'acétate de cuivre et la proportion relative de l'acide tannique et de l'oxyde de cuivre contenus dans le précipité est déterminée : *a.* volumétriquement (*H. Fleck*), ou *b.* par la pesée de l'oxyde de cuivre (*E. Wolff*) ; 3° La quantité de l'acide tannique est déterminée par voie volumétrique à l'aide de l'acétate de fer (*R. Handtke*) ; 4° On cherche à décomposer l'acide tannique au moyen d'une solution titrée de permanganate de potassium (*Löwenthal*). L'acide tannique est précipité de sa dissolution par de la cinchonine, dont la solution est colorée en rouge avec un peu de fuchsine (*R. Wagner*). Malheureusement aucune des méthodes précédentes, pas plus que celle recommandée par *C. Neubauer* en 1872 (qui est une modification de la méthode de *Löwenthal*), ne donne des résultats suffisants pour la pratique.

Des peaux. — Bien que en général, les peaux de tous les quadrupèdes soient propres à la préparation du cuir, on exclut fréquemment à cause de leurs faibles dimensions ou parce qu'on les utilise dans la pelleterie, les peaux d'un grand nombre d'animaux. Parmi les peaux employées dans le tannage, celles des bêtes à cornes occupent le premier rang, viennent ensuite, au point de vue de la solidité et de la qualité, la peau du cheval et celle de l'âne. La pratique a montré que la solidité de la peau ne dépend pas seulement de l'espèce de l'animal, mais aussi du genre de vie de celui-ci ; ainsi l'animal sauvage est de beaucoup supérieur à l'animal domestique, et pour ce dernier, la solidité de la peau est plus grande s'il a été nourri dans des pâturages que s'il a pris sa nourriture à l'étable. L'épaisseur de la peau d'un animal déterminé, est extrêmement variable ; sur le milieu du dos ou sur la tête elle est fréquemment deux fois aussi épaisse qu'au ventre. Chez les petits animaux les différences dans l'épaisseur sont moins appréciables ; on croit du reste avoir découvert que chez le mouton, la qualité et l'épaisseur de la peau sont en rapport avec l'épaisseur de la toison au moment de l'abattage ; plus sa laine est épaisse et longue, plus la peau est mince et moins solide, parce que, à ce qu'il semble, les parties qui servent pour la nutrition et la formation des poils, font défaut à la nutrition de la peau.

Le cuir le plus épais et le plus solide, que l'on emploie surtout dans la cordonnerie, comme cuir pour semelles, est fourni par les peaux de taureaux et de bœufs ; ces peaux à l'état brut et non travaillées portent le nom de *peaux vertes*, et on se les procure fraîches et non desséchées aux abat-

toirs les plus voisins (une peau de bœuf fraîche, telle qu'elle est fournie par le boucher, pèse 25 à 50 kilogr., mais elle perd par la dessiccation un peu plus de la moitié de son poids), ou bien on les retire à l'état sec de pays éloignés. Ces dernières sont livrées au commerce soit seulement desséchées, comme celles de Buenos-Ayres, soit salées et desséchées comme celles de Bahia et de Fernambouc, soit enfin après avoir été fumées. Les peaux de vaches fournissent un cuir mince, moins dense et d'un grain moins fin que les peaux de bœufs; ces peaux sont tannées pour semelles légères, elles sont connues sous le nom de *vaches*; les peaux de vaches les plus fortes viennent des plaines de l'Amérique méridionale, elles sont, comme on l'a dit plus haut, travaillées pour cuir de semelles légères, pour empeignes, etc. Les *peaux des veaux* sont plus minces que celles des vaches, mais plus épaisses que la plupart de celles des autres animaux, et lorsqu'elle sont tannées elles fournissent un cuir très-résistant, mou et souple, qui est surtout employé dans la cordonnerie comme cuir d'avant-pied (*cuir à œuvre, cuir mou pour tiges de bottes*), tandis que les peaux provenant de la région frontale et les peaux de vaches épaisses ne servent que comme *cuir pour semelles*. Les peaux de chevaux sont minces et donnent un cuir employé presque exclusivement dans la sellerie. Les peaux de moutons fournissent un produit moins fort pour la reliure, pour cuir chamoisé, pour cuir coloré, etc. Les peaux des agneaux et des jeunes chèvres donnent le cuir employé dans la ganterie, les peaux de chèvres adultes constituent la meilleure matière pour la fabrication du maroquin. Les peaux des cerfs et des chevreuils, ainsi que celles des chamois, sont généralement tannées à l'huile (chamoisées) et employées comme peaux de daim. Les porcs fournissent un cuir mince, extrêmement solide et qui sert surtout pour la confection des selles. La peau de phoque est principalement employée, à cause de sa grande ténacité, pour border les objets de sellerie.

Opérations du tannage. — Le *travail du tannage* (du tannage au tan) peut être divisé en trois opérations principales : A. Le nettoyage de la peau du côté de la chair et du côté du poil, ou en d'autres termes la mise à nu du derme ou chorion; B. Le tannage proprement dit, et C. Le corroyage de la peau tannée, qui a pour objet de transformer celle-ci en marchandise. Ces trois opérations principales comprennent à leur tour des opérations secondaires.

A. Le *nettoyage* comprend :

1. Le ramollissement des peaux (trempage ou dessaignage);
2. Le nettoyage du côté de la chair;
3. Le nettoyage du côté du poil;
4. Le gonflement des peaux nettoyées.

B. Le *tannage du cuiret* s'effectue par la mise dans des fosses, ou par tannage à la jusée, ou d'après le procédé dit tannage rapide.

C. Le *corroyage des peaux tannées* comprend tous les travaux complémentaires ayant pour objet de communiquer au cuir une texture plus compacte,

un grain plus beau, un plus joli aspect du côté de la chair, une uniformité plus grande dans l'épaisseur, une plus grande souplesse, etc.

A. Nettoyage de la peau. 1° Le *ramollissement* ou *dessaignage de la peau* n'a pas seulement pour but de ramollir uniformément la peau et d'en faire disparaître les plis ou la roideur, de manière à ce qu'on puisse la courber en tous sens, sans qu'il s'y produise des crevasses, il a aussi pour objet d'éliminer les particules de sang ou de chair qui adhèrent du côté de la chair. Pour les peaux fraîches un séjour de un ou deux jours dans l'eau courante, ou, si l'on n'a pas celle-ci à sa disposition, dans une cuve, est suffisant pour enlever le sang et les saletés; si l'on a affaire à des peaux desséchées et notamment à des peaux salées et fumées, on les fait séjourner dans l'eau pendant 8 ou 10 jours, en ayant soin de les fixer de manière à ce que le courant soit dans un sens opposé à celui du poil, afin que l'eau puisse agir aussi énergiquement que possible sur la surface de la peau; les peaux sont retirées de l'eau et remises dans le liquide deux fois par jour.

2° *Nettoyage du côté de la chair.* — Lorsque la peau est suffisamment ramollie, on procède au *nettoyage du côté de la chair* à l'aide du *couteau rond*. Dans ce but, on place la peau le côté du poil tourné en bas sur le *chevalet de rivière*, qui est une pièce de bois demi-cylindrique, dont l'extrémité postérieure repose sur la terre et dont l'extrémité antérieures s'appuie sur un pied de bois disposé en croix. Le *couteau rond* est une lame de fer un peu courbée du côté du dos, dont le tranchant est émoussé et qui est munie de deux poignées de bois. L'ouvrier se place devant le chevalet et tenant des deux mains par les poignées le couteau rond il le pousse de haut en bas en l'appuyant sur la peau; cette manœuvre a pour effet d'une part d'exprimer l'eau, d'autre part de détirer uniformément la peau et d'éliminer les parties de chair et de graisse, et le tissu cellulaire sous-cutané adhérent au côté de la chair, ainsi que les petits vaisseaux et les nerfs qui se trouvent dans l'épaisseur du tissu cutané.

Après le premier râclage on remet les peaux dans l'eau pendant 24 heures, on les râcle encore le jour suivant, on les met de nouveau à l'eau pendant quelques heures et on les lave, après cela on les bat sur le chevalet et on les laisse égoutter. Elles sont alors prêtes à subir l'opération du débouillage. Pour favoriser le ramollissement et le nettoyage du côté de la chair, qui est d'autant plus facile que le ramollissement est plus parfait, les peaux, au lieu d'être simplement superposées, lavées et égouttées, sont quelquefois foulées dans de l'eau fraîche, ce que l'on effectue soit à l'aide d'un moulin à foulon ordinaire, soit au moyen d'un pilon de bois dans une cuve enfoncée en terre. A l'aide de cette méthode, on peut en 2 ou 3 jours nettoyer les peaux aussi bien que d'après le procédé ordinaire qui demande 8 ou 10 jours.

3° *Nettoyage du côté du poil.* — Le *nettoyage du côté du poil*, le *débouillage* ou l'*épilage* a pour but de séparer anatomiquement le derme de l'épiderme qui lui est superposé et des produits qui dépendent de ce dernier, des poils

notamment. Les poils sont fixés si solidement dans la peau nettoyée et ramollie (non dans le chorion, mais dans un enfoncement de l'épiderme descendant profondément dans le chorion), qu'ils ne peuvent être arrachés sans se briser; le rasage ne peut pas être employé, parce qu'alors les racines des poils restent, ce qui est nuisible à l'aspect d'un bon cuir. C'est pourquoi on a recours dans le tannage à différentes opérations préparatoires, qui comme le chaulage dans le pelanage et la fermentation dans le travail à l'échauffe ont pour but de désagréger l'épiderme; lors de l'enlèvement des poils des peaux chaulées ou sortant de l'échauffe, on n'élimine donc pour ainsi dire que l'épiderme, mais comme les poils sont fixés dans l'épiderme, ils sont aussi séparés; dans ce cas, les poils servent en quelque sorte de poignées.

Comme on l'a déjà dit, les peaux ramollies et nettoyées du côté de la chair sont préparées au débouillage de différentes manières : *a*, par le travail à l'échauffe; *b*, par le travail à la chaux ou pelanage; *c*, par l'emploi du *rusma* et des combinaisons de sulfure de calcium.

a. Pour les peaux épaisses, qui sont destinées à la fabrication du cuir pour semelles, le travail à l'échauffe est l'opération préparatoire qui précède le débouillage, parce que le pelanage rendrait le cuir dur et cassant, la chaux ne pouvant jamais, dans les cuirs épais, être complètement éliminée. Le travail à l'échauffe consiste à faire subir à la peau humide un commencement de putréfaction, que l'on doit limiter cependant à la désagrégation de l'épiderme et des sacs des poils, ainsi qu'à une décomposition partielle des matières étrangères encore adhérentes à la peau. Les peaux sont pliées suivant leur longueur en tournant en dedans le côté de la chair, qui a été frotté avec du sel marin ou humecté avec un peu de vinaigre de bois, et elles sont ensuite disposées par couches les unes sur les autres dans une caisse placée dans un lieu modérément chaud et qui peut être fermée à l'aide d'un couvercle. Au bout de peu de temps, on observe une élévation de température et une odeur ammoniacale, à laquelle succèdent très-promptement les phénomènes de la putréfaction. Dès que ceux-ci se manifestent, on débouille immédiatement sur le chevalet les peaux dont les poils peuvent être facilement enlevés. Dans les grandes tanneries on se sert à la place des caisses d'une grande chambre que l'on peut fermer hermétiquement et dont on peut maintenir d'une manière assez constante la température à 30 ou 50° en la chauffant directement au feu, ou bien au moyen d'un courant de vapeur d'eau ou enfin à l'eau chaude. Afin de détruire les influences nuisibles qui pourraient agir sur le chorion, on emploie fréquemment le procédé à l'échauffe froide; dans ce procédé on introduit les peaux dans des fosses en maçonnerie ou revêtues de ciment, au fond desquelles se trouve un canal en bois permettant l'écoulement de l'eau et la pénétration de l'air. La température de la fosse est maintenue à 6 ou 12°. Autour du toit circule de l'eau froide dans une conduite disposée en carré, en même temps une partie de cette eau s'écoule continuellement goutte à goutte dans la fosse dont l'atmosphère demeure saturée d'humidité. Au bout de 6 à 12 jours, le poil

peut quitter la peau, sans qu'il se soit manifesté une trace de putréfaction.

b. Pour les peaux légères qui ne sont pas destinées à la fabrication du cuir pour semelles on emploie ordinairement le *travail à la chaux* ou *pelanage*. Le traitement de la peau avec un lait de chaux n'est pas seulement une opération préparatoire au débouillage, la graisse contenue dans la peau est en même temps saponifiée et transformée en savon de chaux, qui, il est vrai, est insoluble dans l'eau, mais qui est cependant éliminé mécaniquement ou chimiquement par le traitement ultérieur. Les *fosses à chaux* dans lesquelles on effectue le pelanage sont des cuves enfoncées dans le sol, qui sont remplies de lait de chaux jusqu'au quart de leur hauteur. Les peaux sont disposées dans ces cuves de manière à ce qu'elles soient recouvertes par le liquide. En général, on emploie 3 ou 5 fosses à chaux dont l'une contient toujours une plus grande quantité de chaux que les autres. Le lait de chaux doit être brassé souvent et les peaux doivent en être retirées deux fois par jour pour y être ensuite plongées de nouveau. Les peaux doivent séjourner dans les fosses à chaux pendant 3 ou 4 semaines.

c. Les peaux très-minces des petits animaux ne supportent ni le travail à l'échauffe, ni le pelanage; c'est pourquoi on a coutume de les enduire avec du *rusma*, qui est un mélange de 1 partie d'orpiment (sulfure d'arsenic) et de 2 ou 3 parties de chaux éteinte. Le rusma ramollit les poils de telle sorte qu'au bout d'un temps très-court on peut les enlever avec un couteau rond. *Böttger* a montré que le *sulphydrate de calcium* peut parfaitement remplacer le rusma et qu'il mérite d'attirer l'attention pour le débouillage des peaux. La chaux qui a servi à la purification du gaz d'éclairage et qui contient beaucoup de sulphydrate de calcium avec un peu de cyanure de calcium, a été dans ces derniers temps fréquemment employée pour le débouillage même des peaux épaisses et cela avec les résultats les plus favorables, car le cuir ainsi traité paraît plus solide, plus tenace, plus élégant et il absorbe mieux le tannin. [Les sulfures alcalins purs, le *sulfure de sodium* notamment, sont également très-convenables pour préparer les peaux au débouillage; l'emploi de ces substances dans le tannage et la mégisserie a été indiqué pour la première fois, en 1858, par *F. Boudet* et *Domminge*, et tout récemment (1876), *G. Eitner*, de Vienne, a fait une série d'expériences desquelles il résulte que le sulfure de sodium dissous dans l'eau, puis appliqué sur les peaux épaisses comme sur les peaux minces, permet l'enlèvement facile des poils au bout d'un temps extrêmement court.]

Débouillage ou épilage. — Après que les peaux ont été suffisamment préparées au débouillage par l'un ou l'autre procédé, on les lave et on les place sur le chevalet en en superposant plusieurs, le côté du poil tourné en haut et l'extrémité extérieure de celui-ci dirigée vers la partie supérieure du chevalet, de manière à ce que l'ouvrier travaille avec le couteau rond mousse dans le sens opposé au poil et qu'il détache celui-ci; c'est à cette opération que l'on donne le nom de *débouillage* ou *d'épilage*. Si les poils adhèrent encore trop solidement, comme cela se rencontre fréquemment

avec des peaux épaisses et sèches, l'ouvrier répand du sable fin sur le poil; qui alors est mieux saisi par le couteau. Les racines des poils qui adhèrent encore solidement après l'épilage dans les peaux épaisses sont enlevées à l'aide d'un grand couteau ordinaire tranchant appelé *boutoir* ou *battoir*. Lorsque le débouillage est achevé, les peaux sont de nouveau trempées, puis battues sur un large chevalet, le côté du poil tourné en haut; elles sont ensuite travaillées du côté de la chair avec l'*écharnoir*, qui se compose d'une grande lame tranchante munie de poignées à ses deux extrémités: dans ce but, le couteau est appuyé à plat sur la peau et toute la chair qui adhère encore à la peau est ainsi enlevée avec le plus grand soin sans endommager la peau. — Par l'épilage et l'écharnage, une peau sèche perd en moyenne de 10 à 12 pour 100 de son poids.

4^o *Gonflement des peaux épilées et écharnées* (travail à l'orge). — Soit pour éliminer la chaux introduite dans la peau par le pelanage et qui s'y trouve sous forme de carbonate, de savon de chaux ou d'albuminate de calcium, soit aussi pour gonfler par voie endosmotique ou dialytique les fibres proprement dites de la peau et les rendre propres à être pénétrées par le liquide tannifère, on a coutume, lorsque les opérations du nettoyage sont achevées, de traiter les peaux par le *confit*, que l'on prépare en soumettant à la fermentation acide de l'orge égrugée ou du son de froment, et dont les éléments actifs consistent essentiellement pour le son de froment, d'après A. Freundt, de Lemberg (1871), en acide lactique, avec de petites quantités d'acide formique, d'acide acétique, d'acide butyrique et d'acide caproïque. Il ne se formerait pas d'acide propionique. Si l'on traite avec ce liquide la peau nettoyée, qui maintenant porte le nom de *cuiret*, les acides dissolvent la chaux en décomposant le savon, et les acides gras mis en liberté se réunissent à la surface du liquide; les sels de chaux solubles dans l'eau sont complètement éliminés par le lavage ultérieur. Pendant le gonflement, l'épaisseur de la peau augmente du double, parce que d'une part le liquide pénètre dans la peau et la désagrège, et que d'autre part, il se produit dans les pores de la peau du gaz provenant soit de la décomposition du carbonate de calcium, par les acides de la fermentation, soit de la fermentation butyrique ou d'une autre fermentation qui se continue dans la peau; en même temps, celle-ci devient transparente et jaunâtre. Les peaux qui ont été préparées non à la chaux, mais à l'échauffe, n'ont pas besoin pour gonfler d'être plongées dans le confit, elles acquièrent un gonflement suffisant au contact de l'eau simple, bien que le gonflement acide mérite d'être préféré dans toutes les circonstances, parce qu'il est plus rapide et plus uniforme.

Afin d'empêcher les peaux destinées à la fabrication du cuir à semelles de se gonfler trop, on ajoute immédiatement au confit un peu de tan ou de jusée, ou bien on les fait gonfler seulement dans du *jus de tannée aigre*, qui contient, comme on peut en juger à l'odeur et au goût, de grandes quantités des acides lactique et butyrique. Le cuiret est placé d'abord dans de la jusée étendue avec de l'eau, puis dans de la jusée concentrée. Au bout de 12 à 14 jours, le gonflement est devenu suffisant. A la place du confit, dans

lequel des acides organiques (lactique, butyrique, etc.) sont les éléments actifs, *Macbride* et *Seguin* ont proposé d'employer pour le gonflement de l'acide sulfurique étendu (1 : 1500); mais l'expérience a appris que s'il est possible à l'aide de ce procédé de hâter le gonflement de la peau, ce n'est qu'aux dépens de la qualité du cuir. Les excréments des chiens, des pigeons, etc. riches en phosphates et en acide urique sont aussi employés pour produire le gonflement, et dans ce but on les ramollit dans l'eau et l'on y place le cuiret.

B. Tannage du cuiret gonflé. — Le derme proprement dit, après avoir subi le nettoyage, le pelanage ou le travail à l'échauffe et le gonflement, est maintenant suffisamment dénudé et désagrégé pour qu'il puisse être bien pénétré par la solution de tannin, et que la saturation des fibres du chorion par le tannin ait lieu aussi complètement que possible. On admet dans la pratique qu'une peau sèche augmente lors de sa transformation en cuir d'environ un tiers de son poids, d'où il résulte qu'elle absorbe une quantité de tannin égale à ce poids.

La saturation des fibres cutanées avec le tannin peut être produite de deux manières différentes :

1° En disposant les peaux par couches séparées les unes des autres par du tan, ce que l'on nomme la *mise en fosses*, ou bien

2° En les plongeant d'abord dans de l'extrait de tan étendu, et ensuite dans de l'extrait concentré (*tannage à la jusée*).

Tannage en fosses. — La *mise en fosses* n'est plus guère maintenant employée que pour les peaux destinées à la fabrication du cuir à semelles. Les *fosses à tan* dont on se sert dans ce but sont des caisses de chêne ou de sapin imperméables et enfoncées dans le sol, à la place desquelles on emploie quelquefois des cuves rondes. Fréquemment on se sert aussi de fosses en maçonnerie revêtues de ciment de Portland, dont l'emploi, notamment dans les commencements, exige de grandes précautions, parce que la chaux du mortier exerce sur l'acide tannique du tan une action décomposante. Quelquefois (comme dans quelques parties du Wurtemberg), les fosses sont aussi construites avec des plaques de schiste liasique ou de grès. Une fosse renferme de 50 à 60 peaux. Sur le fond de la fosse on dépose une couche de tan épuisé (tannée), épaisse de quelques centimètres, on met par-dessus une couche de 3 centimètres de tan frais, sur laquelle on étend la peau, le côté du poil tourné en bas, on répand sur celle-ci une nouvelle couche de tan épaisse de 3 centimètres, puis on met une seconde peau et l'on continue ainsi jusqu'à ce que la fosse soit pleine. Sur les parties les plus épaisses de la peau on met les couches de tan les plus épaisses, on remplit tous les angles restés vides avec du vieux tan, on couvre le tout d'abord avec une couche de ce même tan haute de 50 à 55 centimètres (on donne à cette couche le nom de *chapeau*) et ensuite avec un couvercle fermant bien, mais après avoir fait arriver une quantité d'eau suffisante pour que ce liquide s'élève un peu au-dessus de la peau la plus haute. La fosse étant ainsi disposée, on l'abandonne à elle-même. Si à la place d'une partie du tan on veut

employer de la poudre de gallons, on en prend une quantité à peu près égale à la moitié du tan.

Les peaux restent dans cette *première fosse* environ 8 ou 10 semaines ; lorsqu'on met avec le tan de la poudre de gallons, l'absorption du tannin est plus rapide. Avant que le tannin du liquide soit absorbé et qu'il se soit formé dans celui-ci de trop grandes quantités d'acides volatils et odorants, les peaux doivent être retirées et disposées par couches dans une seconde caisse (la *deuxième fosse*) avec du tan frais, de manière que celles qui se trouvaient en dessus se trouvent maintenant en dessous. Les peaux restent 3 ou 4 mois dans cette deuxième fosse, où elles doivent être tannées jusqu'au cœur, c'est-à-dire pénétrées par le tannin jusque dans leur partie la plus interne. Les peaux sont ensuite mises pendant 4 ou 5 mois dans une *troisième fosse* semblable aux premières, mais contenant des quantités de tan plus petites, et pour les peaux très-épaisses (notamment pour les peaux de bêtes fauves), on doit quelquefois faire une quatrième et une cinquième fosse, de telle sorte qu'elles sont traitées dans la fosse à tan pendant deux années et même plus. La quantité de tan qui est nécessaire pour le tannage complet de la peau dépend de sa qualité ; d'après ce que l'expérience a appris aux tanneurs, la proportion du tan employé s'élève à quatre ou six fois le poids de la peau sèche ; le poids de la peau étant de 20 kilogrammes, cette quantité de tan se répartit de la manière suivante :

1 ^{re} fosse.	40 kilogr.
2 ^e	55 —
3 ^e	30 —
	105 kilogr.

La peau tannée pèse après la dessiccation environ 25 kilogrammes¹. On reconnaît que la peau est tannée à ce que, lorsqu'on la coupe avec un couteau bien affilé, la section ainsi obtenue offre une surface uniforme dépourvue de bandes molles ou cornées ; lorsqu'on la plie lentement, le grain ne doit pas se fendre. Le cuir ne doit pas être *crevassé*.

Tannage à la jusée. — Le tannage à la jusée est le plus souvent employé pour les peaux minces. Les méthodes indiquées et usitées dans ce but sont très-différentes, cependant elles s'accordent toutes sur les points suivants : le gonflement des peaux doit être uniforme, afin que la solution de tannin puisse les pénétrer facilement ; on commence avec des solutions très-étendues, afin qu'il ne se produise pas de tannage superficiel qui empêcherait l'action ultérieure des liquides tannants sur les parties internes de la peau ; les peaux sont brassées souvent afin que de la jusée fraîche se trouve toujours en contact avec elles ; enfin, on favorise la pénétration d'un nouveau liquide en retirant les peaux du liquide déjà partiellement épuisé, en les laissant égoutter et en les pressant ou les foulant, et de cette façon on

¹ En général les tanneurs bavarois emploient par 50 kilogr. de cuir à semelles 250 kilogr. d'écorce de chêne, 180 kilogr. pour le cuir à œuvre, 170 kilogr. pour le veau ; 50 kilogr. d'écorce de chêne coûtent de 6 à 10 francs.

gagne beaucoup de temps, si l'on compare cette manière d'opérer avec la pénétration de la peau par le tan, qui se produit uniquement par voie endosmotique. La jusée est préparée à froid par extraction des matières tannantes avec de l'eau. Les peaux légères ont besoin de rester 7 à 8 semaines dans la jusée, les peaux épaisses 11 à 13 semaines.

Tannage rapide. — Les procédés les plus importants qui ont été proposés pour abrégier le temps nécessaire pour le tannage peuvent être classés de la manière suivante : 1° *La peau est simplement placée dans la jusée* ; ce procédé a été imaginé par *Macbride*, qui pour cette raison doit être considéré comme l'inventeur du tannage rapide. *Seguin* (1792) a perfectionné le procédé primitif. *Jones* part de cette idée, que par la pression qu'exercent les unes sur les autres les peaux superposées dans la cuve ou dans la fosse le liquide tannant est exprimé sur les côtés et ne peut pas par suite agir sur la surface totale de la peau, et il sépare les peaux par des couches d'un tissu de laine (flanelle) et les couches de tissu par des couches d'une matière imperméable. 2° *On fait circuler le liquide tannant*, d'après le procédé de *Ogereau* et *Sterlingue*, ainsi que d'après la méthode de *Turnbull*, dans laquelle un certain nombre de cuves communiquent au moyen d'un système de tubes, et une pompe aspirante et foulante adaptée aux tubes entretient dans les cuves une circulation continue du liquide tannant. 3° *Turnbull* veut abrégier le tannage en augmentant la pénétration par *endosmose* du liquide tannant dans la peau. Dans ce but, il coud les peaux ensemble de manière à faire des sacs, il remplit ceux-ci avec du tan et de l'eau et il les lie ; il les immerge ensuite dans une solution de cachou, dont le poids spécifique a été augmenté par une addition de mélasse, afin, comme le pense l'inventeur, de produire un mouvement d'échange énergique entre le liquide des sacs et le liquide extérieur. La diffusion des liquides ou *dialyse*, nom par lequel *Graham* (1861) désigne la séparation de corps cristallins d'avec des corps amorphes par une paroi colloïdale et dont l'étude est peut-être propre à donner l'explication des phénomènes physiques du tannage, n'était pas encore connue, même dans l'idée de *Turnbull*, lorsque celui-ci proposa sa méthode. 4° *Le mouvement des peaux plongées dans le liquide tannant* est fréquemment employé pour favoriser le tannage, ainsi par exemple par *Brown*, qui introduit les peaux dans un cylindre ouvert, disposé comme le tambour à claire-voie employé pour le lavage des betteraves, et qu'il met en mouvement au-dessous du niveau de la jusée. Le tambour proposé dans le même but par *Squire* ne plonge que jusqu'à l'axe dans le liquide tannant et il est muni de compartiments ; à chaque mouvement de rotation de l'appareil, les peaux sont par conséquent sorties du liquide et immédiatement après replongées dans celui-ci. Dans le procédé de *C. Knoderer*, on introduit les peaux avec de la jusée et avec du tan non épuisé dans des tonneaux que l'on ferme et que l'on fait tourner pendant un certain temps. 5° On soumet quelquefois les peaux à une *pression mécanique* ; ainsi *Jones* les retire de temps en temps du liquide tannant, les étend sur une planche percée de trous et les fait ensuite passer sous un rouleau. *Nossiter* enlève chaque

semaine aux peaux à l'aide d'une presse énergique le liquide tannant épuisé. D'après la méthode indiquée par *Cox* et *Herapath*, on fait passer les peaux de temps en temps entre les cylindres d'un laminoir. 6° La *pression hydrostatique* a été dans ces derniers temps fréquemment employée pour favoriser la pénétration de la jusée dans les peaux. *W. Drake* fait un sac avec deux peaux en tournant le côté de la fleur en dedans, il remplit le sac avec de la jusée et il le place entre deux grilles de bois, dont les barreaux servent à soutenir la peau. *Chaplin* place simplement les sacs faits avec les peaux et remplis de jusée sur une rigole par laquelle s'écoule le liquide qui filtre à travers leur paroi et il les tourne seulement de temps en temps, afin d'obtenir une pression uniforme partout. D'après *Sautelet*, on fixe les peaux deux par deux au moyen de cercles et de vis entre trois châssis, de manière qu'elles forment les grandes parois latérales opposées d'une capacité en forme de boîte, dont les deux côtés étroits, ainsi que le fond et le couvercle sont constitués par le châssis moyen. Au moyen d'un tube fixé dans le couvercle de la boîte, on fait arriver la jusée contenue dans un réservoir placé plus haut, et sous l'influence de la pression hydrostatique, le liquide est poussé à travers les peaux. 7° *Snyder* cherche à faire pénétrer le tannin dans l'intérieur de la peau par *perforation* de celle-ci, et dans ce but, il perce avant le tannage, à l'aide d'une machine munie de pointes fines, un côté de la peau, le côté de la chair ou le côté du poil, et de cette façon il fait en quelque sorte des pores artificiels. Les expériences de *Knapp* ont appris combien est irrationnel le procédé de *Snyder*; la peau est en effet si perméable et si avide de substances tannantes qu'un morceau de peau de veau placé dans une solution éthérée de tannin à consistance sirupeuse est complètement tanné en une heure tout au plus. 8° *Knowly* et *Knesbury* se sont servi les premiers du vide pour favoriser la pénétration de la jusée dans la peau; dans ce but, les peaux sont introduites dans un vase que l'on peut fermer et dans lequel on fait arriver le liquide tannant après avoir enlevé l'air à l'aide d'une pompe pneumatique. Dans ces derniers temps, *Knoderer* s'est de nouveau basé sur le même principe pour la création d'un procédé de tannage rapide. D'après la méthode qu'il a décrite, on combine les trois moyens suivants : le vide, qui dilate les cellules de la peau et empêche en même temps la décomposition du tannin par l'air atmosphérique; le mouvement qui accélère l'épuisement du tan et donne lieu à un foulage continu des peaux, et enfin la chaleur, conséquence inévitable du mouvement, qui favorise beaucoup la formation du cuir, ce qui produit une économie de temps considérable.

[Des procédés de tannage rapide qui viennent d'être indiqués, on peut rapprocher, bien qu'elle ne repose pas sur l'emploi de substances tannifères, la méthode proposée il y a quelques années par *Fr. Knapp* et qui paraît devoir donner de bons résultats. *Knapp* emploie pour le tannage un *sulfate de peroxyde de fer basique* obtenu en traitant par l'acide azotique une solution de sulfate de protoxyde de fer par un excès d'acide azotique et ajoutant, lorsque l'effervescence a cessé, du sulfate de protoxyde de fer, jusqu'à ce qu'il ne se

produise plus de dégagement gazeux ; la solution est ensuite évaporée et le résidu est dissous à l'ébullition dans une quantité d'eau suffisante pour donner une liqueur marquant 30 ou 40°. Lorsque celle-ci est froide, on y suspend les peaux ; suivant l'épaisseur de celles-ci, le tannage est terminé en deux ou quatre jours au plus. Les peaux préalablement séchées sont ensuite imprégnées avec une dissolution de stéarine ou de paraffine, puis avec un savon de fer préparé en mélangeant une solution de savon avec une dissolution du sulfate de peroxyde de fer basique.]

C. Corroyage des peaux tannées. — Après le tannage dans la fosse ou dans la jusée, les peaux transformées en cuir sont encore soumises, pour devenir un objet de commerce, à l'opération du *corroyage*, qui est exécutée en Allemagne par le tanneur lui-même, et en France par le *corroyeur*. Les différentes opérations du corroyage et l'ordre suivant lequel elles sont effectuées ne sont pas les mêmes pour tous les cuirs, elles dépendent de l'espèce et de la destination de ceux-ci. Le corroyage du *cuir pour semelles* est le plus simple ; comme ce cuir, lorsqu'il est travaillé par le cordonnier, perd sa surface naturelle et qu'en outre la malléabilité n'offre ici aucune importance, tous les travaux qui se rapportent à ces deux points deviennent inutiles. Ce qu'il importe surtout pour le cuir à semelles, c'est qu'il possède la texture compacte et grenue, qui lui aide à résister contre l'usure par frottement. Au sortir des fosses ou des cuves, le cuir à semelles n'a pas encore la compacité nécessaire pour ne pas se relâcher à l'usage et perdre ses dimensions.

Cuir à semelles. — Le *corroyage du cuir à semelles* a par conséquent pour objet principal de donner à cette espèce de cuir par des moyens mécaniques, par le *martelage* notamment, la compacité qu'il doit avoir pour pouvoir être employé à la confection des semelles. Dès que les peaux ont été retirées de la fosse, on fait tomber la tan qui y adhère et on les fait sécher dans un lieu ombragé. Lorsqu'elles sont presque sèches, on les étend sur une pierre plane et lisse et on les frappe avec un marteau de bois ou de fer. Dans les grandes tanneries, on emploie pour le martelage des peaux de grands marteaux à bascule mûs par l'eau ou la vapeur. Depuis environ 25 ans, on se sert aussi beaucoup des *machines à battre le cuir*.

Cuir à œuvre. — Le *corroyage du cuir à œuvre* (principalement du cuir pour la cordonnerie et la sellerie) est beaucoup plus compliqué que celui du cuir à semelles et il diffère suivant l'usage auquel il est destiné.

Dollage. La première opération mécanique à laquelle ce cuir est généralement soumis est le *dollage* ou *drayage* ; cette opération a pour but d'éliminer les fibres, les nœuds et les croûtes inutiles qui rendent la surface du cuir rugueuse, elle a aussi pour objet de donner à la peau tannée non-seulement une épaisseur uniforme mais encore la souplesse nécessaire pour les différents usages auxquels elle est employée. Le drayage est exécuté à l'aide d'un couteau à deux tranchants bien affilés, le *drayoire* ou *couteau à revers*, avec lequel on travaille la peau placée le côté du poil tourné en bas sur un chevalet, qui a la même forme que le chevalet de rivière. Pour le corroyage

des cuirs de chèvre, de mouton et d'agneau destinés à la confection des gants, des portefeuilles, etc., la peau à drayer est étendue sur une plaque de marbre poli et toutes les portions rugueuses et saillantes sont éliminées à l'aide du drayoïre posé à plat et que l'on conduit sur la peau en décrivant une ligne un peu arquée.

Quiossage. Le *quiossage* a le même but que le drayage et on l'emploie principalement lorsque des couches épaisses de cuir doivent être enlevées comme cela arrive pour les peaux de veaux destinées à la cordonnerie. La peau tannée est après la dessiccation attachée à un châssis, la *herse*, de manière qu'elle ne soit serrée que par un bout, tandis que l'autre bout, saisi à l'aide d'une pince par l'ouvrier, est tendu par celui-ci. La partie tendue est quiossée ou planée avec la *quiosse*, qui est un disque de fer aciéré, un peu concave et bien affilé; ce disque a environ 18 à 30 centimètres de diamètre et il est muni dans son milieu d'un trou dont la circonférence est garnie de cuir; l'ouvrier passe sa main dans ce trou et avec le tranchant convexe il enlève du cuir du côté de la chair. Afin de mieux marquer les endroits qui doivent être enlevés et afin que le tranchant de la quiosse attaque mieux le cuir, on couvre de craie le côté de la chair avant de procéder au quiossage.

Rebroussage. Par suite de la dessiccation du cuir, les fibres de la peau se collent un peu les unes aux autres et la fleur devient plate, lisse et inégale. Pour relever la fleur du cuir et pour donner à celui-ci un aspect uniforme et agréable, on pratique l'opération du *rebroussage*. L'outil employé dans ce but, la *paumelle* ou *marguerite*, est un morceau de bois dur, long d'environ 30 centimètres et large de 10 à 12 centimètres; sa face supérieure est plane, sa face inférieure est convexe longitudinalement, de telle sorte que la partie la plus épaisse se trouve en son milieu. La face inférieure est munie de cannelures transversales et parallèles dont les parties saillantes sont affilées de temps en temps avec une lime. Une bride de cuir sous laquelle l'ouvrier passe sa main est fixée à la partie supérieure de la *marguerite*. Le cuir à rebrousser est placé sur une table et fixé sur le bord de celle-ci avec des crochets en fer; la portion de la peau qui doit être rebroussée est pliée, la *marguerite* est posée sur le pli et promenée à droite et à gauche avec le cuir sur lequel elle repose; le pli se déplace de la même manière, et cette manœuvre fait ressortir uniformément la fleur naturelle de la peau. Le rebroussage se produit dans ce cas exactement comme lorsqu'on applique un angle d'un morceau de cuir sec sur le côté de la fleur tourné en haut, que l'on place la main ouverte sur le pli et qu'avec la main on fait rouler le pli à droite et à gauche, ce qui relève la fleur et la fait apparaître dans son aspect naturel.

Ponçage. — Les espèces de cuir, comme celles que l'on emploie pour le cardage et le calandrage, n'ont pas besoin d'avoir de fleur, elles doivent au contraire être lisses; c'est pourquoi elles sont mouillées après le drayage, puis lissées avec un couteau et ensuite polies des deux côtés à plu-

sieurs reprises avec de la pierre ponce. On désigne cette opération sous le nom de *ponçage*.

Les cuirs, qui après le rebroussage doivent recevoir encore plus de brillant, sont soumis à un autre traitement, comme cela a généralement lieu pour les cuirs teints; dans ce but, le cuir placé sur une table le côté de la fleur tourné en haut est frotté avec une paumelle garnie de liège absolument comme avec la marguerite mentionnée plus haut. La paumelle employée dans ce cas a beaucoup d'analogie avec l'instrument dont on se sert pour le rebroussage, seulement la première, au lieu d'être munie de cannelures à sa face inférieure, est recouverte d'une plaque de liège, dont la surface extérieure est parfaitement polie. Le *liège* ne donne pas seulement du brillant à la fleur, il communique aussi au côté de la chair un aspect velouté. Lorsqu'un poli encore plus grand est nécessaire, comme pour le cuir jaune destiné aux ouvrages de sellerie, le cuir, après avoir été rebroussé et tiré au liège, est placé sur une table et le grain est abattu avec le *poinçon*. Le poinçon est une plaque de fer quadrangulaire dont la surface inférieure est munie de cannelures longitudinales et qui inférieurement porte une poignée en bois. Après le travail au poinçon, le cuir est encore soumis du côté de la fleur à l'action d'un autre instrument, qui consiste en un cylindre de verre long de 30 centimètres et de 10 centimètres de diamètre (autrefois on employait à la place du cylindre une boule de verre vert munie d'une poignée), avec lequel le cuir est lissé sur un chevalet analogue à ceux dont il a été question précédemment. Afin de rendre le grain du cuir de sellerie semblable à celui de la peau de porc, qui est moins souvent tannée, on lui fait subir une certaine compression. On donne le *grain artificiel* à l'aide de cylindres dont la surface est munie d'aspérités mousses qui impriment dans le cuir des petites cavités.

Étirage. — Pour étendre uniformément le cuir et pour faire disparaître les plis et les autres inégalités qui se sont formés lors de la dessiccation, on le mouille et on l'*étire* sur une table. L'étirage s'effectue à l'aide d'une lame mousse (l'*étire*) qui est munie d'un manche de bois et que l'on pose perpendiculairement sur le cuir placé sur la table. L'étire est en fer ou en laiton ou bien (pour le cuir mince) en corne, et elle est munie pour le cuir fort de dents mousses.

Graissage. — Pour le cuir à œuvre, dont la qualité principale est une certaine souplesse, le *graissage* est la *dernière opération du corroyage*; pour graisser le cuir, on employait autrefois de l'huile de poisson ou un mélange d'huile de poisson et de suif, mais maintenant on se sert de ce que l'on désigne sous le nom de *dégras*; le dégras est de l'huile de poisson altérée qui a servi dans les chamoiseries et qui a été enlevée aux peaux tannées au moyen d'une solution de carbonate de potassium. Un dégras de bonne qualité préparé à Cologne offrait la composition suivante :

Substance grasse.	64,58
Potasse et sels.	18,75
Eau.	16,67
	100,00

Le graissage de la peau doit être effectué lorsque celle-ci est humide, et l'opération est ordinairement pratiquée sur les peaux complètement tannées. Lorsque les peaux graissées sont exposées à l'air et dans un milieu chauffé, elles s'emparent de la graisse et la présence de celle-ci devient tout à fait inappréciable à l'œil. Le cuir à œuvre graissé a par conséquent subi un double tannage et il est en même temps tanné et chamoisé, c'est pourquoi il n'est pas rigoureusement exact de considérer le graissage des peaux tannées uniquement comme un simple apprêt, c'est plutôt un deuxième tannage véritable.

Pour le cuir destiné à la confection des *souliers* et des *bottes*, on a coutume de teindre en noir le côté de la chair; dans ce but, on frotte celui-ci avec du tan frais humide et une solution d'acétate de fer à laquelle on a ajouté un peu de sulfate de cuivre, on étend à l'aide d'une éponge ou d'une brosse, ensuite on étire, on rebrousse, on graisse, on tire au liège et l'on frotte encore avec une pâte composée d'huile de poisson, de suif, de noir de fumée, de cire jaune, de savon et de sulfate de fer. Ce noir remplit les pores et protège contre l'action nuisible du cirage, qui en général est mélangé avec un acide; il donne aussi lorsqu'on fait reluire le cirage une couleur plus belle que le veau noirci du côté de la fleur. Enfin on recouvre encore le cuir avec un mélange de suif et de gélatine, on lisse avec un morceau de verre convexe et l'on donne une deuxième couche mince de solution de gélatine. Pour rendre le cuir souple, on se sert fréquemment avec avantage d'une huile qui se compose d'un mélange d'éther oléique et d'huile de poisson.

Cuir de Russie. — Sous le nom de *cuir de Russie* ou de *roussi*, on désigne un cuir généralement coloré en rouge ou en noir qui se distingue par sa solidité, son imperméabilité, ainsi que par son odeur particulière, et qui, jusqu'à présent, est fabriqué presque exclusivement en Russie, d'où on le tire en grande quantité. (Le nom de *Justen* que l'on donne en Allemagne au cuir de Russie est tiré du mot russe *justi*, qui signifie paire, et cette désignation paraît provenir de ce que lors du tannage les peaux sont cousues ensemble par paires.)

Pour la préparation du *cuir de Russie*, on prend ordinairement des peaux de bœufs de deux ou trois ans, cependant on se sert aussi de peaux de chevaux, de veaux et de chèvres. Cette fabrication comprend les opérations suivantes : 1° Le nettoyage des peaux est pratiqué comme à l'ordinaire et l'épilage se fait à la chaux. 2° On effectue le gonflement soit avec de l'eau d'orge aigre, avec la jusée épuisée et aigrie, soit avec une bouillie claire composée d'excréments de chien broyés avec de l'eau. 3° Le tannage du cuir de Russie ne se fait pas avec de l'écorce de chêne, mais avec l'écorce de plusieurs espèces de saules, avec de l'écorce de bouleau et de pin, ou avec ces trois sortes d'écorces. On commence par faire séjourner pendant quelques jours les peaux nettoyées et gonflées dans de la jusée épuisée, après quoi on les dispose par couches dans des fosses avec de l'eau et la matière tannante divisée, ou bien encore on les place dans un extrait des écorces préparé à chaud. La durée du tannage est de 5 ou 6 semaines.

4° Les peaux tannées sont battues, raclées sur le chevalet et modérément séchées, après quoi elles sont imbibées d'huile de bouleau. En Russie, on obtient cette huile en fabriquant du goudron avec l'écorce du bouleau blanc (d'après quelques indications, avec la couche subéreuse enlevée au printemps et à laquelle on ajoute généralement des branches avec leurs bourgeons); elle contient les produits ordinaires de la distillation sèche du bois — créosote, phénol (phénol de bouleau, d'après *Longuinine*) et paraffine. Les peaux étendues sur une table le côté de la chair en haut sont frottées avec cette huile à l'aide d'un chiffon, jusqu'à ce qu'elles soient complètement imprégnées par le liquide; elles sont ensuite détirées, jusqu'à ce qu'elles aient acquis de la souplesse. Cela fait, on enduit le côté de la fleur avec une solution d'alun; après la dessiccation, on fait passer sur les peaux un cylindre cannelé afin de produire un grain à la surface et on les teint. Dans ce but, on en place deux l'une sur l'autre, le côté de la fleur en dedans, et on les coud ensemble de manière à en faire un sac, dans lequel on verse le liquide colorant. Comme couleur rouge, on se sert d'une décoction de santal rouge et de bois de Brésil dans l'eau de chaux, à laquelle on a ajouté un peu de carbonate de potassium ou de sodium. D'après de nouvelles indications, on ne verserait plus maintenant le liquide colorant dans les peaux cousues, mais on en enduirait les peaux 5 ou 6 fois à l'aide d'une brosse. Les peaux encore un peu humides sont placées les unes sur les autres, afin qu'elles se tendent uniformément, après quoi elles sont drayées, quioissées, rebroussées et tirées au liège, puis imbibées de nouveau du côté de la fleur avec de l'huile de poisson et de l'huile de bouleau et enfin frottées avec une flanelle. Comme on le sait, on emploie le cuir de Russie pour relier les livres des bibliothèques publiques, parce que les substances odorantes de l'huile de bouleau, avec laquelle le cuir de Russie est humecté, chasse les insectes et les vers; on s'en sert aussi pour confectionner des boîtes, des ouvrages de gainerie, des ceintures, des portefeuilles, etc.

Le meilleur cuir de Russie et le seul qui soit convenable pour la confection des articles fins est celui de *Savin*, de Saint-Petersbourg. On distingue le cuir *malia*, le cuir drayé, le cuir uni et le cuir *werhock*. Ce sont les sortes qui sont employées par les fabricants d'articles de luxe. Le cuir *malia* est vendu au poids; il est quadrillé en parallélogrammes et employé à Vienne, généralement après avoir été aplani, pour la confection des objets les moins fins. Le cuir drayé, qui de même que le cuir *malia* est vendu au poids, est ordinairement quadrillé en carrés; comme il est devenu plus léger par suite de l'enlèvement par le drayage des parties épaisses inutiles, il est assez bon marché et on l'emploie pour des articles fins après l'avoir aplani ou à l'état naturel. Le cuir uni préparé en Russie est rendu encore plus uni et plus brillant par les fabricants de Vienne, qui dans ce but le passent dans un laminoir après l'avoir mouillé; il fournit une sorte très-fine, qui dans ces derniers temps est devenue très à la mode pour les articles mous. Il est aussi vendu au poids, c'est la moins chère des trois sortes, et comme les autres il est livré au commerce avec des grandeurs et des épais-

seurs différentes. Le nom de cuir *werhock* vient de ce que ce cuir est vendu par *werhocks*, mesure de surface russe; une peau a 25 à 45 *werhocks*. Il est rarement aplani et généralement employé à l'état naturel pour coffrets, sacs et autres objets. Le cuir *werhock* a un grain lozangique très-beau et d'une grande pureté.

Maroquin. — Sous le nom de *maroquin* (*saffian*, cuir de Turquie), on désigne un cuir teint (non verni) très-fin et très-mou, qui est préparé avec des peaux de boucs ou de chèvres. On distingue les maroquins *véritables* préparés avec des peaux de chèvres, les maroquins *faux* obtenus avec des peaux de moutons, les moutons dédoublés et les veaux minces employés dans la reliure, pour la confection des portefeuilles, etc.

La fabrication du maroquin passe pour une découverte arabe, et dans le nord de l'Afrique, principalement au Maroc, en Turquie et en Perse, on prépare encore maintenant des quantités considérables de ce cuir, que l'on importa en Europe jusqu'au milieu du siècle dernier, époque vers laquelle la fabrication du maroquin fut introduite pour la première fois en Europe. La préparation du beau maroquin exige que les opérations préliminaires soient effectuées avec beaucoup de soin. Les peaux sont dépilées à la chaux caustique, elles doivent être dépouillées de toute la chaux et gonflées avec les plus grandes précautions. Pour le tannage, on ne choisit que les matières tannantes, qui, comme le sumac, ont des principes peu colorants. Cette opération se pratique de différentes manières. D'après la méthode usitée en Orient, les peaux nettoyées et gonflées sont cousues ensemble en forme de sacs, puis ceux-ci sont remplis avec un liquide qui se compose d'un mélange d'eau froide et de poudre de sumac. Le liquide tannant pénètre si rapidement les peaux, que dans l'espace de trois jours le tannage de celles-ci est achevé. La même méthode de tannage est aussi employée dans diverses localités de l'Allemagne, plus rarement en France; mais on s'en sert généralement en Angleterre pour les maroquins, les moutons non dédoublés et les veaux. D'après un autre procédé, qui est usité dans quelques localités de l'Allemagne, mais qui est d'un emploi général en France, ainsi qu'en Angleterre pour les moutons dédoublés, on introduit les peaux nettoyées et gonflées dans des cuves contenant un mélange d'eau et de sumac, et dans lesquelles elles sont soumises à un mouvement continu; ce procédé exige environ huit jours pour la transformation complète de la peau en cuir. En Orient et dans les États nommés plus haut, le travail des peaux de chèvre et de mouton n'est pas poussé plus loin que le tannage et la dessiccation; dans ces pays elles ne sont que rarement teintées et corroyées. Sous le nom de *cuir en croûtes*, elles arrivent dans cet état à Vienne et à Leipzig pour être teintées, lustrées et apprêtées par des fabricants allemands.

Apprêtage du maroquin. — La première opération de l'apprêtage des cuirs destinés à la fabrication du maroquin est la *teinture*, après quoi ils reçoivent le dernier *apprêt*. La *teinture* se pratique à l'*auge*, pour les maroquins véritables, ou à la *brosse*, pour les maroquins faux. La teinture des *maroquins véritables* se fait dans des auges étroites où l'on fait couler d'un grand réservoir

de la couleur, à environ 60°, seulement la quantité qui est nécessaire pour la teinture d'une peau. Les peaux tannées sont pliées suivant la longueur, le côté de la chair en dedans. L'ouvrier saisit une peau par le bord plié et il l'agite dans la matière colorante, jusqu'à ce que celle-ci soit presque absorbée. Cela fait, il ajoute une nouvelle quantité de couleur dans l'auge, et il procède de la même manière avec une deuxième peau, et ainsi de suite. Dès que les peaux ont passé dans le bain, on les étend et on les superpose par 2 ou 4 douzaines. On change ensuite la position des peaux, de manière que l'inférieure devienne supérieure, et l'on donne le deuxième bain, en commençant par celle-ci, puis le troisième. Après cela, les peaux sont ouvertes et étendues, puis lavées à l'eau pure et apprêtées. On teint les *maroquins faux* en les enduisant à l'aide d'une brosse avec la matière colorante. Dans ce but, les peaux sont complètement ramollies, bien étirées et frottées à plusieurs reprises avec le liquide colorant. Il est évident que l'effet produit par la couleur dépend en majeure partie de l'état de la fleur du maroquin, c'est pourquoi on donne le plus grand soin aux opérations de l'apprêtage qui suivent la teinture. Après la dessiccation, les peaux teintes sont frottées du côté de la fleur à l'aide d'un chiffon de laine avec un peu d'huile de lin, après quoi on les lustre et on les polit au moyen d'une machine à lisser, et enfin on donne les croisés du grain. Les peaux teintes en jaune ne sont pas lustrées, parce que le jaune tirerait sur le brun. Depuis quelques années, les *couleurs de goudron* jouent un grand rôle dans la teinture des cuirs.

Le *cuir de Cordoue* ou *corduan*, cuir coloré qui jouait autrefois un rôle beaucoup plus grand qu'aujourd'hui, ne diffère du maroquin que par sa force plus grande et parce qu'il conserve son grain naturel, tandis que pour le maroquin le grain est fait artificiellement. Il a coutume d'être teint en rouge, en jaune ou en noir.

Cuir verni. — L'art de fabriquer du *cuir verni* qui soit souple et flexible, solide et résistant, parfaitement sec, non collant, d'un beau noir et brillant, remonte à une époque encore toute récente, et c'est seulement depuis ce temps que s'est fait sentir le besoin toujours croissant de porter des chaussures vernies et de confectionner avec des peaux vernies des capotes et des garnitures de voitures, des visières de casquettes et de casques et un grand nombre d'objets.

Le cuir vernis que l'on rencontre dans le commerce est presque toujours noir. Pour l'obtenir on prépare avec beaucoup de soin un fond sur le cuir tanné (plus rarement chamoisé) *non graissé*, qui, après avoir été aplani et poli, est étendu sur un châssis de bois; on applique ensuite sur le fond une laque de couleur noire qui possède la propriété d'être épaisse et visqueuse à froid, mais fluide à chaud. Cette laque épaisse, appliquée sur les peaux, et ensuite placée dans un milieu chauffé à 50°, devient fluide et se répand uniformément sur la surface horizontale du cuir et se sèche. La fabrication des cuirs vernis *colorés* ne diffère de la méthode qui vient d'être décrite que parce qu'on n'emploie que des laques fluides et que la dessiccation de celles-ci s'effectue à une température moins élevée.

La préparation des cuirs vernis unis est d'une grande importance pour la sellerie et la carrosserie. La capote d'une voiture, qui dans beaucoup de cas doit être tantôt relevée, tantôt abaissée, exige pour sa confection une peau qui soit non-seulement grande, mince et sans trous, mais encore souple et molle et capable de se plier de différentes manières sans se couper. La peau de vache, à cause de sa minceur naturelle et de sa grande surface, offrait par conséquent la seule matière propre à la confection des capotes de voitures; elle était ramollie avec un corps gras, noircie et rebroussée. Seulement elle n'avait qu'une faible durée, car, lorsqu'elle était exposée au soleil, le corps gras qu'elle renfermait montait à sa surface et la salissait; sa couleur, primitivement noire, devenait bientôt rouge, et une voiture élégante perdait en peu de temps sa beauté. L'invention de l'art de vernir le cuir permit de livrer au carrossier, pour la confection des capotes, un cuir entièrement exempt des défauts que l'on vient de mentionner. Comme les peaux de vaches ne suffisaient pas pour satisfaire aux besoins croissants de la carrosserie, on eut l'heureuse idée de dédoubler les peaux de bœuf qui sont épaisses et grandes, et, de cette façon, on obtient deux sortes de cuirs, l'une pour confectionner les capotes, et l'autre pour garnir les sièges, les ailes de crotte des voitures, etc.

Pour terminer, nous mentionnerons encore le *cuir pour pianos*, qui d'après sa destination doit être mou et cependant très-élastique. Le mode de fabrication de ce cuir a été pendant longtemps tenu secret, mais on sait maintenant qu'il est tanné moitié à l'huile de poisson, moitié à l'écorce de sapin. Pour abattre le grain de la peau, on foule celle-ci dans l'huile de poisson, on la lave dans une lessive alcaline et l'on blanchit au soleil le côté de la fleur. On l'introduit aussitôt dans une décoction d'écorce de sapin refroidie à la chaleur de la main et dans laquelle on laisse le cuir jusqu'à ce que de blanc, qu'il était primitivement, il soit devenu couleur de tan. Après cela, il est apprêté comme du cuir chamoisé. Sous le nom de cuir *danois*, on désigne une sorte de cuir pour gants qui, dans le Nord, est préparé à l'écorce de saule avec des peaux de chevreaux, d'agneaux et de jeunes remes; ce cuir se distingue par une odeur particulière de saule, par sa couleur claire et par sa grande souplesse.

II. MÉGISSERIE. (*Tannage à l'alun.*)

La *mégisserie* comprend cette partie du tannage des peaux dans laquelle on emploie surtout certains sels d'alumine pour la transformation de la peau en cuir qui, dans ce cas, porte le nom de *cuir mégissé*.

On distingue trois modifications de ce mode de tannage : 1° la *mégisserie commune*, qui ne travaille que des peaux légères, comme les peaux d'agneaux, de chèvres et de moutons, et dans laquelle ces peaux sont d'abord préparées dans des pelains à la chaux et ensuite tannées avec de l'alun et du sel marin, sans être après cela imbibées avec un corps gras; 2° par le *hongroyage* les peaux épaisses (peaux de bœufs et de buffles, peaux de vaches

et de cheval) employées par les selliers-bourrelliers sont tannées à l'alun et au sel, et ensuite imprégnées de matière grasse, mais sans avoir été préalablement traitées à la chaux; au hongroyage se rattache la préparation du cuir gras de *Klemm*; 3° la mégisserie française ou d'*Erlangen*, qui tanne par un procédé particulier des peaux de chevreau, de veau, d'agneau et plus rarement de chamois, afin de les transformer en cuir pour la ganterie et la cordonnerie de luxe; à cette méthode de tannage se rattache: 4° la préparation du cuir avec des savons insolubles, d'après le procédé proposé par *Knapp*.

1° **Mégisserie commune.** — La mégisserie commune travaille des peaux de mouton ou d'agneau et de chèvre, qui sont livrées au tanneur soit avec la laine, soit tondues. Dans le premier cas, il y a des précautions particulières à prendre à cause de la valeur de la laine (*écouilles, avalies*), dont la vente procure souvent plus de profit au tanneur que le cuir mégissé. La couleur blanche, la grande mollesse et la finesse de grain que doit avoir le cuir mégissé demandent que l'on exécute avec le plus grand soin les opérations préparatoires, qui correspondent à celles déjà décrites pour le tannage au tan.

Le ramollissement et le nettoyage de la peau ont lieu comme dans le tannage au tan, et cette dernière opération s'effectue également avec le couteau rond. L'ouvrier superpose une dizaine de peaux sur le chevalet, et il les racle l'une après l'autre du côté de la chair, ainsi que du côté de la fleur pour les peaux de mouton, afin de nettoyer la laine; il s'arrête à la dernière peau qui, reposant immédiatement sur le chevalet, pourrait être facilement endommagée, et que, pour cette raison, il place sur la première dizaine qu'il va travailler. Les peaux sont *dépilées*; pour les peaux munies de poils ou les peaux de mouton qui ont été tondues, le dépilage se pratique de la même manière que dans le tannage au tan, seulement les peaux suffisamment traitées par un lait de chaux et placées sur un chevalet ne sont pas dépouillées de la laine ou du poil avec le couteau rond, mais à l'aide d'une baguette de bois courte. Les peaux qui ont encore leur laine sont, avant d'être introduites dans les pelains à la chaux, *dépilées par enchaussenage* pour ne pas faire perdre de la valeur à la laine. Dans ce but, les peaux sont étendues sur la terre le côté de chair tourné en haut et enduites d'une bouillie préparée avec partie égale de chaux, de cendre tamisée et d'eau, et que l'on étend à l'aide du *quipou* (queue de bœuf arrangée en forme de pinceau ou pinceau d'étope); après cela, la tête et les pieds sont retournés en dedans, puis chaque peau, pliée de manière que la laine ne soit pas touchée par la chaux, est abandonnée pendant 8 à 10 jours, jusqu'à ce que la laine se détache. Les peaux sont ensuite bien lavées du côté de la chair et du côté du poil, afin de les débarrasser de la chaux et des saletés qui y adhèrent; une portion de la laine est alors arrachée, tandis que l'autre portion est enlevée sur le chevalet. Les peaux dépilées par enchaussenage sont introduites dans les pelains à la chaux, puis traitées comme il a été indiqué précédemment. Afin d'éliminer aussi complètement que possible le

suif des peaux dépilées, celles-ci passent dans un réservoir dont on brasse de temps en temps le contenu, et qui, par suite de son emploi fréquent, renferme une grande quantité de substances animales qui, sous l'influence de la chaux, se décomposent peu à peu et donnent lieu à un dégagement d'ammoniaque. Une bonne partie de la graisse est ainsi éliminée des peaux. Après le traitement dans le pelain à la chaux, les peaux sont *égalisées*, c'est-à-dire que l'on retranche les portions inutiles pour la fabrication du cuir, comme les pointes des pattes et de la tête, les oreilles et la queue, portions qui sont employées pour la préparation de la colle. Les peaux égalisées sont ramollies dans l'eau pendant une nuit et ensuite bien écharnées et raclées sur le chevalet; dans ce but, elles sont travaillées du côté de la chair, comme du côté de la fleur, à l'aide d'un couteau mousse; après cela, elles sont foulées pendant quelque temps dans l'eau avec une sorte de pilon de bois, puis lavées et de nouveau travaillées sur le chevalet, traitements qui ont pour effet d'éliminer le reste de chaux, le savon calcaire et les poils. Pour enlever les dernières traces de la chaux, et pour *gonfler* les peaux, celles-ci sont placées dans un confit de son, où elles restent 2 ou 3 jours. Elles sont ensuite retirées, lavées, tordues et immédiatement passées dans un liquide appelé *étouffe*, que l'on prépare en prenant pour chaque dizaine de peaux 750 grammes d'alun, 300 grammes de sel marin et 22 litres $1/2$ d'eau. On verse dans un petit baquet un litre de ce liquide préparé à chaud, on le laisse refroidir à la chaleur de la main et on y fait passer une peau une ou deux fois, jusqu'à ce que le liquide l'ait partout imprégnée. Après avoir retiré les peaux on les met les unes sur les autres sans les tordre, on les abandonne ainsi pendant 2 ou 3 jours, temps au bout duquel elles sont tannées, alors on les tord et on les fait sécher lentement en les suspendant sur des lattes.

Relativement au *mode d'action de l'étouffe* dans la mégisserie, on pensait autrefois généralement que le chlorure d'aluminium (produit par la décomposition mutuelle des éléments du sulfate d'aluminium de l'alun et du sel marin), était seul actif; on admettait qu'un chlorure d'aluminium basique (oxychlorure d'aluminium) se combinait avec la peau, tandis que du chlorure d'aluminium acide restait dans l'étouffe. On considérait les sulfates alcalins contenus dans l'étouffe comme n'exerçant aucune action chimique. On savait également qu'une solution d'acétate d'aluminium, employée à la place de la solution d'alun et de sel, produisait un effet rapide et utile. Les expériences effectuées par *Knapp senior* avec l'alun, l'acétate d'aluminium et le chlorure d'aluminium, ont appris que dans l'absorption du sel d'aluminium par les fibres de la peau le sel n'est pas décomposé; les quantités suivantes de différents sels d'aluminium furent absorbées par la peau :

Alun	8,5 0/0
Sulfate d'aluminium	27,9
Chlorure d'aluminium	27,3
Acétate d'aluminium	23,3

Mais dans toutes les circonstances les sels d'aluminium ne se combinent pas toujours avec la peau dans les proportions précédentes; l'expérience apprend, au contraire, que les peaux absorbent plus dans des solutions salines concentrées que dans des solutions étendues. En ce qui concerne le rôle du sel marin dans la préparation de l'*étouffe*, nous ferons observer que ce sel n'a pas seulement pour effet de transformer le sulfate d'aluminium de l'alun en chlorure d'aluminium (des expériences, effectuées par *Knapp* en 1866, ont même appris qu'en employant une molécule d'alun de potasse et 3 molécules ou 37 0/0 de sel marin les deux sels ne se décomposent pas mutuellement), il exerce aussi une influence particulière et active, soit comme substance favorisant l'action de l'alun par voie dialytique, soit parce que étant en solution il possède comme l'alcool la propriété d'enlever l'eau des tissus animaux d'une manière assez complète pour que les fibres ne s'agglutinent plus ensemble lors de la dessiccation, et de cette façon il concourt à la préparation du cuir (*A. Reimer*).

Les peaux tannées se ratatinent un peu pendant la dessiccation et elles possèdent une assez grande roideur, qu'on leur enlève par l'opération du *hardage*; dans ce but, on les fait passer suivant leur largeur sur la partie convexe et mousse d'une tige de fer courbée en cercle, le *hard*, afin de les étendre et de faire disparaître tous les plis. Mais auparavant on les humecte avec de l'eau ou on les expose quelques jours à la cave, pour qu'elles ne se déchirent pas pendant le hardage. Après cette opération, les peaux sont étirées au moyen du *patisson* et elles sont alors propres à livrer au commerce. Le cuir ainsi obtenu est employé en grande quantité sous le nom de *cuir blanc* pour doublures de chaussures et autres usages analogues.

2° Hongroyage. — Le *hongroyage* se distingue de la mégisserie commune, parce qu'il travaille les peaux épaisses des bœufs, des buffles, des vaches et des chevaux particulièrement employées par les selliers-bourrelliers, et quelquefois aussi les peaux de verrat et les cous de taureau qui servent dans la confection des fléaux; en outre, dans ce procédé, les peaux ne sont pas traitées par la chaux et elles sont après le tannage imbibées avec un corps gras. Les peaux brutes sont simplement *ramollies*, jusqu'à ce que tout le sang et les saletés soient éliminés, elles sont ensuite *dépilées*; dans ce but, elles sont, au sortir de l'eau, rasées avec un couteau bien affilé. On les introduit immédiatement après dans l'*étouffe*, qui est préparée, pour une peau d'environ 25 kilog., avec 3 kilog. d'alun, 3 kilog. de sel marin et 20 litres d'eau. L'*étouffe* tiède est versée sur la peau contenue dans une cuve ovale, le côté de la fleur tourné en haut. Un ouvrier foule à plusieurs reprises la peau avec ses pieds et il l'abandonne pendant huit jours dans le liquide. Au bout de ce temps, l'ouvrier pratique un nouveau foulage, puis il fait sécher le cuir sur des perches. Après la dessiccation, celui-ci est étiré et ensuite imbibé de suif. Dans ce but, on le suspend sur des perches et on le chauffe au-dessus d'un feu de charbon, puis on l'étend sur une table et on le frotte du côté de la chair comme du côté de la fleur avec du suif fondu. Chaque peau reçoit environ 3 kilogr. de suif. Lorsque trente peaux ont été ainsi imprégnées, deux ouvriers les promènent l'une après

l'autre pendant une minute environ au-dessus d'un feu de charbon, traitement qui a pour effet de faire mieux pénétrer la matière grasse ; enfin on les expose à l'air libre, le côté de la chair tourné en haut. Le suif se combine (du moins en partie) avec la peau.

Le cuir est maintenant prêt à employer. Il sert principalement pour la confection des harnais ordinaires, et son usage prend en France une telle extension, qu'on fait aussi avec ce cuir des harnais pour l'artillerie, parce qu'on ne peut pas facilement préparer un autre cuir qui possède autant de solidité et de ténacité et parce que, en outre, il est presque impossible de faire cette préparation aussi rapidement et à aussi bon marché.

3° **Colr pour gants.** — La mégisserie française ou d'Erlangen ne s'occupe que de la préparation du cuir pour gants glacés et pour la cordonnerie de luxe. Pour le cuir destiné à la confection des gants glacés la fleur de la peau n'est pas touchée, tandis que pour les gants de cuir chamoisé (qui peut se laver), qui ont été tannés à l'huile de poisson, la fleur est toujours enlevée. Le cuir pour gants mégissé, devant servir à la confection d'articles de luxe, tels que les gants glacés, doit posséder à un haut degré les propriétés du cuir blanc, parce que, si ce cuir doit rester blanc, il doit avoir une blancheur uniforme, et s'il doit être teint, l'opération se fait presque exclusivement avec des couleurs claires et délicates. On ne peut remplir ces conditions qu'en traitant les peaux avec beaucoup de soin dans les opérations préparatoires, en observant une propreté rigoureuse et en éloignant tout ce qui peut produire des taches, comme le bois de chêne, l'eau ferrugineuse, etc. Ajoutons encore que les gants doivent posséder une grande souplesse et une grande extensibilité, en outre ils doivent pouvoir se conserver le plus longtemps possible et avoir un grain intact.

Pour le meilleur cuir à gants glacés on emploie deux sortes de peaux : l'une, qui est plus chère, est la peau des chevreaux nourris seulement avec du lait ; l'autre, qui est moins chère, est la peau d'agneau. Chacune de ces peaux donne en moyenne deux paires de gants. Le cuir employé pour la cordonnerie de luxe est la peau des jeunes veaux.

Les opérations préparatoires sont celles que l'on pratique dans la mégisserie ordinaire, mais le tannage est tout à fait différent, parce que les peaux sont tannées avec un liquide (*la nourriture*), qui non-seulement les tanne (les mégite), mais encore leur donne l'huile nécessaire pour qu'elles soient parfaitement souples. Ce liquide se compose de farine de froment, de jaunes d'œufs, d'alun et de sel marin que l'on délaye avec de l'eau en une bouillie claire. La farine de froment produit le gonflement de la peau, parce que les éléments du gluten sont, sous forme de combinaisons d'aluminium, absorbés par la peau ; l'amidon de la farine n'entre pas dans la constitution de la peau tannée. Le jaune d'œuf agit par l'albumine qu'il renferme, mais beaucoup plus par son huile, qui s'y trouve sous forme d'une émulsion naturelle. Il donne au cuir de la mollesse et de la ténacité, et au gant la propriété de se modeler sur la main, sans se plisser, sans produire une tension sensible et sans se déchirer. Les huiles émulsionnées comme l'huile d'amandes, l'huile

d'olives, l'huile de poisson, même la paraffine, semblent pouvoir remplacer complètement l'huile d'œuf. Les peaux sont piétinées et foulées pendant quelque temps dans le liquide. Depuis quelque temps on ajouterait en France à la nourriture 2 ou 5 0/0 d'*acide phénique* pour empêcher les peaux nourries que l'on conserve de s'échauffer trop fortement. Elles sont ensuite soumises à un étirage simple, puis séchées aussi rapidement que possible et légèrement mouillées; cela fait, on les place par douzaines dans une toile, on les piétine afin de les ramollir, et ensuite on les passe l'une après l'autre du côté de la chair longitudinalement et transversalement sur le hard, jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment étirées, puis on les fait sécher et on les harde de nouveau, opérations qui leur enlèvent les dernières traces de farine et leur donnent la souplesse nécessaire. Ce cuir est employé le côté de la fleur tourné en dehors pour la confection des gants glacés; pour donner le brillant à ce cuir, on lui fait subir l'opération du lissage (à l'aide d'une boule de verre ou de la machine à apprêter), ou bien on l'enduit avec du blanc d'œuf, de la gomme du Sénégal, de la gomme adragante ou du savon. Le cuir pour gants mégissé est ordinairement *teint* du côté de la fleur, plus rarement du côté de la chair; la teinture s'effectue soit en immergeant le cuir dans la matière colorante, soit en l'enduisant avec celle-ci. Ce dernier procédé, connu sous le nom de *procédé anglais*, est le plus ordinaire.

D'après les expériences de *Knapp*, on peut obtenir un beau cuir glacé mou en tannant des peaux préparées d'agneau ou de chèvre dans une solution alcoolique saturée et tiède d'acide stéarique. Le cuir ainsi obtenu est souple, d'une couleur plus blanche que le cuir glacé ordinaire, et sa fleur possède un éclat naturel particulièrement beau.

[La fabrication des gants de peau offre en France une grande importance; 70,000 ouvriers sont employés tant à la préparation des peaux qu'à la confection même des gants, et la production annuelle peut être évaluée à environ 24 millions de paires, représentant une valeur moyenne de 80 millions de francs. Annonay, Paris, Milhau et Saint-Junien (Haute-Vienne), sont les centres les plus importants pour la préparation des cuirs mégissés destinés à la confection des gants glacés et des gants de Suède¹, qui sont fabriqués principalement à Paris, à Grenoble, à Saint-Junien et à Chaumont. A Niort on fabrique avec les peaux chamoisées d'agneau et de mouton les gants de castor, les gants de daim et les gants de chamois pour militaires.]

4^o Cuir de Knapp. — La *préparation du cuir avec des savons insolubles*, découverte par *Knapp*, semble devoir acquérir une nouvelle importance. La propriété tannante de l'oxyde de fer est connue depuis longtemps et *Belford* prit même pour l'Angleterre, en 1855, un brevet pour un procédé de tannage minéral qui repose sur l'emploi de l'oxyde de fer. Mais jusqu'à présent on n'a pas encore réussi à préparer avec cette substance un cuir dont on puisse se servir. La peau nettoyée se colore en brun rouge dans une solution de sulfate de peroxyde de fer et de perchlorure de fer, en gris-bleu dans une so-

¹ [Les gants de Suède sont fabriqués avec les mauvaises peaux d'agneaux.]

lution de chlorure de chrome, mais après la dessiccation on obtient un cuir mauvais, crevassé et souvent très-cassant, même lorsque le liquide tannant contient le moins possible ou pas du tout d'acide libre. Il est probable que la propriété que possède l'oxyde de fer d'exercer une action décomposante sur les fibres en cédant de l'oxygène est une des causes principales qui font crevasser et rendent cassant le cuir préparé à l'oxyde de fer. Si avant le tannage on mélange la solution de perchlorure de fer avec autant de soude (carbonatée ou caustique) qu'il en faut pour qu'il se forme un précipité non persistant, l'oxyde se précipite sur les fibres plus facilement et en plus grande quantité; en outre, on a cet avantage que la réaction acide sur la peau est détruite et qu'il s'est formé une quantité de sel marin correspondant à la quantité de soude ajoutée; dans cette dissolution la peau se teint maintenant beaucoup plus facilement et avec une souplesse parfaite. Le cuir ainsi tanné offre cependant avec le cuir mégissé commun cette différence qu'il perd son tannage dans l'eau et qu'il ne convient par conséquent que pour des objets qui ne doivent pas être mis en contact avec l'eau. Pour le rendre apte à résister à l'humidité, il faut transformer sur les fibres les oxydes métalliques en combinaisons insolubles, qui augmentent la souplesse et la mollesse des fibres cutanées, qui rendent le tannage plus rapide et se fixent sur les fibres d'une manière aussi durable que possible. Les combinaisons les plus convenables pour cet usage sont les oxydes de la formule R^2O^3 combinés avec les acides gras, par conséquent les savons d'aluminium, de fer et de chrome, qui sont insolubles dans l'eau, qui en outre sont souples et peuvent, ce qui est important pour la pratique, être produits par double décomposition avec des combinaisons solubles dans l'eau. Il y a deux moyens de pratiquer le tannage avec des savons insolubles: d'après l'un (le moins bon) on prépare deux bains: le premier est de l'eau de savon contenant de 3 à 5 0/0 de savon de potasse et le second est une dissolution renfermant 5 0/0 du sel tannant. Les peaux nettoyées sont d'abord introduites dans la solution saline où on les agite avec soin et d'où on les retire fréquemment pour les faire égoutter, pour les y replonger ensuite, jusqu'à ce qu'elles soient convenablement imprégnées, ce qui exige 1 ou 2 jours. Lorsqu'elles sont égouttées, on les introduit dans la solution de savon, où doit s'effectuer le tannage et où on les laisse aussi pendant 1 ou 2 jours. Lorsque le tannage est terminé, les peaux sont lavées et séchées. On obtient un meilleur résultat et un tannage plus complet au moyen du deuxième procédé, d'après lequel on précipite la solution savonneuse avec la solution d'alun, et dans le précipité ainsi obtenu on pétrit la peau à tanner. Le tannage de Knapp avec des savons insolubles est pour ainsi dire, bien que ce ne soit pas en principe, une combinaison de la mégisserie avec la chamoiserie. Le cuir tanné avec le savon d'aluminium est blanc et il possède, au lieu de la surface sèche, presque crayeuse du cuir mégissé ordinaire, une surface molle brillante et grasse au toucher. Si l'on tanne avec un liquide contenant un mélange des sels de fer et de chrome, on obtient un cuir d'une couleur qui, les proportions des deux sels étant convenablement choisies, imite d'une manière frappante celle du cuir tanné au tan.

III. CHAMOISERIE. (*Tannage à l'huile.*)

Fabrication du cuir chamoisé. — La *chamoiserie* transforme en *cuir chamoisé* les peaux de cerfs, d'élans, de chevreuils, d'agneaux, de moutons, quelquefois aussi les peaux de veaux, ainsi que les peaux de bœufs (pour courroies, ceinturons et baudriers à l'usage des soldats). La matière tannante est la graisse ou l'huile de poisson (que généralement on mélange depuis quelques années avec 4 à 7 0/0 d'acide phénique). Le cuir chamoisé est principalement employé pour la confection d'objets d'habillement, tels que culottes, bretelles, guêtres, vestes, gants (qui peuvent se laver), bandages chirurgicaux, etc., usages pour lesquels il convient particulièrement à cause de sa mollesse et de son élasticité. Comme il ne perd pas son tannage à l'eau et que par conséquent il peut être lavé sans inconvénient, on lui donne aussi en Allemagne le nom de *Waschleder* (cuir qui se lave). La couche supérieure, c'est-à-dire la fleur du chorion qui, à cause de sa densité plus grande, ne possède pas la même souplesse que l'inférieure, est enlevée aux peaux épaisses; par conséquent dans un cuir chamoisé de ce genre il n'existe pas de différence entre le côté de la fleur et le côté de la chair. L'enlèvement de la fleur favorise en même temps la pénétration de la graisse, qui sous l'influence simultanée de l'air et de la chaleur se transforme en produits formant avec les fibres cutanées une combinaison solide sèche dans laquelle la présence de la graisse ne peut plus être reconnue physiquement, et celle-ci n'empêche plus la pénétration de l'eau (par conséquent le *cuir chamoisé* n'est pas imperméable, comme, par exemple, le *cuir gras de Klemm*), elle empêche au contraire les fibres cutanées de s'agglutiner et de se raturiner sous l'influence de l'eau. Les peaux minces comme les peaux de chèvres et d'agneaux, qui servent pour la confection des gants chamoisés fins, conservent leur fleur afin qu'elles durent plus longtemps, et elles sont portées le côté de la chair tourné en dehors.

Les peaux destinées à la chamoiserie sont traitées, jusqu'à ce que l'épilage soit terminé, exactement de la même manière que dans la mégisserie; comme pour le cuir chamoisé il n'est pas nécessaire d'embellir la fleur, les poils ne sont pas enlevés avec le couteau rond, mais à l'aide d'un couteau mousse particulier, qui sert en même temps à arracher la fleur (à effleurer) des peaux placées sur un chevalet. Les peaux effleurées et débarrassées des poils inutiles sont placées dans un confit de son, afin de les dépouiller complètement de la chaux et de les gonfler. Elles sont ensuite tordues et portées immédiatement au foulon, afin d'y être imprégnées de graisse ou tannées. Elles sont ensuite étendues sur une table le côté de la fleur en haut, puis frottées avec de l'huile; cela fait, on les met en pelotte, on les porte au foulon et on les foule pendant 2 ou 3 heures, en ayant soin de les retirer de temps en temps et de les exposer pendant quelque temps à l'air, après quoi on les huile et on les foule de nouveau, jusqu'à ce qu'elles aient absorbé suffisamment de la matière grasse. En les suspendant à plusieurs reprises au

contact de l'air, les peaux perdent peu à peu leur eau et, à mesure que l'eau s'évapore, l'huile prend sa place; les peaux demeurent exposées au contact de l'air (sont éventées) jusqu'à ce que leur surface extérieure paraisse sèche. On reconnaît que les peaux sont suffisamment huilées à une odeur forte particulière rappelant celle du raifort sauvage et qui remplace l'odeur de chair. Pendant le foulage et surtout pendant que les peaux sont suspendues à l'air, l'huile s'est en partie modifiée et est entrée en combinaison avec les fibres cutanées; mais une autre portion de l'huile, il est vrai la plus considérable, remplit seulement mécaniquement les pores du cuir. Le but des opérations ultérieures est donc d'exposer les peaux à une sorte de fermentation accompagnée d'une élévation de température, qui produit en peu de temps une action semblable à celle qui a eu lieu lorsque les peaux huilées étaient suspendues et par suite de laquelle la majeure partie de l'huile entre en combinaison avec les fibres cutanées. Dans ce but, les peaux sont apportées dans une chambre chauffée, dont le plancher est recouvert avec une toile sur laquelle on les dispose les unes sur les autres en un tas conique, que l'on couvre avec soin; on les abandonne ainsi à elles-mêmes et on ne les aère que de temps en temps, afin qu'elles ne s'échauffent pas. Les tas sont faits et défaits, jusqu'à ce que les peaux aient acquis la couleur jaune nécessaire, qui indique que l'oxydation de l'huile est terminée. Malgré la fermentation une certaine quantité de l'huile (50 0/0 environ de la quantité employée) se trouve encore dans la peau à l'état non combiné, quantité que l'on enlève au moyen d'une solution de potasse tiède. Du liquide blanc qui s'écoule il se sépare par le repos une masse grasseuse, qui porte le nom de *dégras* et qui, ainsi qu'on l'a dit page 462, est employée pour le corroyage du cuir tanné au tan. Les cuirs dégraisés sont tordus, desséchés et hardés, afin de leur rendre la souplesse qu'ils ont partiellement perdue par la dessiccation.

Le cuir *bronzé* est du cuir chamoisé dont la fleur n'a pas été arrachée et dont le côté de la chair est noirci. A cause de sa douceur et de sa mollesse il est très-recherché pour confectionner des bottines pour dames. D'après les expériences de *Knapp senior*, on peut obtenir une espèce de cuir chamoisé en traitant une peau préparée alternativement avec une solution de savon et un acide étendu, de manière que les acides gras se précipitent sur les fibres. Après le tannage, le cuir doit être déshydraté avec soin. On ne sait encore rien relativement à la constitution du cuir chamoisé; on ne sait pas quels sont les produits de décomposition de l'huile (si ce sont seulement ceux des acides gras ou avec eux ceux de la glycérine) qui entrent en combinaison avec les fibres. La chamoiserie a sans doute en principe beaucoup d'analogie avec le traitement par l'huile que l'on fait subir aux étoffes de coton pour les préparer à la teinture en rouge turc.

Parchemin. — Le *parchemin* n'est point un cuir dans le sens technologique, car les fibres de la peau, qui sert pour la préparation du parchemin ne sont préservées de l'agglutination ni par le tannin, ni par des sels d'aluminium, ni par de l'huile de poisson, ni par une autre matière tannante, e

elles peuvent être par suite transformées facilement en gélatine au moyen de l'eau bouillante (d'où le nom de colle de parchemin que l'on donne à la colle préparée avec les rognures des parcheminiers, et qui pour les travaux délicats est plus appréciée que la colle ordinaire). Le parchemin n'est autre chose que la peau brute dépouillée de poils de certains animaux et notamment des petits, tels que le veau et le mouton ; cette peau a été débarrassée de la saleté et de la chair qui y adhéraient, puis étendue et desséchée.

On distingue le *parchemin* proprement dit, qui est préparé avec des peaux de moutons, et le parchemin qu'en France on nomme *velin* ou *parchemin vierge* et en Angleterre *vellum* ; le dernier est plus fin que le parchemin ordinaire et il est fabriqué avec des peaux de jeunes veaux, de chevreaux, d'agneaux mort-nés. Les différents usages auxquels sert le parchemin exigent quelques modifications dans sa fabrication. Les peaux sont d'abord ramollies, nettoyées, puis traitées dans un pelain de chaux et dépilées ; les peaux de mouton sont enchaussées, afin de conserver la laine aussi belle que possible. Après le dépilage, les peaux sont lavées et placées sur le chevalet où elles sont ordinairement (mais pas toujours) raclées et dépouillées de toute la chair. Chaque peau est ensuite tendue dans un châssis à côtés mobiles (semblable à un métier à broder) avec des cordes et des tourniquets, de manière à former une surface sans plis. La peau étendue est encore raclée et amincie, puis desséchée. Certaines espèces de parchemins sont alors achevées, et il ne reste plus qu'à les couper ; on prépare ainsi le parchemin pour tambours avec des peaux de veau, le parchemin pour timbales avec des peaux d'âne. Aux peaux de veau pour parchemin de tambour on enlève la fleur avec les poils. Les parchemins destinés à la reliure des livres qui doivent recevoir des couleurs sont traités exactement comme la peau pour tambours et timbales, mais après la dessiccation ils sont raclés des deux côtés avec un couteau demi-rond, dont la lame est courbe. Les surfaces primitivement lisses sont ainsi rendues rugueuses et aptes à recevoir de la couleur aussi bien que de l'encre. La préparation préliminaire que doivent subir les peaux destinées à être teintes aussi bien que celles sur lesquelles on doit écrire est exactement la même que pour le parchemin dont on se sert pour la confection des tablettes de portefeuilles et qui est destiné à recevoir les traits du crayon. Ce parchemin, après avoir été raclé des deux côtés, est enduit avec une couleur maigre à l'huile au blanc de plomb que l'on remplace aussi fréquemment par une couleur à la colle au blanc de baryte ou de zinc. En Angleterre on se sert, pour la préparation du parchemin à écrire ou vellum, presque exclusivement du côté de la chair de peaux de moutons que l'on double. Le parchemin, après avoir été desséché sur le châssis, est souvent enduit avec de la craie, raclé et frotté avec de la pierre ponce. Pour les cribles (par exemple, ceux que l'on emploie pour le grenage de la poudre à tirer) on prend de préférence des peaux de porcs.

Chagrin. — Le véritable chagrin oriental (saghir, sagri, sagre) est une espèce de parchemin faiblement tanné, dont un côté est grenu ou couvert de petits tubercules arrondis ; on le prépare en Perse, en Turquie, à Astrakan

et dans les Principautés danubiennes, avec des peaux de cheval et d'âne sauvage; on n'emploie pas pour cela les peaux tout entières, mais seulement la portion recouvrant la partie postérieure du dos et la face supérieure de la région caudale, portion que l'on coupe en forme de croissant transversalement au-dessus des hanches de l'animal. Pour fabriquer le chagrin, on ramollit les peaux dans l'eau, jusqu'à ce que l'épiderme se détache et que les poils puissent être enlevés. Les peaux dépilées à l'aide d'un outil analogue à la quiosse sont de nouveau ramollies dans l'eau, afin de les gonfler, elles sont ensuite nettoyées du côté de la chair, puis raclées des deux côtés, jusqu'à ce que le chorion qui reste ait l'aspect d'une vessie humide. Les peaux ainsi préparées sont étendues dans des châssis, afin de produire à leur surface les inégalités qui caractérisent le chagrin; on répand ensuite du côté de la chair des semences dures et noires de l'arroche sauvage (*Chenopodium album*), et à l'aide des pieds on les fait pénétrer dans la peau. Lorsque les peaux sont devenues sèches et cassantes, on les retire des châssis et on les secoue pour faire tomber les semences. Les peaux paraissent alors recouvertes d'une foule de petites cavités. Elles sont ensuite parfaitement aplanies avec un drayoire, puis gonflées, tannées et teintes. Toutes les parties déprimées en augmentant de volume et en se soulevant donnent naissance aux petits tubercules que l'on cherche à obtenir. Le tannage s'effectue soit au tan, soit à l'alun, c'est pourquoi il y a des chagrins qui sont des espèces de cuirs mégissés. On trouve dans le commerce des peaux de chagrin de toutes les couleurs, cependant elles sont le plus souvent teintes en vert au moyen de sels de cuivre. Après la teinture, les peaux sont imprégnées avec du suif de mouton fondu.

La peau de chien de mer provient de différentes espèces de requins (*Squalus canicula*, *Squalus catulus*, *Squalus centrina*), de raies, etc. La peau de ces poissons n'est pas munie d'écailles, mais de pointes dures. Dès que les animaux ont été dépouillés de leur peau, on tend fortement celle-ci, afin de la faire sécher, et on la livre au commerce immédiatement ou bien après avoir usé les pointes avec du grès. On employait souvent autrefois pour le polissage du bois la peau de chien de mer simplement desséchée et encore munie de ses pointes. Maintenant on préfère pour cet usage la pierre ponce et le papier sablé ou émerisé. Les peaux dépouillées de leurs pointes et teintes sont employées pour confectionner des étuis à lunettes d'approche, à lunettes ordinaires, etc.

FABRICATION DE LA COLLE.

Généralités. — Dans l'organisme de tous les animaux, mais principalement de ceux qui occupent un rang élevé dans l'échelle zoologique, on trouve certains produits qui se distinguent par les propriétés suivantes : ils sont insolubles dans l'eau froide comme dans l'eau bouillante, mais par une ébullition prolongée ils éprouvent une altération profonde, par suite

de laquelle ils se dissolvent, pour fournir ensuite, lors de l'évaporation de la solution, une masse visqueuse se prenant en gelée (la *gélatine*) et qui desséchée complètement donne naissance, suivant le degré de pureté des produits, à un corps transparent ou translucide, cassant et incolore, inodore et insipide à l'état pur, se gonflant au contact de l'eau froide et se dissolvant sans altération par ébullition dans ce liquide. Le produit de la métamorphose des tissus dit gélatigènes ou collagènes est la *colle* (colle-forte) si fréquemment employée dans les arts et l'industrie pour coller les objets de bois, pour détruire la capillarité du papier à la cuve, pour clarifier les liquides, comme mastic, et aussi depuis quelque temps pour confectionner des boutons (imitation d'écaille, de nacre, d'ivoire, d'ambre, de malachite, etc.) et du bois artificiel. Les matières collagènes se rencontrent à l'état organisé dans le corps animal et en général elles y sont mélangées intimement avec d'autres combinaisons organiques. On met au nombre de ces matières le tissu conjonctif, la peau, les tendons, la membrane fibreuse des vaisseaux lymphatiques et des veines, la substance osseuse (osséine), la corne de cerf, les cartilages, la vessie natatoire de différents poissons, les écailles des poissons, etc. La colle extraite des différentes substances gélatigènes offre à un certain point de vue, suivant son origine, quelques différences; au point de vue chimique, on doit distinguer deux espèces de colles différentes, la colle d'os ou de peau (glutine ou gélatine) et la colle de cartilages (chondrine). Au point de vue technologique on n'a à prendre en considération cette distinction qu'en tant que l'on doit exclure autant que possible les cartilages (cartilages costaux et cartilages articulaires) de la fabrication de la colle, parce que l'expérience a appris que le pouvoir agglutinatif de la gélatine est de beaucoup supérieur à celui de la chondrine.

Ainsi qu'on l'a déjà dit, on obtient en dissolvant les tissus collagènes la *gélatine*, dont la solution n'a pas cependant une force adhésive très-marquée. Cette dernière propriété ne se développe que par la dessiccation, qui transforme la gélatine en colle. Il résulte de là que l'on doit distinguer dans la fabrication de la colle les substances collagènes, la gélatine que l'on en extrait et la colle obtenue par dessiccation de celle-ci. La température nécessaire pour la formation de la gélatine n'est pas la même pour tous les tissus collagènes. De même la consistance de la gélatine extraite de dissolutions également concentrées varie suivant l'âge des tissus employés.

La colle se dissout facilement dans l'eau bouillante en donnant un liquide qui par le refroidissement se prend en une gelée. De l'eau ne contenant que 1 pour 100 de colle se gélatinise encore par le refroidissement. En chauffant et en refroidissant la colle à diverses reprises ou bien en la soumettant à une ébullition prolongée on lui enlève la propriété de se prendre en gelée. L'acide acétique et l'acide azotique étendus empêchent la solidification de la solution de colle. La solution d'alun ne précipite la colle qu'après addition de potasse ou de soude; le précipité renferme de la colle et du sulfate basique d'aluminium. La combinaison que forme la colle avec le tannin offre une certaine importance: elle est presque insoluble dans

l'eau, elle a une composition constante et elle convient pour le dosage du tannin dans les végétaux. La colle est précipitée de sa solution aqueuse par certains sels (sulfate d'ammonium, sulfate de magnésium, dithionate de sodium, sulfate de sodium, etc.) et par l'alcool; la colle pauvre en eau ainsi obtenue ne se putréfie plus (d'après *H. Fleck*). La force adhésive de la colle n'est pas diminuée par la *salage*, elle est même augmentée. On peut empêcher l'altération d'une solution de colle par putréfaction en y ajoutant de l'acide phénique, de la créosote ou de l'acide salicylique.

On fabrique trois espèces de colles différentes :

a. La *colle de peau*, préparée avec la peau, les tendons, etc.

b. La *colle d'os*, préparée avec les os;

c. La *colle de poisson*, extraite de la vessie natatoire de certains poissons.

A ces sortes de colles se rattachent les espèces inventées récemment sous les noms de *colle-gluten*, de *colle albuminoïde* et de *colle-caseïne*.

Colle de peau. — Les matières animales, les *colle-matières*, avec lesquelles le fabricant prépare la colle, sont ordinairement des déchets, tels que ceux des tanneries, les vieux gants, les peaux de lapins et de lièvres qui ont été dépouillées de leurs poils par le chapelier, les peaux de chats et de chiens, les pieds de bœufs, les rognures de parchemin, les surons (peaux qui servent pour emballer un grand nombre de drogues dans l'Amérique du Sud, comme, par exemple, l'indigo), les tendons, les intestins, les rognures de cuir des cordonniers, des selliers, etc. (ces dernières matières étant du cuir tanné au tan ne peuvent cependant être employées que dans certaines proportions pour la fabrication de la colle). En général le fabricant évalue le rendement en colle de ces diverses matières humides à 25 pour 100 du poids de celles-ci. Il donne la préférence aux déchets des mégisseries et des fabriques de gants, parce qu'ils lui sont fournis tout propres et dans un état tel qu'ils peuvent se conserver. La qualité de la colle obtenue diffère suivant que l'on emploie des matières communes (*colle forte ordinaire*) ou des matières de premier choix (*colle de Flandre, grenétine*). La transformation des colle-matières brutes en colle comprend les quatre opérations suivantes :

1° Le chaulage des colle-matières,

2° La cuisson de celles-ci,

3° Le moulage de la gélée,

4° La dessiccation de celle-ci.

I. *Chaulage des colle-matières.* — Le *chaulage des colle-matières* a pour objet de nettoyer les déchets et de les rendre plus faciles à conserver. Dans ce but, on traite les colle-matières dans des pelains à la chaux, c'est-à-dire dans de grandes fosses ou réservoirs, dans lesquels on les laisse 15 ou 20 jours avec un lait de chaux clair, que l'on a soin de renouveler fréquemment. Par cette opération les particules de sang et de chair adhérentes aux colle-matières sont dissoutes et les substances grasses sont saponifiées. Cela fait, il faut faire tomber la chaux adhérente. Dans ce but, on renferme les colle-matières chaulées dans un filet ou dans un panier d'osier que l'on

suspend dans de l'eau courante ou dans une fontaine et qu'on y laisse exposé à l'action de l'eau pendant plusieurs jours. On étend à l'air libre les colle-matières lavées, afin de les sécher et de transformer la chaux caustique en carbonate. Lorsque les matières sont suffisamment sèches, on les emballe et on les expédie aux fabricants de colle. Dans la fabrique on fait macérer encore une fois les colle-matières dans un lait de chaux faible, avant de procéder à la cuisson, et ensuite on les lave.

D'après *Fleck*, il semble plus convenable de remplacer le lait de chaux par une lessive caustique faible (pour 750 à 1000 kilogr. de colle-matières une lessive préparée avec 5 kilogr. de carbonate de sodium calciné et 7 kilogr. 1/2 de chaux caustique serait suffisante). Dans les endroits où le tannage et la fabrication de la colle se pratiquent dans une même fabrique, on fait macérer pendant quelques heures dans de la jusée ancienne les colle-matières traitées dans le pelain; l'acidité de cette jusée, due à la présence des acides lactique, butyrique et propionique, contribue à l'élimination de la chaux des colle-matières; il se forme en outre à la surface de celles-ci une mince couche de tannate de gélatine, qui, pendant la cuisson, se sépare sous forme d'écume à la surface du liquide et clarifie ce dernier. D'après *Dullo*, dans la préparation de la *colle de Cologne*, qui se distingue par sa couleur claire et sa grande force adhésive, les colle-matières au sortir des pelains sont immédiatement portées dans un bain de chlorure de chaux et blanchies par cette substance.

II. *Cuisson des colle-matières.* — La cuisson des colle-matières s'effectue soit à la manière ordinaire dans des chaudières, soit par coction fractionnée, soit enfin à la vapeur. Le mode de cuisson influe sur la qualité de la colle que l'on obtient, ce qui tient à ce que la transformation des colle-matières en colle ou plutôt en gélatine sous l'influence de l'eau bouillante n'a lieu que très-lentement et peu à peu; mais les portions de gélatine produites les premières demeurent exposées à la température de l'eau bouillante, jusqu'à ce que toutes les colle-matières soient complètement dissoutes, et pendant ce temps elles subissent une altération notable, elles perdent la propriété de se prendre en gelée et forment une colle ayant une force adhésive plus faible et une couleur plus foncée, qui cependant, mais à tort, est souvent regardée comme un caractère de la bonne qualité d'une colle. Un procédé rationnel de fabrication de la colle consisterait par conséquent à séparer immédiatement la gélatine dissoute des colle-matières non encore entrées en dissolution. D'après l'*ancien* procédé, on introduit les colle-matières dans la chaudière avec la quantité d'eau nécessaire et l'on fait bouillir jusqu'à ce que les substances soient dissoutes. Les chaudières sont munies de robinets pour l'écoulement de la solution de colle. Il est évident que les colle-matières ne doivent pas toucher le fond, parce qu'elles seraient infailliblement brûlées. C'est pourquoi on dispose dans les chaudières un tamis en toile métallique ou une claie d'osier, que l'on couvre d'abord avec une couche de paille, par-dessus laquelle on dépose les colle-matières, jusqu'à ce que la chaudière soit remplie. Lorsque les matières ont été arro-

sées avec de l'eau tiède, de manière que le liquide ait, une fois la solution de la colle-matière effectuée, la consistance nécessaire pour qu'il se prenne en gelée, on commence à chauffer. Les colles-matières augmentent de volume, elle deviennent transparentes et fondent peu à peu. Aussitôt qu'elles sont toutes fluidifiées, il se forme à la surface du liquide une écume, que l'on enlève à l'aide d'une écumoire. On ajoute à la dissolution les déchets de la colle faite dans les opérations précédentes et l'on chauffe jusqu'à ce que la liqueur soutienne l'épreuve. L'épreuve s'exécute de la manière suivante : dans de l'eau froide, on verse plein une demi-coquille d'œuf de la solution bouillante de colle ; si au bout de quelque temps la solution se prend en une gelée assez consistante, la cuisson est terminée et au moyen du robinet et d'un tuyau d'écoulement on fait écouler le liquide sur un filtre consistant en une corbeille recouverte de paille, et ensuite on le fait arriver dans les vases à décantation (*cuves à colle*) où il se clarifie par le repos ; après quoi il est versé dans les moules. Afin que la solution de gélatine reste liquide pendant la décantation, les *cuves* (qui sont ordinairement en bois et revêtues intérieurement de plomb) sont entourées de corps mauvais conducteurs de la chaleur (sciure de bois, paille hachée).

Dans quelques fabriques on se sert, pour la décantation, d'une cuve profonde et étroite munie d'un appareil de chauffage disposé de telle sorte que la partie supérieure des parois est seule chauffée, tandis que la partie inférieure et le fond ne le sont pas. Les vases à décantation sont chauffés avant que l'on y fasse couler la solution de colle. Afin de clarifier le liquide, on y mélange une petite quantité d'alun en poudre fine (de 0,75 à 1,50 pour 1000) et on laisse reposer pendant une nuit. La chaux contenue dans la colle est en majeure partie précipitée par l'alun sous forme de sulfate de calcium, et il en est de même des substances organiques qui altéreraient la pureté de la colle. L'addition d'alun a l'avantage de préserver la colle de la putréfaction pendant la dessiccation ; mais, d'un autre côté, elle a l'inconvénient d'en diminuer la force adhésive. L'alun pourra sans doute être remplacé par d'autres substances moins nuisibles ; il est possible que l'on puisse éliminer la chaux par l'acide oxalique, dont le prix actuel permet l'emploi dans l'industrie, et les substances organiques, qui doivent être séparées de la solution de la colle, peuvent être éliminées avec l'écume, si l'on ajoute au liquide de petites quantités de substances astringentes. Une décoction d'écorce de chêne, de sumac, ou, encore mieux, de houblon, a fourni dans des expériences en petit d'excellents résultats.

Cocction fractionnée. Si l'on emploie la méthode plus convenable de a *cocction fractionnée*, dans laquelle on évite un long séjour de la colle à une haute température, on ajoute dans la chaudière une quantité d'eau beaucoup plus faible que celle qui est nécessaire pour dissoudre la quantité totale des colle-matières traitées en même temps, et l'on commence à chauffer. Dès que les vapeurs commencent à se former, on met sur la chaudière un couvercle fermant bien, afin que les vapeurs agissent sur les portions de colle-matières non recouvertes par l'eau et les transforme en colle.

Lorsque, au bout de une heure et demie à deux heures de coction, l'eau a suffisamment absorbé de gélatine, on sépare la solution des colle-matières, on verse une nouvelle quantité d'eau, et ainsi de suite jusqu'à ce que la dernière décoction donne un liquide ne se prenant plus en gelée et que l'on emploie pour dissoudre de nouvelles quantités de colle-matières. [Cette méthode est surtout employée pour la fabrication des colles fines qui nécessitent l'emploi de matières de premier choix (rognures de peaux, de parchemin, de vélin, de cuir blanc, peaux d'anguilles, etc.).] Les différentes décoctions, à l'exception de la dernière, sont mélangées et clarifiées dans le même vase à décantation, ou bien, ce qui est préférable, chaque décoction est travaillée séparément, procédé à l'aide duquel on obtient différentes sortes de colles. [La colle obtenue avec la première décoction possède une très-grande force adhésive, elle est très-peu colorée, transparente, inaltérable à l'air, et elle correspond au type désigné sous le nom de colle de *Flandre ou de Hollande*; la seconde décoction fournit une colle qui est encore très-bonne, mais inférieure à la première; enfin, le produit que donne la troisième décoction est plus coloré, moins transparent et moins tenace, se rapprochant des colles de Givet, bien qu'il leur soit supérieur. C'est aussi par la méthode de coction fractionnée que l'on prépare à Rouen la belle colle de *Flandre*, appelée *grenétine*, du nom de son fabricant, *Grenet*.]

On emploie quelquefois pour la dissolution des colles-matières des chaudières qui ressemblent aux appareils à lessive; elles sont munies d'un fond métallique percé de trous, sur le milieu duquel se trouve un tube s'élevant jusqu'aux deux tiers de la hauteur de la chaudière. Les colles-matières sont déposées sur ce fond. Lorsque, pendant la cuisson, les vapeurs se dégagent trop rapidement pour pouvoir traverser les colles-matières, elles compriment la solution et la font passer dans le tube, de telle sorte que le liquide passe sans interruption sur les colles-matières et favorise beaucoup leur fusion.

Le procédé de coction le plus rationnel consiste certainement dans *l'emploi de la vapeur*, que l'on fait arriver à une haute pression au milieu des colle-matières. A l'aide de ce procédé la fusion s'effectue dans le moins de temps possible, et l'on n'obtient que des dissolutions extrêmement concentrées qui se rassemblent dans la partie inférieure de la cuve, où la coction a lieu, et elles sont par suite soustraites à l'action nuisible de la chaleur. La *colle à la vapeur* se trouve maintenant dans le commerce plus fréquemment qu'autrefois. On a avancé à diverses reprises qu'il est plus avantageux de préparer la colle avec des colle-matières ayant subi un commencement de putréfaction, et qui ont ensuite été désinfectées avec du chlore ou de l'acide sulfureux. On obtiendrait de cette façon une colle d'une couleur plus claire. Nous ignorons si cette opinion est fondée.

III. *Moulage de la gelée*. — Aussitôt que la solution de gélatine contenue dans les cuves à colle est suffisamment clarifiée et un peu refroidie, on la verse dans des moules, où elle se solidifie en blocs que l'on coupe en plaques et que l'on fait sécher. Les moules dans lesquels on fait couler la solution de gélatine, en la versant sur un tamis métallique, sont en bois de pin ou de

sapin ; ils sont ordinairement un peu plus larges en haut, afin que le bloc de gélatine puisse en être retiré facilement. Sur le fond des moules se trouve une série d'entailles séparées par des espaces correspondant à l'épaisseur des plaques de colle. Avant de s'en servir, on nettoie bien les moules et on les laisse humides ou bien on les dessèche, et alors on les enduit avec de l'huile ou du suif, afin que la gelée qui s'y forme n'adhère pas aux parois. On a récemment essayé de remplacer les moules en bois par des moules en zinc ou en tôle. Lorsque les moules ont été placés bien horizontalement, on les abandonne à eux-mêmes. Lorsque le bloc de gélatine est suffisamment formé, on le détache des parois du moule ; dans ce but, on retourne le moule sur une surface humide, et ensuite on l'enlève. Le bloc ainsi obtenu est d'abord divisé par des sections horizontales en plaques dont l'épaisseur correspond à celle des tablettes de colle ; les plaques sont ensuite coupées verticalement de manière à former des tablettes isolées. Le découpage en plaques horizontales s'effectue soit à l'aide d'un fil métallique, qui est tendu dans un châssis comme une lame de scie, soit à l'aide de plusieurs fils tendus horizontalement à des distances égales et au-dessous desquels on peut faire aller et venir un chariot mobile sur des tringles ou des rouleaux. Lorsque le chariot est poussé avec le bloc de gélatine qu'il porte contre les fils métalliques, la gélatine est coupée en plaques. Depuis quelque temps (1869), la fabrique de *C. Stalling*, de Pieschen, près Dresde, et celle de *Steinhäuser et Petri*, d'Offenbach sur le Mein, livrent la colle au commerce sous forme de *gelée*. Il est prouvé que la force adhésive de la colle est considérablement diminuée par la dessiccation à l'air, c'est pourquoi la proposition faite par *H. Fleck* (1871), de séparer la colle de sa solution aqueuse par salage avec de l'hyposulfite de sodium ou du sulfate d'ammonium sous une forme pauvre en eau qui ne se putréfie plus, mérite d'attirer l'attention. L'usage de la colle en gelée commence à se répandre, notamment dans les fabriques de papier, de feutre et d'objets en bois. [La colle désignée en France sous le nom de *colle au baquet* est également une colle en gelée que l'on prépare avec les vieux gants et les peaux de lapins dépouillées de leurs poils ; elle est ordinairement additionnée de sulfate de zinc afin d'empêcher son altération, et elle est surtout employée pour le collage des cartons, des papiers peints et dans la peinture en détrempe.]

IV. *Dessiccation de la colle.* — La *dessiccation de la colle* se fait sur des filets tendus sur des châssis, et qui sont exposés dans des séchoirs à l'action du soleil et de l'air. La dessiccation est une des opérations les plus difficiles de la fabrication de la colle, parce que la température de l'air et l'état hygrométrique de celui-ci exercent sur le produit, notamment dans les premiers jours, une influence considérable. La gélatine qui doit être transformée en colle par la dessiccation ne reste solide que tant que la température n'est pas beaucoup supérieure à 20° ; à une température plus élevée, elle tombe en déliquescence, ou au moins elle se ramollit de telle sorte que la colle passe à travers les mailles du filet et adhère si fortement aux fils qu'il faut placer ceux-ci dans l'eau bouillante pour pouvoir en

enlever la colle. Si l'air est trop sec, les plaques de colle se rétractent irrégulièrement, ce qui les fait se courber et se fendre. Sous l'influence de la gelée elles se crevassent, et le fabricant est presque toujours obligé de les refondre. Par un temps humide la colle ne sèche pas, pendant la saison chaude, notamment en temps d'orage, on a à craindre que la colle ne s'altère complètement. Il résulte de là que les jours secs du printemps et de l'automne sont pour ainsi dire les seuls moments convenables pour la dessiccation de la colle. Les fabricants de colle ont bien essayé de recourir à la chaleur artificielle, mais le plus souvent sans résultat, parce que le moindre excès de chaleur faisait fondre la gélatine et ordinairement on omettait de produire en même temps le courant d'air que nécessite l'emploi de la chaleur.

Les séchoirs dont on se sert maintenant dans les grandes fabriques pour la dessiccation de la colle sont de grandes salles planchées à la partie inférieure et le long des parois desquelles sont disposés des tuyaux inclinés vers un générateur et qui permettent aux vapeurs de circuler et à l'eau de condensation de couler dans la chaudière à vapeur. Le plancher est percé de trous qui peuvent être ouverts ou fermés au moyen de tiroirs, et le plafond est muni d'ouvertures par lesquelles peut se dégager l'air saturé d'humidité. Les claies avec les plaques de colle sont posées sur des échafaudages de lattes superposées à peu de distance les unes des autres. Les claies inférieures séchent avec le plus de rapidité, de sorte qu'au bout de 18 à 24 heures les supérieures peuvent être mises à la place des inférieures. A mesure que la température de l'air s'élève on modère le chauffage et enfin, lorsque la température extérieure est à 15 ou 20°, on l'interrompt. L'orientation la plus convenable pour les séchoirs est l'exposition au nord. Les plaques de colle desséchées autant que possible sont ordinairement durcies au degré nécessaire dans une étuve fortement chauffée. Enfin, on a coutume de donner du brillant aux plaques séchées en les plongeant dans l'eau bouillante, les brossant avec une brosse humide et les desséchant de nouveau.

Colle d'os. — La colle d'os, plus spécialement désignée sous le nom de *gélatine*, est produite aux dépens de l'ossein, qui forme presque le tiers (52,17 0/0) du poids des os; elle peut être obtenue en traitant ces derniers par l'acide chlorhydrique et en dissolvant le résidu dans l'eau, ou bien en soumettant les os à l'action de vapeurs à haute pression. La préparation de la colle d'os par l'*acide chlorhydrique* est le procédé ordinaire. Ce qu'il y a de plus avantageux, c'est de combiner la fabrication de cette sorte de colle avec celle du sel ammoniac et du phosphore.

La préparation de la colle d'os comprend les opérations suivantes : I. Le *dégraissage des os*, qui s'effectue en faisant bouillir ceux-ci dans une chaudière en fonte ou en cuivre. La graisse des os se rend à la surface et peut alors être enlevée. Pour économiser le plus possible le combustible, à l'aide d'un râteau on retire du liquide bouillant les os dégraissés et on les remplace par des os frais, jusqu'à ce que la décoction se prenne en gelée.

Celle-là est employée pour la nourriture du bétail ou comme engrais. On a aussi proposé de dégraisser les os à l'aide du sulfure de carbone. II. *Le traitement des os dégraissés à l'aide de l'acide chlorhydrique.* Après le dégraisage et l'égouttage on introduit les os dans des corbeilles et celles-ci dans des cuves en bois, qui sont assez hautes pour que les corbeilles s'y élèvent à la moitié de la hauteur; on suspend ces dernières à des bâtons et on expose les os à l'action d'un acide chlorhydrique réduit à 7° Baumé (= un poids spécifique de 1,5 = 10,1 0/0 HCl). Par 10 kilogr. d'os on prend 40 litres d'acide chlorhydrique de la force indiquée. On laisse les os dans l'acide jusqu'à ce qu'ils soient complètement ramollis, ce que l'on reconnaît à ce qu'ils sont devenus transparents et qu'ils peuvent se courber dans toutes les directions; on les retire ensuite du liquide, on les laisse égoutter, on les met dans de l'eau courante, puis on les plonge plusieurs fois dans un vase contenant de l'eau de chaux et on les lave de nouveau. Après ce dernier traitement, les os sont suffisamment préparés pour être soumis à la cuisson. La solution chlorhydrique des éléments inorganiques des os est saturée par un mélange de chaux caustique et de carbonate de calcium; il se précipite du phosphate de calcium contenant 18 à 20 0/0 d'acide phosphorique et qui est employé pour préparer des engrais. Gerland a proposé récemment d'employer pour le traitement des os, à la place de l'acide chlorhydrique, une solution aqueuse d'acide sulfureux. III. *La transformation du résidu en colle.* La substance osseuse (l'osséine), complètement ou seulement partiellement desséchée, est versée dans une cuve un peu plus large en haut qu'en bas et munie d'un ou de plusieurs doubles fonds, d'un couvercle fermant bien et inférieurement d'un tuyau de vidange. La substance osseuse est déposée sur le double fond qui consiste en une grille en bois. Par une ouverture pratiquée dans le couvercle on fait arriver dans la cuve de la vapeur d'eau produite dans un simple appareil distillatoire (un alambic). Peu de temps après l'introduction de la vapeur il s'écoule par le tube de vidange un courant de gélatine liquide, qui ordinairement est assez concentrée pour que l'on puisse le verser immédiatement dans les caisses, où elle se solidifie en blocs dans lesquels on coupe les plaques de colle. Lorsqu'au bout de quelques heures il s'écoule une gélatine moins concentrée, on ouvre la cuve, on introduit les pelotons d'osséine dans une chaudière en cuivre avec la gélatine non suffisamment concentrée et en faisant bouillir et en brassant on les dissout complètement. Lorsque le liquide a acquis la consistance convenable, on le verse dans des moules et l'on procède du reste comme dans la méthode ordinaire de préparation de la colle; le phosphate de calcium qui reste encore en petite quantité dans l'osséine donne à la colle d'os un aspect laiteux, qui fréquemment est encore augmenté par une addition de blanc de baryte, de blanc de zinc, de blanc de plomb, de craie ou d'argile. La colle d'os se rencontre toujours sous le nom de *colle brevetée*.

S. Dana Hayes (1874), analysant deux sortes de colles américaines de la meilleure qualité, a obtenu les résultats suivants :

	a.	b.
Eau (se dégageant à 100°)	16,70	16,28
Gélatine	79,85	80,42
Carbonate de calcium	1,42	1,35
Sulfate de calcium	0,41	0,34
Phosphate de magnésium	0,35	0,31
Sels alcalins	0,17	0,12
Silice, oxyde de fer	0,09	0,08
Oxyde de zinc	1,01	1,12

[Les usages des colles de peau et des colles d'os sont extrêmement variés. Les espèces fines, telles que la colle de Flandre et la grenétine, qui se rencontrent dans le commerce sous forme de feuilles ou de tablettes minces et demi-transparentes incolores ou peu colorées, sont employées pour la clarification des liquides alcooliques, pour la préparation des gelées alimentaires et médicinales, pour la fabrication de l'écaille artificielle, pour l'apprêt des tissus, le collage du papier, la préparation de la *colle à bouche* (colle de Flandre sucrée et aromatisée, puis moulée en tablettes rectangulaires), du taffetas d'Angleterre, des capsules pharmaceutiques, etc. La colle de Flandre coulée sur des plaques de verre, à l'état naturel ou après avoir été colorée, fournit des lames minces élastiques et transparentes, dont on se sert (sous le nom de *papier glace* ou *papier gélatine*) pour calquer et décalquer des gravures, pour confectionner des fleurs artificielles, des images pieuses, etc. La colle forte commune, en tablettes plus ou moins épaisses de couleur brune ou brun-noirâtre, est principalement employée par les menuisiers, les ébénistes, les relieurs, les chapeliers, etc. Dans le commerce les différentes qualités de colles sont désignées par les noms des pays où elles sont fabriquées; les plus estimées sont celles de Rouen et Bouxwiller, viennent ensuite celles de Hollande, de Flandre, de Cologne et de Givet, puis celles de Souabe, d'Allemagne et de Paris.]

Colle liquide. — Si l'on traite la colle avec son poids d'eau et une petite quantité d'acide azotique, on obtient une solution qui possède encore toute la force adhésive de la colle employée, mais qui a perdu la propriété de se prendre en gelée. C'est sur cette réaction que repose la préparation de la *colle liquide* dont l'usage est généralement répandu en France et en Allemagne. D'après le procédé de *Dumoulin*, on dissout 1 kilogr. de colle de Cologne dans 1 litre d'eau et l'on ajoute peu à peu à la dissolution 200 grammes d'acide azotique à 56° Baumé. Lorsque le dégagement tumultueux des vapeurs nitreuses a cessé, on laisse refroidir le liquide. On obtient une colle liquide encore meilleure que la précédente en dissolvant au bain-marie de la gélatine claire et transparente ou de bonne colle de Cologne avec son poids de vinaigre fort, un quart d'alcool et un peu d'alun. Sous l'influence du vinaigre cette colle conserve encore sa fluidité à l'état froid. D'après *Knafl*, on prépare une colle liquide excellente en chauffant pendant 10 ou 11 heures à la température de 80 ou 85° une solution de 3 parties de colle dans 8 parties d'eau avec 1/2 partie d'acide chlorhydrique et 3/4 de partie

de sulfate de zinc. Elle est très-commode pour un grand nombre de petits travaux qui exigent une matière collante très-bonne, car elle est toujours prête au moment où l'on veut s'en servir et elle se conserve indéfiniment. Les fabricants de perles fausses en emploient de grandes quantités, elle sert en outre pour coller la nacre, la corne, etc., sur le bois et les métaux.

Essai de la colle. — Le moyen le plus sûr pour se rendre compte de la qualité de la colle consiste à l'employer à titre d'essai ; cependant il existe certaines propriétés extérieures d'après lesquelles on peut juger approximativement la valeur de cette substance. On exige d'une bonne colle qu'elle soit d'un brun clair ou d'un jaune brunâtre uniforme, qu'elle n'ait pas de taches, qu'elle soit brillante, si on n'y a pas ajouté de substances minérales, claire, transparente, cassante et dure, qu'elle demeure sèche à l'air, qu'elle se brise court lorsqu'on la courbe, qu'elle ait une cassure vitreuse brillante, qu'elle ne fasse que se gonfler, mais qu'elle se liquéfie dans l'eau froide, même après une digestion de 24 heures. Une cassure esquilleuse indique qu'elle renferme des parties tendineuses incomplètement dissoutes. On cherche souvent à augmenter la force adhésive et la tenacité de la colle en y ajoutant des poudres terreuses. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour la colle russe, qui doit sa couleur blanche opaque à une addition de céruse, de sulfate de plomb, de blanc de zinc ou de craie, que l'on mélange avec la colle dans la proportion de 4 à 8 0/0. Depuis quelque temps on ajoute souvent à la colle du blanc de baryte. On rencontre aussi dans le commerce de la colle jaune mélangée avec du chromate de plomb. On trouve très-fréquemment des colles qui, avec des qualités extérieures très-satisfaisantes, présentent, lorsqu'on s'en sert, une force adhésive laissant au contraire beaucoup à désirer. C'est pourquoi différents industriels ont proposé des *méthodes pour essayer la colle*, qui reposent sur des propriétés soit chimiques, soit physiques.

I. *Méthodes chimiques.* Méthode de *Graeger*. Partant de cette idée que la qualité d'une colle, abstraction faite de sa provenance, dépend de sa richesse en substance collante ou gélatine et de l'absence de corps étrangers, qui affaiblissent sa force adhésive, *Graeger* a déterminé la quantité de la gélatine en précipitant la solution de la colle avec le tannin. Du poids du tannate de gélatine (sa composition pour 100 parties étant supposée représentée par 52,74 parties de gélatine et 57,26 parties de tannin) il déduisait la richesse de la colle en gélatine pure. *Risler-Bennat* procède aussi d'après le principe de *Graeger*. D'après la méthode proposée par celui-là, on prépare deux solutions normales, dont l'une renferme par litre 10 gram. d'acide tannique pur, tandis qu'un litre de l'autre contient 10 gram. de colle de poisson et 20 gram. d'alun. Comme ces deux liquides ne se saturent pas à volumes égaux, l'auteur détermine le titre de l'un par rapport à l'autre et il étend ensuite la solution d'acide tannique, qui est trop concentrée, avec la quantité d'eau nécessaire pour cela. Pour essayer une colle, on dissout, d'après l'auteur, 10 gram. de celle-ci avec 10 gram. d'alun dans un litre d'eau, en

chauffant le mélange à l'ébullition, si c'est nécessaire. On prend ensuite 10 centimètres cubes de la solution de colle, car on peut être sûr que cette quantité n'est pas suffisante, la colle qu'on rencontre dans le commerce n'ayant jamais la pureté de la colle de poisson. On agite fortement le mélange, et, lorsqu'au bout de quelques minutes le précipité est déposé, on ajoute encore 1 centimètre cube de la solution de colle et l'on filtre sur un filtre de coton humide. Si une goutte de la solution de colle produit encore un trouble dans le liquide, on en ajoute encore 1 centimètre cube et l'on filtre sur le même filtre, après quoi on essaie avec une goutte de la solution de colle et ainsi de suite, jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus troublé par la solution.

On a à reprocher aux procédés de *Graeger* et de *Risler-Beunat* qu'une dissolution de colle ne peut pas être précipitée avec l'acide tannique assez complètement pour que le liquide filtré évaporé n'offre pas, lorsqu'on le chauffe, l'odeur particulière de la colle. Mais en supposant que la précipitation de la colle soit complète, on n'est pas du tout certain que la quantité de la substance combinée avec le tannin soit directement proportionnelle à la force adhésive de la colle, car la constitution de celle-ci n'est pas encore connue, et il est probable qu'elle n'est autre chose qu'une substance mixte. La gélatine et la colle sont des corps tout à fait différents, la dernière a une force adhésive qui diffère notablement de celle de la première, et cependant elles sont précipitées toutes deux de leurs solutions par la même quantité de tannin.

II. *Méthodes mécaniques.* Procédé de *Schattenmann*. Si l'on place pendant longtemps la colle à essayer dans une grande quantité d'eau à environ 15°, elle gonfle considérablement et absorbe une abondante quantité d'eau qui s'élève à cinq ou six fois son propre poids. Plus la colle gonflée est consistante et élastique, plus est grande sa force adhésive. Plus la colle absorbe d'eau, plus elle rend. *Weidenbusch* a essayé la méthode précédente, et il a trouvé qu'elle n'est pour ainsi dire applicable qu'à la colle d'os, dont la gelée, même lorsqu'elle est entièrement saturée d'eau, conserve une solidité que n'offre pas la colle de peau, de telle sorte que la manière dont se comporte la colle à ce point de vue permet déjà de reconnaître sa provenance (si elle a été préparée avec des colle-matières ou avec des os). Du reste, le pouvoir absorbant n'est pas du tout en rapport avec la force adhésive, et des espèces de colles de qualité inférieure absorbent souvent plus d'eau que les meilleures espèces. *Lipowitz* a proposé un nouveau procédé pour l'essai de la colle. Il dissout 5 parties de celle-ci dans autant d'eau bouillante qu'il en faut pour que le poids de la solution soit égal à 50 parties, et il abandonne le liquide pendant 12 heures à la température de 18°, afin qu'il se prenne en gelée sur les bords d'un gobelet de verre (fig. 565), ayant toujours le même diamètre. L'auteur pose sur les bords du vase la lame de fer-blanc *a*, dont le milieu est traversé par le fil de fer *b*, à l'extrémité inférieure duquel est soudée, le côté convexe tourné en bas, une petite lame de fer-blanc ayant la forme d'une capsule. Le fil avec la capsule pèse 5 grammes et se meut libre-

ment dans le trou de la lame *a*. L'entonnoir *c* pèse également 5 grammes ; on peut y mettre jusqu'à 50 grammes de petit plomb. Plus la gelée que forme la colle a de la consistance, plus l'instrument doit être chargé pour s'y enfoncer ; d'après cela, on peut juger de la force adhésive de la colle. *Heinze* a trouvé, dans des expériences publiées en 1864, que la méthode de *Lipowitz* donne d'excellents résultats au point de vue pratique.

La méthode d'essai de la colle indiquée par *Weidenbusch* est en principe

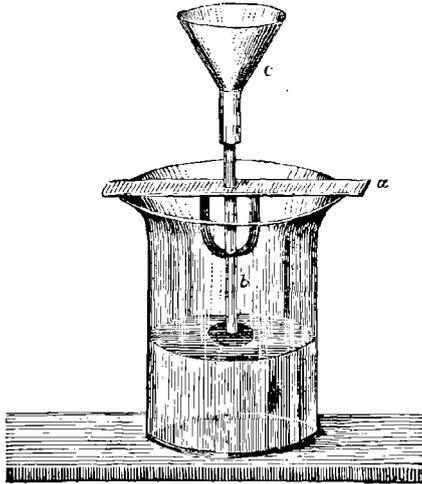


Fig. 565. — Appareil de Lipowitz pour l'essai de la colle.

une modification du procédé proposé autrefois par *Karmarsch*, et qui consiste à coller ensemble deux morceaux de bois, et à déterminer ensuite le poids qui est nécessaire pour rompre le bois. Les inconvénients de cette méthode sont évidents, puisqu'on ne réussit jamais à trouver du bois ayant toujours la même densité, le même degré de sécheresse, etc., et en supposant que cela soit possible, il est certain que la solidité d'une bonne colle est plus grande que celle du bois, de sorte que le bois se sépare facilement du bois, et que la valeur de la résistance de la colle n'est pas de cette façon déterminée. Si même le bois se séparait de la colle, une comparaison ne serait pas possible, ce serait dans le cas où la colle se séparerait de la colle. *Weidenbusch* voit dans le plâtre une substance qui absorbe la colle, mais qui offre constamment la même densité, la même surface, etc., et il le réduit en poudre fine qu'il tamise et déshydrate à 120 ou 150°. Avec cette poudre il prépare de petites baguettes, qu'il dessèche d'abord à une douce chaleur et ensuite au-dessus d'un vase renfermant du chlorure de calcium, jusqu'à ce qu'elles ne diminuent plus de poids. La détermination de la valeur de la colle repose sur les faits suivants : Lorsque les baguettes de plâtre sont imbibées avec des solutions de différentes sortes de colles, des

charges différentes sont nécessaires pour les briser, et si le poids dont le plâtre seul a besoin pour être brisé est toujours le même, la différence doit être attribuée à la colle. Dans ce but, *Weidenbusch* a imaginé un appareil à l'aide duquel on détermine, au moyen d'une charge graduelle, le poids qui est nécessaire pour briser une baguette de colle de ce genre. Le poids nécessaire pour produire la rupture d'une baguette desséchée à 100° s'élève en moyenne à 219 grammes. Pour faire un essai, on pèse la colle desséchée à 100°, on la place dans l'eau pendant la nuit pour la faire gonfler, et ensuite on la dissout dans l'eau bouillante, de manière que la solution contienne 1/10 de colle. Le liquide est coloré avec un peu de solution d'indigo neutre, afin de rendre plus apparente la couche de colle avec laquelle le plâtre va être recouvert, et l'on met ensuite les baguettes en contact avec le liquide pendant 1 ou 2 minutes; on dessèche les baguettes jusqu'à ce que leur poids demeure invariable. On les brise ensuite dans l'appareil en versant du mercure par-dessus.

Colle de poisson ou ichthyocolle. — La membrane interne pulpeuse et vasculaire de la vessie natatoire des poissons de l'ordre des Ganoïdes, auquel appartiennent le *grand esturgeon* (*Accipenser huso*), l'*esturgeon commun* (*Accipenser sturio*), le *Wardick* (*Accipenser Güldenstaedti*) et le *sterlet* (*Accipenser stellatus*), se rencontre à l'état sec dans le commerce sous le nom de *colle de poisson*. Les vessies nataoires extraites des esturgeons communs, ainsi que des espèces voisines, qui vivent dans la mer Caspienne, dans les fleuves qui se déversent dans cette mer, sur les bords de la mer Noire et dans les fleuves de la Sibérie, sont coupées, lavées, étendues et exposées au soleil; lorsque la dessiccation est arrivée à un certain degré, on enlève la membrane musculaire externe, qui ne fournit pas de gélatine par ébullition dans l'eau, et l'on donne à la membrane interne différentes formes (de couronnes, de lyres, de feuilles); afin de la blanchir on l'expose à l'action de vapeurs produites en brûlant du soufre, et ensuite on la dessèche complètement au soleil.

D'après les différents pays où l'on prépare la colle de poisson, on distingue les espèces *russes* (la meilleure est celle d'Astrakan), *de l'Amérique du Nord* (provenant du *Cadus merluccius*), *des Indes orientales* (extraite du *Polynemus plebejus* et qui se rencontre sous forme de feuilles ou de bourses formées de la vessie natatoire tout entière), *de la baie d'Hudson* (fournie par des esturgeons communs), *du Brésil* (cette sorte est, paraît-il, extraite d'espèces des genres *Silurus* et *Pimeladus*, et elle se rencontre sous forme de tubes, de boules et de disques), et enfin des espèces *allemandes* (qui sont extraites, à Hambourg, de la vessie natatoire de l'esturgeon commun). Dans les Principautés danubiennes, on fait bouillir la peau, les vessies nataoires, les intestins et l'estomac de poissons cartilagineux, de manière à obtenir une gélée consistante, on coupe celle-ci en lames minces, que l'on dessèche, que l'on roule, comme la colle de poisson véritable, et qu'on livre comme telle dans le commerce. Au point de vue de l'usage, on doit établir une distinction entre la colle préparée avec les différents organes dont il vient

d'être question et la véritable colle de poisson extraite de la vessie natatoire. La première ne se distingue nullement, si elle est préparée avec soin, de la colle obtenue avec les os et la peau, mais la colle de vessie, qui n'est pas une colle et qui ne se transforme en colle que par l'ébullition, se compose de filaments qui, lorsqu'on les dissout dans l'eau, se gonflent bien, mais ne se dissolvent qu'en partie; les filaments gonflés ont conservé leur structure, ce qui est important lorsqu'il s'agit d'employer l'ichthyocolle pour clarifier le vin, la bière, etc., parce que les filaments forment une sorte de réseau dans lequel se fixent les particules précipitées qui troublaient le liquide. On s'est aperçu que la présence de l'acide tannique est avantageuse pour la clarification à l'aide de la colle de poisson, parce qu'il produit un resserrement des fibrilles de la colle, qui englobe toutes les substances en suspension dans le liquide à clarifier, et ne laisse passer que le liquide clair. La clarification par l'ichthyocolle est, par conséquent, une sorte de filtration, d'où il résulte que la colle de vessie ne peut être remplacée pour cet usage ni par la colle ordinaire, ni par la solution de colle de poisson *préparée à chaud*. Excepté lorsqu'il s'agit de clarifier un liquide, l'ichthyocolle peut toujours être remplacée par les meilleures espèces de gélatine, par exemple, dans l'apprêt des tissus de soie, dans la préparation de la gelée alimentaire, du taffetas d'Angleterre, etc. Depuis quelques années, Rohart livre au commerce, sous le nom d'*ichthyocolle française*, un succédané de la colle de poisson, qu'il prépare avec de la fibrine de sang et du tannin.

Succédanés de la colle. — Dans ces derniers temps, on a proposé trois nouveaux succédanés de la colle : 1° la *colle-gluten*, 2° la *colle végétale* ou *albuminoïde*, 3° la *colle-caséine*. La colle-gluten est un mélange de gluten et de farine fermentée, elle est très-acide et douée d'un faible pouvoir adhésif. La colle végétale est un gluten altéré par un commencement de putréfaction. Pour la préparer on lave plusieurs fois avec de l'eau le gluten obtenu d'après le procédé ordinaire et on l'expose à une température maintenue constamment à 15 ou 25°. Dans ces conditions le gluten entre en fermentation, ce que l'on reconnaît à ce qu'il acquiert un certain degré de fluidité. Lorsque l'altération est suffisamment avancée pour que l'on puisse faire pénétrer son doigt facilement dans la masse et la désagréger, la décomposition est terminée. On verse alors le gluten devenu liquide dans des moules semblables à ceux que l'on emploie pour la colle animale et que l'on porte dans un milieu chauffé à 25 ou 30°; au bout de 24 ou 48 heures, les couches supérieures sont devenues dures; on retire alors les tablettes des moules et on les dépose, le côté dur tourné en bas, sur un tissu de lin ou une toile métallique, on les transporte de nouveau dans l'étuve et on les laisse sécher complètement, ce qui exige 4 ou 5 jours. La colle végétale ainsi préparée peut être conservée ou employée immédiatement. La dissolution de cette colle dans le double de son poids d'eau est le liquide normal; on l'étend plus ou moins selon l'usage que l'on veut en faire. On peut employer la colle aux usages suivants : 1° pour coller le bois, à la place de la colle ordinaire; 2° pour coller le grès, la porcelaine, le verre, la nacre;

3° pour coller le cuir, le papier, le carton; 4° pour l'encollage dans la fabrication des tissus; 5° pour clarifier les liquides; 6° pour apprêter et laver la soie, etc.; 7° à la place de l'albumine, pour fixer les couleurs ou comme mordant dans la teinture ou l'impression des tissus.

La colle-caséine se prépare en dissolvant de la caséine dans une solution saturée de borax. On obtient alors un liquide épais, qui se distingue par une grande force adhésive et qui peut remplacer la colle ordinaire dans un grand nombre de circonstances, notamment dans l'ébénisterie et la confection des portefeuilles, etc.

Sous le nom de colle élastique on a imaginé une espèce de colle offrant des caractères particuliers. La colle peut être ramollie d'une manière persistante par la glycérine, qui la rend élastique et susceptible de se conserver. Le mélange se prépare de la manière suivante : on fait désagréger de la colle dans de l'eau qui est chauffée au bain-marie, et l'on continue l'action de la chaleur jusqu'à ce que le liquide soit tout à fait épais, après quoi on ajoute une quantité de glycérine égale au poids de la colle employée; on brasse bien le mélange et l'on continue de chauffer afin de vaporiser le reste de l'eau, puis on verse la masse dans des moules ou sur une table de marbre et on la laisse refroidir complètement. Cette substance peut être employée pour confectionner des rouleaux à encre pour les imprimeurs, pour prendre l'empreinte d'objets destinés à être reproduits par la galvanoplastie, etc.

FABRICATION DU PHOSPHORE

Généralités. — Le phosphore a été isolé de l'urine par *Brandt*, de Hambourg, en 1669, et des os par le chimiste suédois *Gahn*, en 1769; ce n'est cependant qu'en 1771 que *Scheele* a indiqué un procédé convenable pour la préparation de ce corps, et depuis l'invention des allumettes phosphoriques il est devenu une substance extrêmement importante au point de vue industriel; il se rencontre dans quelques minéraux, l'apatite, la phosphorite et la staffélite (par exemple, dans celles de Amberg et de Redwitz en Bavière et dans celle de Diez dans le duché de Nassau¹), ainsi que dans les os qui en renferment une quantité assez considérable pour que son extraction soit avantageuse (voy. t. I, p. 564). La présence du phosphore dans la plupart des minerais de fer offre également de l'importance au point de vue technologique².

¹ D'après une analyse de *Th. Petersen* (1866), la staffélite de Diez contient 56,78 0/0 d'acide phosphorique, ce qui correspond à 16,06 0/0 de phosphore. La quantité de staffélite exportée de Lahnstein et de Pfaffendorf s'est élevée en 1874 à 55,869,950 kilogr. représentant une valeur de 1,246,477 francs. *Fr. Sandberger* a montré (1873) que les staffélites des environs de la Lahn proviennent de l'apatite de la diabase. L'iode qu'on ne peut pas trouver dans la roche primitive se concentre dans ces staffélites.

² D'après les calculs de *J. Hargreaves* (1870), les minerais de fer avec lesquels on prépare annuellement, dans le Cleveland, 1 milliard 500 millions de kilogr. de fonte, contiennent 42,943,000 kilogr. d'acide phosphorique (correspondant à 21,830,000 kilogr. de phosphore).

Préparation du phosphore. — Si l'on fait abstraction des tentatives, jusqu'à présent inutiles, que l'on a faites pour employer à la fabrication du phosphore l'apatite, certaines variétés de phosphorite, qui sous leur forme la plus pure renferment jusqu'à 18,6 pour 100 de phosphore, la sombrérite¹ et le phosphate de fer (qui d'après le procédé proposé par *Minary* et *Soudry* est distillé avec de la poudre de coke bien cuit), les os constituent maintenant la seule matière de laquelle le fabricant extrait le phosphore avec avantage.

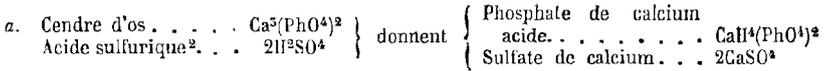
Les os, tels qu'ils sont livrés au fabricant, contiennent :

à l'état sec, mais non calcinés.	41 à 42 0/0 de phosphore;
— de charbon.	16 à 18 —
— de cendre.	20 à 25,5 —

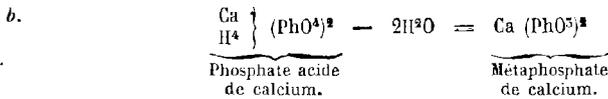
La composition de la cendre des os est indiquée par les deux analyses suivantes :

	1.	2.
Carbonate de calcium.	10,07	9,42
Phosphate de magnésium.	2,98	2,15
Triphosphate de calcium.	83,07	84,59
Fluorure de calcium.	3,88	4,05

D'après le procédé de *Nicolas* et *Pelletier*, dont on se sert maintenant, les os réduits en cendre sont décomposés par l'acide sulfurique :



et le phosphate acide de calcium, mélangé avec du charbon, est chauffé dans des vases appropriés, où le phosphate acide de calcium se transforme en métaphosphate de calcium en abandonnant de l'eau :



Si l'on continue de chauffer jusqu'au rouge blanc, le métaphosphate de

¹ La *sombrérite*, minéral qui se trouve en grande quantité aux Antilles, notamment dans l'île de Sombrero, se compose essentiellement de phosphate et de carbonate de calcium. Elle est maintenant apportée en Europe où on l'emploie pour fabriquer des engrais artificiels et du phosphore. D'après *F. Sandberger*, la *sombrérite* (phosphate de Sombrero) est du calcaire corallien qui, tout en conservant les fossiles, a été complètement transformé en phosphorite par suite de la pénétration à travers sa masse des sels solubles du guano déposé sur lui. Le *guano de Navassa* ou la *navassite*, apporté depuis peu de temps de l'Amérique du Nord en Europe, est analogue à la *sombrérite*; d'après les analyses de *Ulex*, il contient 1/3 de son poids d'acide phosphorique.

² Le poids moléculaire technique de l'acide sulfurique anglais = 106.

calcium est réduit de telle sorte que l'on obtient les deux tiers du phosphore du phosphate de calcium, tandis que l'autre tiers reste dans le résidu :

Métaphosphate de calcium.	$5\text{Ca}(\text{PhO}^5)_2$	} donnent	{	Triphosphate de calcium. $\text{Ca}^3(\text{PhO}^4)^2$
et Charbon.	10C			Oxyde de carbone. 10CO

Dans les usines où l'on ne s'occupe absolument que de la fabrication du phosphore, on perd presque toujours la substance collagène des os (qui forme presque $\frac{1}{3}$ du poids de ceux-ci) ; si au contraire l'extraction du phosphore est pratiquée concurremment avec la fabrication de la colle d'os, du sel ammoniac et du prussiate de potasse, les os (non calcinés) sont, après leur dégraissage, traités par l'acide chlorhydrique ; la substance organique qui reste est employée pour la fabrication de la colle d'os (voyez page 484), tandis que le phosphate de calcium dissous dans l'acide chlorhydrique est précipité avec du carbonate d'ammonium et employé pour la préparation du phosphore. Le liquide qui surnage le précipité est traité pour sel ammoniac.

Le *procédé ordinaire de la fabrication du phosphore* comprend les quatre opérations suivantes :

- 1^o Calcination des os et pulvérisation de la cendre,
 - 2^o Décomposition de la cendre par l'acide sulfurique et évaporation du phosphate acide de calcium avec du charbon,
 - 3^o Distillation du phosphore,
 - 4^o Raffinage et conservation du phosphore.
- 1^o **Calcination des os.** — Les os employés pour la fabrication du phosphore sont en majeure partie fournis par les ateliers d'équarrissage qui se

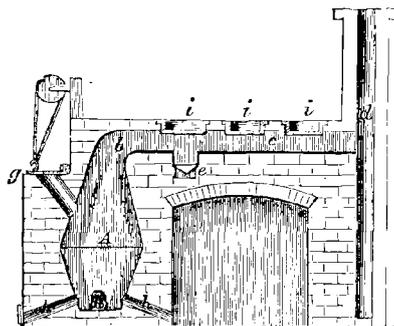


Fig. 564. — Four pour la calcination des os.

trouvent dans le voisinage de la fabrique. On emploie aussi quelquefois le noir épuisé des raffineries de sucre. La calcination des os a pour but de détruire complètement *tous* les éléments organiques. Les fours employés dans ce but ont ordinairement la forme des fours à chaux à cuisson continue. La figure 564 représente un four de ce genre. Sur la sole du four on place une

couche de bois, puis on remplit la cuve A avec les os en ouvrant la porte *g*, on allume le bois et l'on entretient le feu en ajoutant du charbon frais : les canaux *hh* servent à l'introduction de l'air nécessaire à la combustion. Les os calcinés sont extraits par la porte *h'* et remplacés par de sos frais. Les gaz à odeur extrêmement désagréable qui se dégagent pendant la calcination sont conduits par le canal *bc* dans la cheminée *d*; dans ce trajet ils sont brûlés en passant au-dessus du feu entretenu sur la grille du foyer *e*, destiné à chauffer les chaudières *i, i, i*.

100 kilog. d'os frais fournissent de 50 à 55 kilog. d'os calcinés, qui au moyen d'un rouleau ou d'un bocard sont concassés en fragments, dont la grosseur la plus convenable est celle d'une lentille.

2° Décomposition de la cendre d'os par l'acide sulfurique et concentration des solutions. — Les os calcinés et concassés sont décomposés par l'acide sulfurique concentré. 100 kilog. de cendre d'os (contenant environ 80 kilog. de triphosphate de calcium) exigent pour leur décomposition :

106,73 kilogr. d'acide sulfurique d'un poids spécifique de 1,52			
85,68	—	—	1,70
73,65	—	—	1,80

D'après les indications de *Payen*, on prend pour 100 kilog. de cendre d'os 100 parties d'acide sulfurique à 50 0/0 ou d'un poids spécifique de 1,52. La décomposition par l'acide sulfurique s'effectue dans des cuves en bois revêtues de plomb ou goudronnées. [La cendre d'os étant introduite dans ces cuves, on ajoute de l'eau bouillante de manière à recouvrir un peu la poudre, puis on y fait couler en un filet assez mince les proportions convenables d'acide sulfurique, en ayant soin d'agiter continuellement la masse ; au lieu de procéder ainsi, on peut verser l'acide dans l'eau bouillante et ensuite y délayer graduellement la poudre d'os. Cela fait, on abandonne le mélange et au bout de 24 ou 36 heures on délaye la masse pâteuse avec son volume d'eau bouillante. Après quelques heures de repos, on sépare le liquide du dépôt qui s'est formé et l'on recommence la même opération. On obtient ainsi deux lessives, dont la première marque 8 à 10° B., la seconde 5 à 6° B; ces deux liquides sont réunis et soumis à l'évaporation. Le résidu de ces deux lixiviations, qui ne renferme plus que très-peu de phosphate acide de calcium, est lavé à l'eau et le liquide ainsi obtenu est employé au lieu d'eau pure pour diluer l'acide sulfurique destiné à la décomposition d'une nouvelle quantité de cendre d'os.]

La *concentration* des lessives acides à 45° Baumé s'effectue dans de petites chaudières en plomb, dont le fond repose sur une plaque de fer ; elles sont chauffées par la chaleur des fours à distillation ou par celle des fours à calcination (fig. 364, *i, i*). La lessive amenée à consistance sirupeuse est mélangée avec du charbon de bois concassé en fragments gros comme une lentille (pour 100 parties de lessive 20 ou 25 de charbon) ; [elle est ensuite desséchée dans des chaudières en fonte, jusqu'à ce qu'elle soit devenue assez consistante pour pouvoir être granulée sur une sorte de tamis de cuivre ;

la poudre granulée est encore desséchée à un feu doux, jusqu'à ce qu'elle ne s'attache plus aux doigts].

La masse ainsi obtenue se compose de phosphate acide de calcium, de charbon et d'eau (celle-ci dans la proportion de 5 à 6 0/0). Dans les premiers temps de la fabrication du phosphore on pensait que l'acide phosphorique se trouvait dans cette masse à l'état pur et qu'il avait abandonné toute sa chaux à l'acide sulfurique. Plus tard, *Fourcroy* et *Vauquelin* trouvèrent que le triphosphate de calcium ($\text{Ca}^3, 2\text{PhO}^4$), tel qu'il se rencontre dans la cendre des os, n'a fait que se transformer en phosphate de calcium acide ($\text{CaH}^4, 2\text{PhO}^4$): c'est pourquoi ils furent conduits à proposer l'emploi d'une plus grande quantité d'acide sulfurique, afin, comme ils le pensaient, d'enlever une plus grande quantité de calcium au phosphate. Cette opinion a été réfutée par *Javal*, qui a découvert que de l'acide phosphorique pur mélangé avec du charbon ne donne que peu ou point de phosphore, parce qu'il se volatilise à une température plus basse que celle qui est nécessaire pour sa décomposition, et il se soustrait par suite à l'action réductrice du charbon. La présence de l'eau dans le mélange est la cause que pendant la distillation il se produit, indépendamment de l'oxyde de carbone, des carbures d'hydrogène et de l'hydrogène phosphoré.

3° Distillation du phosphore. — Le chauffage du mélange de phosphate acide de calcium et de charbon en vue de la distillation du phosphore s'effectue dans des cornues en terre réfractaire ayant la forme de bouteilles avec col recourbé légèrement et présentant une grande analogie avec celles qui sont employées pour la préparation de l'acide sulfurique de Nordhausen. [On emploie également des bouteilles cylindriques terminées par un col presque droit et quelquefois, mais beaucoup moins fréquemment qu'autrefois, des cornues ordinaires; enfin, on se sert aussi, notamment en Allemagne, de cornues cylindriques, disposées comme celles des usines à gaz et dont l'orifice extérieur est fermé par un couvercle circulaire muni au centre d'une ouverture, dans laquelle s'adapte le tube de dégagement.]

Les fours qui servent pour chauffer ces cornues sont des fourneaux de galère, analogues à ceux des fabriques d'acide sulfurique de Saxe et d'acide azotique. Un four de ce genre renferme 24 cornues, 12 de chaque côté, ou un plus grand nombre lorsque, comme cela a lieu quelquefois, deux ou trois rangées de cornues sont superposées. Comme on l'a déjà dit, l'action de la chaleur a pour premier résultat la transformation du phosphate acide de calcium ($\text{CaH}^4, 2\text{PhO}^4$) en métaphosphate ($\text{Ca}, 2\text{PhO}^3$), qui à mesure que la température s'élève abandonne les deux tiers de son phosphore, tandis qu'un tiers reste sous forme de triphosphate de calcium ($\text{Ca}^3, 2\text{PhO}^4$).

[Ordinairement les récipients condenseurs sont des espèces de cloches en terre vernissée renversées dans des cuvettes remplies d'eau, dans laquelle se rassemble le phosphore condensé, que l'on peut ensuite enlever facilement; deux de ces récipients correspondent à une cornue; le premier communique d'un côté avec le col de la cornue, au moyen d'un ajutage descendant à l'intérieur de la cloche à une très-faible distance de la surface de l'eau de la

cuvette, et de l'autre par un ajutage semblable avec le deuxième récipient, qui porte à sa partie inférieure, vis-à-vis de l'ajutage établissant la communication entre les deux récipients, un tube de dégagement pour les gaz. Les récipients sont quelquefois des pots fermés par un couvercle luté, et disposés par paires comme les récipients à cloches ; ils sont remplis d'eau presque jusqu'aux ouvertures de communication. Dans les fours qui contiennent trois rangées superposées de cornues, les récipients sont à plusieurs étages, chacun à moitié rempli d'eau et communiquant les uns avec les autres de haut en bas par des tuyaux assez larges ; ils sont ordinairement en fonte émaillée et chacun d'eux reçoit au moyen d'un tube de même matière les vapeurs de trois cornues superposées.

Les cornues ayant été chargées avec la masse à distiller on les dispose dans le four après en avoir enlevé la partie extérieure ; on rétablit ensuite la paroi avec des briques lutées en laissant seulement des ouvertures pour le passage des cols ; ceux-ci reposent alors sur la partie mobile, tandis que le fond des cornues s'appuie sur un petit mur placé au milieu du four entre les deux foyers ; on laisse entre les cornues un espace libre de 12 à 15 centimètres, afin que la flamme puisse circuler librement dans toutes les parties du four avant de se rendre à la cheminée. On commence le chauffage à l'aide d'un feu doux et pendant ce temps on met les récipients en place, puis on lute tous les joints. Au bout de 6 à 8 heures, le feu ayant été augmenté graduellement, une portion de l'eau, qui se trouve encore dans la masse se volatilise, tandis que l'autre portion donne naissance avec le charbon à de l'hydrogène carboné et à de l'oxyde de carbone ; il se dégage aussi de l'acide sulfureux ; cette phase terminée, la nature des gaz change et il se dégage des gaz combustibles, qui s'enflamment spontanément ; ces gaz sont de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène phosphoré ; peut-être renferment-ils aussi un peu d'oxyde de carbone saturé de vapeurs de phosphore. Ils brûlent d'abord avec une flamme blanche bien éclairante, qui plus tard devient gris-bleuâtre. Afin d'éloigner aussi rapidement que possible les gaz nuisibles à la santé des ouvriers, on dispose au-dessus des récipients dans toute la longueur du four une hotte en forme de toit, au milieu de laquelle se trouve une cheminée en bois qui conduit les gaz au-dehors¹. [La distillation du phosphore commence avec le dégagement des gaz combustibles ; celui-ci ne cesse pas un instant pendant toute la durée de l'opération et lorsqu'il s'arrête, ce que l'on reconnaît à la disparition de la flamme bleue qui s'échappe de l'orifice libre du récipient, cela indique qu'il ne distille plus de phosphore.] Pendant la distillation on maintient l'eau des récipients à une basse température. Après que l'on a chauffé environ 46 heures et qu'on a enfin atteint le rouge blanc, la quantité du phosphore qui distille diminue tellement qu'elle n'indemnise plus des frais de chauffage. Les récipients sont alors enlevés et l'on vide sous l'eau dans une cuve le phosphore qu'ils renferment et qui, par suite de son

¹ J. H. Player (1874) propose de diriger les gaz qui se dégagent dans du sulfate de cuivre ; on obtient ainsi du phosphure de cuivre, qui peut être utilisé dans la fabrication du bronze phosphoreux.

mélange avec du phosphore de silicium, du phosphore de carbone, du phosphore amorphe et d'autres modifications allotropiques, est brun, rouge, noir ou blanc. Lorsque le four est complètement refroidi on le démonte, on enlève les cornues, on nettoie celles-ci avec une spatule en fer, après quoi on les charge de nouveau ainsi que le four. — 100 kilog. du mélange introduit dans les cornues donnent environ 14 kilog 1/2 de phosphore brut humide, qui après avoir été fondu de nouveau pèse 12 kilog. 600.

La méthode recommandée par *Wöhler* pour la préparation du phosphore avec un mélange de poudre d'os, de charbon et de sable, ne peut guère être employée avantageusement pour la préparation en grand de ce corps, même en supposant que l'on ait des cornues suffisamment réfractaires et que la

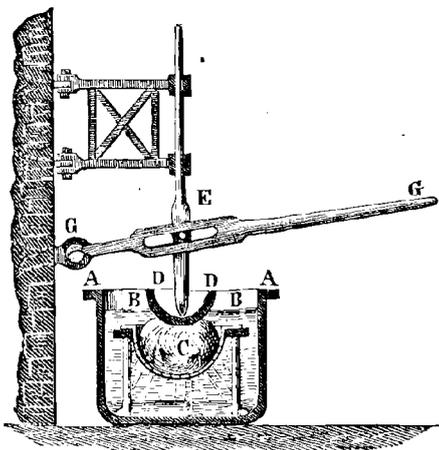


Fig. 363. — Ancien appareil pour l'épuration du phosphore.

décomposition du phosphate de calcium par la silice soit complète ; et en effet on n'obtiendra jamais autant de phosphore avec la même quantité de combustible, si l'on introduit dans les cornues une masse ne contenant que le tiers de l'acide phosphorique renfermé dans la masse employée jusqu'ici et si en outre on ajoute une autre substance, la silice, qui manque dans le mélange ordinaire et avec cela la masse nouvelle exige pour sa décomposition une température beaucoup plus haute, c'est-à-dire beaucoup plus de combustible. *C. Brisson* a modifié le procédé de *Wöhler* en ajoutant du carbonate de sodium au mélange précédent et fondant la masse dans un fourneau à cuve. L'opération doit être dirigée de telle sorte que le phosphore devenu libre n'arrive pas au contact de l'air, ce qui dans la pratique ne peut être obtenu que difficilement.

Le résidu de la fabrication du phosphore est un excellent agent de clarification, notamment pour la glycérine (d'après *A. v. Schrötter*), et il est recherché pour cet usage.

4^e Épuration et conservation du phosphore. — Le phosphore brut

extrait par distillation est un mélange de phosphore pur, de combinaisons de ce corps avec du charbon et du silicium, de phosphores rouge et noir et de diverses autres substances étrangères. Pour le purifier on le faisait autrefois passer à l'état fondu à travers une peau de chamois. On procédait dans ce but de la manière suivante : on renfermait le phosphore dans un morceau de peau de chamois mouillée, on liait celle-ci et l'on plaçait la bourse C ainsi obtenue (fig. 365) dans une passoire en cuivre contenue dans un vase AA, qui renfermait de l'eau chauffée à 50 ou 60°. Aussitôt que tout le phosphore était fondu, on appliquait sur la bourse une capsule en bois DD, et en pressant à l'aide de la tige E et du levier GG, on faisait passer le phosphore à travers la peau. Dans les fabriques françaises on épure maintenant le phosphore d'une autre manière, qui consiste à le faire filtrer sur du noir animal en grains. Dans ce but, on étend le noir en une couche de 6 à 10 centimètres sur le faux-fond criblé de trous du vase A et l'on remplit

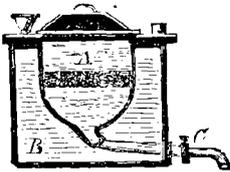


Fig. 366.

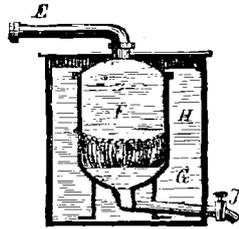


Fig. 367.

Mode actuel d'épuration du phosphore.

celui-ci aux deux tiers avec de l'eau, dont la température est maintenue à 60° au moyen du bain-marie B (fig. 366). Le phosphore brut placé dans le vase A entre en fusion, filtre à travers le noir animal et coule par le robinet C et le tube E (fig. 367) dans le vase F, qui est rempli avec de l'eau et chauffé par le bain-marie G ; en H se trouve un faux-fond percé de trous et recouvert d'une peau de chamois, à travers laquelle passe le phosphore comprimé par la pression de l'eau. Le phosphore épuré coule par le robinet J.

D'après un autre procédé, on se sert de plaques poreuses faites avec de la pâte de briques réfractaires ; ces plaques sont disposées dans des cylindres en fonte et mises en communication avec une machine à vapeur ; la vapeur d'eau contenue dans les cylindres comprime le phosphore fondu et le fait passer à travers les plaques poreuses. Pour empêcher que les pores des plaques ne s'obstruent, on mélange le phosphore brut avec de la poudre de charbon. Le résidu de charbon (contenant encore du phosphore) est distillé dans des cornues particulières ou mélangé au contenu des cornues avant l'extraction du phosphore. On obtiendrait en suivant cette méthode 95 kilogr. de phosphore épuré pour 100 kilogr. de phosphore brut.

En Allemagne on pratique généralement l'épuration du phosphore en

distillant celui-ci dans des cornues en fonte. Chacune de ces cornues est placée dans un fourneau, où elle repose sur un trépied en fer. Du côté du col des cornues, le fourneau est muré avec des briques lâchement jointes. L'introduction des cornues dans ce fourneau a lieu de ce même côté. Leur col plonge à une profondeur de 15 ou 20 millimètres dans l'eau, qui se trouve dans un baquet, et qui déborde dès qu'une certaine quantité de phosphore vient augmenter le contenu du vase. Le phosphore brut, qui doit être distillé, est fondu sous l'eau dans une chaudière en cuivre et mélangé avec 12 à 15 0/0 de son poids de sable humide, puis versé dans les cornues dans la proportion de 5 ou 6 kilogrammes, ou en quantité telle qu'il ne puisse pas sortir des cornues lorsqu'il fond. On mélange le phosphore avec du sable humide, afin qu'il ne s'enflamme pas lorsqu'on le verse dans les cornues et qu'on met celles-ci en place. Dans les cas les plus favorables le phosphore brut anhydre donne à la distillation 90 0/0 de phosphore rectifié. Dans une fabrique de phosphore de Paris, on épure le phosphore sans distillation, *par voie chimique*, en mélangeant dans la chaudière en cuivre, dont on se sert pour la fusion du phosphore brut, 100 kilogrammes de phosphore brut, 3 kilogrammes et demi d'acide sulfurique anglais et 3 kilogrammes et demi de bichromate de potassium. Il se produit une légère effervescence, et le phosphore qui se trouve au-dessous du liquide vert est devenu presque incolore et transparent, de telle sorte qu'immédiatement après le lavage il peut être moulé en forme de baguettes. 100 kilogrammes de phosphore brut donnent, d'après ce procédé, 96 kilogrammes de phosphore épuré.

Moulage du phosphore. — Il ne reste plus maintenant qu'à donner au phosphore une forme commode, qui depuis longtemps est celle de bâtons longs et minces. Dans ce but, on le moule dans des tubes de verre. On plonge une des extrémités du tube dans le phosphore fondu sous l'eau et avec la bouche on aspire lentement à l'autre extrémité, jusqu'à ce que le tube soit presque entièrement rempli de phosphore. Avec le doigt on bouche l'extrémité supérieure du tube, on retire celui-ci et on le plonge rapidement dans de l'eau froide; le phosphore se solidifie promptement et à l'aide d'une baguette de bois ou de verre, on le fait sortir du tube. Pour aspirer on peut se servir avantageusement, au lieu de la bouche, d'une vessie de caoutchouc comme celle que l'on emploie souvent dans l'analyse volumétrique, pour aspirer les liquides dans les pipettes. Dans les fabriques françaises, ce procédé est maintenant encore généralement employé avec cette modification, que chaque tube de verre, dont le mouleur a une ou deux douzaines à sa disposition, est muni inférieurement d'un ajutage en fer au milieu duquel se trouve un robinet; l'ouvrier remplit le tube de verre en aspirant par l'ajutage, il ferme le robinet et il plonge le tube dans de l'eau froide; lorsque tous les tubes sont remplis, on les vide en ouvrant le robinet et en y introduisant un fil de fer, après cela ils sont de nouveau remplis avec du phosphore. Un bon ouvrier peut mouler en un jour, sous forme de bâtons, plus de 100 kilogrammes de phosphore.

Seubert a indiqué un autre procédé pour le moulage du phosphore. L'appareil qu'il emploie consiste en une chaudière en cuivre D établie dans une maçonnerie (fig. 568), et au fond de laquelle est soudé un canal de cuivre *a* débouchant dans un réservoir à eau C. Dans la chaudière se trouve un entonnoir en cuivre A muni d'un tube horizontal B, qui est destiné à recevoir le phosphore et qui peut en contenir 8 ou 10 kilogrammes. La partie horizontale de l'entonnoir se termine par le robinet B, et par un élargissement sur lequel est vissée une plaque de cuivre dans laquelle sont fixés

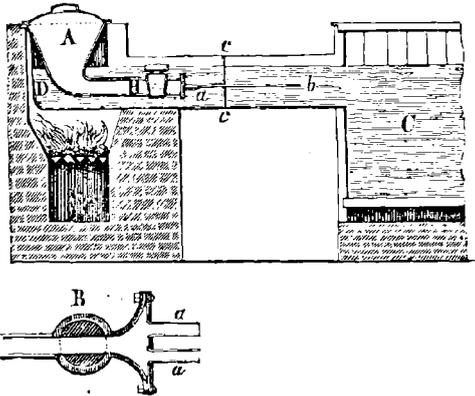


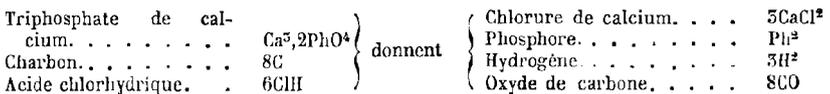
Fig. 568. — Appareil de Seubert pour le moulage du phosphore.

deux tubes de verre *aa*. Le canal ouvert est partagé par une cloison de bois étanche *cc*, qui empêche la communication de l'eau dans les deux parties du canal et qui en même temps sert de support aux tubes *ab*. L'entonnoir A est rempli avec du phosphore et la chaudière D est chauffée de manière à ce que le phosphore entre en fusion. Comme de l'eau chauffée se trouve en contact avec la cloison *cc*, il coulera au commencement de l'opération, si l'on ouvre le robinet B et si on le referme, une petite quantité de phosphore dans les tubes *ab*, mais celui-ci s'y solidifiera et par suite bouchera les tubes. Si maintenant, on ouvre de nouveau le robinet, on peut, à l'aide de la portion de phosphore solidifiée qui sort des tubes, retirer tantôt d'un tube, tantôt de l'autre les bâtons de phosphore qui se forment derrière la portion sortie, les couper et les rassembler en C, à l'abri de l'action de la lumière. D'après les indications de *Seubert*, un ouvrier exercé doit pouvoir à l'aide de cet appareil mouler de 30 à 40 kilogrammes de phosphore en une heure, tandis que *Fleck* a trouvé que dans les conditions de température les plus avantageuses, on ne peut pas mouler plus de 50 kilogrammes en six heures. Si l'on veut mouler le phosphore non pas en bâtons mais en *grains*, on dépose sur de l'eau froide, qui se trouve dans une cuve, une couche d'eau bouillante de 6 à 8 centimètres d'épaisseur, de manière à ce que les deux couches ne se mélangent pas ensemble et l'on fait couler goutte à goutte le phosphore fondu par le robinet B en partie ouvert de

l'appareil *Seubert*. Chaque goutte se solidifie en une masse dure aussitôt qu'elle arrive dans l'eau froide. La forme de grains qui est beaucoup plus commode devrait être préférée aux bâtons. Le phosphore anglais (d'*Albright*, de Birmingham) est livré depuis quelque temps sous forme de secteurs ou fragments de disques.

On conserve le phosphore moulu dans une caisse revêtue de fer-blanc qui contient environ 500 kilogrammes de ce corps; le phosphore est immergé dans l'eau, et il doit être à environ 3 centimètres au-dessous de la surface liquide. L'emballage, lorsqu'il s'agit de grandes quantités, s'effectue dans de petits tonneaux à vin que l'on remplit complètement d'eau après y avoir mis le phosphore; l'eau dont on se sert pour cela a été additionnée d'un peu d'alcool, afin d'empêcher sa congélation lorsque le transport a lieu en hiver. Les tonneaux sont enduits extérieurement avec de la poix noire et roulés dans de la paille hâchée ou du foin; enfin on les emballe dans une grosse toile grise. On emballe de cette manière de 50 à 250 kilogrammes dans un seul tonneau. Il y a des fabricants qui préfèrent cependant en toutes circonstances l'emballage dans des boîtes en fer-blanc. Le phosphore est introduit dans ces boîtes, qui sont ensuite remplies avec de l'eau et soudées avec soin, de manière à ce que le liquide ne puisse pas s'épancher au dehors. Il est nécessaire d'essayer à diverses reprises si les boîtes sont bien étanches; la meilleure manière de procéder à cet essai consiste à bien sécher les boîtes et à poser la surface soudée sur une feuille de papier buvard blanc; au bout de quelque temps on observe s'il existe une tache humide sur le papier, et l'on peut en même temps découvrir facilement les parties non fermées. Les boîtes en fer-blanc sont ensuite emballées dans des caisses solides garnies de cercles ou dans des tonneaux de hêtre, et livrées ainsi au transport.

Autres méthodes de fabrication du phosphore. — Parmi les nouvelles méthodes indiquées pour la préparation du phosphore, nous citerons d'abord celle de *Donavan*, qui propose l'emploi du phosphate de plomb. Il recommande d'opérer de la manière suivante. Pour 10 kilogrammes d'os concassés on prend un mélange de 6 kilogrammes d'acide azotique et de 40 litres d'eau, on laisse digérer pendant quelques jours, on précipite le liquide séparé de la substance animale des os avec une solution de 8 kilogrammes d'acétate neutre de plomb, on lave et on dessèche le précipité, on le chauffe au rouge, on le mélange ensuite avec 1/6 de son poids de noir de fumée ou de poudre de charbon, et on distille le mélange dans des cornues d'argile. On ne dit pas si *Donavan* a essayé sa méthode en grand et si elle lui a donné un résultat satisfaisant. La pratique ne s'est pas encore prononcée au sujet d'un deuxième procédé imaginé par *Cari-Montrand*. Ce procédé consiste à exposer au rouge à l'action du gaz chlorhydrique, un mélange d'os calcinés et de charbon.



Procédé de Fleck. — Le procédé de *Fleck*, qui consiste à extraire simultanément le phosphore et la colle d'os, est beaucoup plus important que les méthodes précédentes. Il est basé sur la solubilité du phosphate de calcium dans l'acide chlorhydrique et sur sa séparation sous forme de phosphate acide de calcium, lorsqu'on évapore la solution dans des vases en pierre appropriés à cet usage. D'après la théorie, 156 parties de triphosphate de calcium ($\text{Ca}^2, 2\text{PhO}^6$) exigent 73 parties d'acide chlorhydrique anhydre, et il en résulte 109 parties de chlorure de calcium, 100 parties de phosphate de calcium acide et 18 parties d'eau. En outre, il se forme par calcination plus de 100 parties de phosphate acide de calcium et de 20 parties de charbon, 21,2 parties de phosphate, 52 parties de triphosphate de calcium et 46,7 parties d'oxyde de carbone. Si maintenant l'on incinère le mélange de triphosphate de calcium et de charbon qui reste, et si on le traite de nouveau par l'acide chlorhydrique, il se sépare encore après l'évaporation de cette solution du phosphate de calcium acide et ainsi de suite, de telle sorte que si l'on continuait de procéder ainsi avec la même substance, il ne resterait qu'une quantité insignifiante de triphosphate de calcium. Il résulte des expériences effectuées jusqu'à présent, qu'il sera possible d'enlever tout le phosphore aux os, si l'acide chlorhydrique est autant que possible exempt d'acide sulfurique, si la solution évaporée est aussi concentrée que possible et si la masse cristalline de phosphate acide de calcium est aussi pure que possible. L'extraction du phosphore et de la colle d'os comprend les opérations suivantes : 1° le nettoyage, la pulvérisation et le traitement des os par l'acide chlorhydrique; 2° l'évaporation et la cristallisation de la solution, la compression du phosphate acide de calcium et son mélange avec du charbon; 3° la distillation et l'épuration du phosphore, et 4° la production de la colle. Les os nettoyés, concassés et dégraissés sont soumis à l'action d'un acide chlorhydrique amené avec de l'eau à 7° Baumé. On fait ensuite macérer les os dans de l'acide chlorhydrique à 30° Baumé, où on les laisse jusqu'à complet ramollissement; ce deuxième liquide est mélangé, au lieu d'eau, avec l'acide chlorhydrique que l'on emploie pour le traitement d'os frais. Le premier liquide est une dissolution de phosphate acide de calcium et de chlorure de calcium, il marque 16° à l'aréomètre de Baumé; il est versé dans des vases à évaporation. Le choix du vase constitue une difficulté du procédé de *Fleck*, parce que les liquides contenant de l'acide chlorhydrique ne peuvent pas être évaporés dans des vases de plomb et qu'ils exigent l'emploi de vases d'argile difficiles à confectionner. La dissolution peut cristalliser dès qu'elle marque 30° Baumé. La masse cristalline qui se sépare par le refroidissement et le repos, est comprimée et immédiatement mélangée dans un vase d'argile chauffé à 100° avec un quart de son poids de poudre de charbon; elle est ensuite passée au travers d'un tamis de cuivre, jusqu'à ce qu'elle se laisse écraser entre les doigts. On la chauffe maintenant dans des cornues de forme particulière. Le résidu de phosphate de calcium, mélangé avec du charbon, qui reste dans les cornues, est incinéré et soumis à l'action d'acide sulfurique concentré, ce qui donne immédiate-

ment une solution très-concentrée, qui n'a besoin de rester que peu de temps dans les chaudières pour pouvoir cristalliser. Le phosphore brut obtenu est épuré et moulé comme à l'ordinaire. Les os débarrassés de phosphate de calcium par l'acide chlorhydrique sont transformés en colle.

Procédés de Gentele, de Gerland, de Minary et Soudry. — D'après une méthode indiquée par *Gentele* en 1857 pour la préparation simultanée du phosphore et du sel ammoniac (ainsi que de la colle d'os), on sature le phosphate de calcium dissous dans l'acide chlorhydrique par le carbonate d'ammonium, que l'on obtient comme produit accessoire de la fabrication du noir animal, et on l'emploie pour l'extraction du phosphore. La solution de chlorure d'ammonium qui surnage le précipité est traitée pour sel ammoniac. — *Gerland* propose (1864) d'extraire les phosphates des os avec une solution d'acide sulfureux et de chauffer la dissolution ainsi obtenue; l'acide sulfureux qui se dégage pendant le chauffage est recueilli dans une colonne de coke et employé de nouveau; les phosphates sont ainsi précipités à l'état insoluble. — *Enfia Minary et Soudry* (1865) veulent extraire le phosphore en distillant un mélange de phosphate ferreux et de coke bien cuit.

Propriétés du phosphore. — Le phosphore épuré, conservé sous l'eau et préservé de l'action de la lumière, est quelquefois complètement incolore et transparent, mais il est le plus souvent un peu jaunâtre et translucide. Son poids spécifique = 1,83 — 1,84. A la température ordinaire, le phosphore en bâtons est mou comme de la cire. A froid il est cassant. Il ne se laisse pas réduire en poudre, mais on peut l'obtenir finement divisé, si on le fond sous l'eau et si ensuite on agite le liquide jusqu'à ce que le phosphore soit solidifié. A la place de l'eau, il est plus convenable d'employer de l'alcool ou de l'urine ou une solution aqueuse d'urée. Le phosphore fond à 44 ou 45° et, après avoir été fondu, il reste quelquefois liquide pendant longtemps, notamment dans un liquide alcalin, lorsque le refroidissement a lieu lentement, mais si l'on vient à le toucher avec des corps solides, il se solidifie subitement. Le phosphore bout à 290° et il donne des vapeurs sensibles même à la température ordinaire (les vapeurs que répand le phosphore à l'air ne sont pas dues seulement, comme on le pensait autrefois, à la formation d'acide phosphoreux, mais aussi et surtout à la production de vapeurs d'antozone et d'azotite d'ammonium). Le phosphore sous forme de vapeur se dissout en très-petite quantité dans l'eau, il est très-difficilement soluble dans l'alcool et l'éther, facilement soluble dans le sulfure de carbone, le chlorure de soufre et le perchlorure de phosphore; il se dissout aussi, bien qu'en petite quantité, dans les huiles grasses et volatiles. Chauffé à 75°, le phosphore s'enflamme au contact de l'air, cette température doit aussi être atteinte, avant que le phosphore s'enflamme, lorsqu'on frotte celui-ci; le phosphore rouge ou amorphe, qui se forme lorsqu'on chauffe pendant longtemps le phosphore ordinaire à environ 260°, ne s'enflamme pas par le frottement ou seulement après avoir été ramené à l'état de phosphore ordinaire, ce qui exige une température d'environ 300°. Le phosphore du commerce n'est jamais parfaitement pur, mais il contient

fréquemment de petites quantités de soufre, d'arsenic provenant de l'acide sulfurique employé pour la décomposition de la cendre d'os, et quelquefois aussi un peu de calcium. Le phosphore ne sert pas seulement pour la préparation des allumettes, on l'emploie aussi depuis quelque temps dans la fabrication des projectiles incendiaires (le *Fenian fire*, *liquid fire* ou *feu fenian* est une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone que l'on emploie pour remplir des bombes), ainsi que pour préparer certaines couleurs de goudron, et enfin depuis quelque temps on le fait entrer dans la fabrication de certains alliages de cuivre (bronze phosphoreux, métal des canons, métal des cloches) et il sert également pour la préparation de l'acide phosphorique vitreux employé, d'après les indications de *Horsford*, dans la fabrication du pain (voy. p. 352).

Phosphore rouge ou amorphe. — *Schrötter*, de Vienne, découvrit en

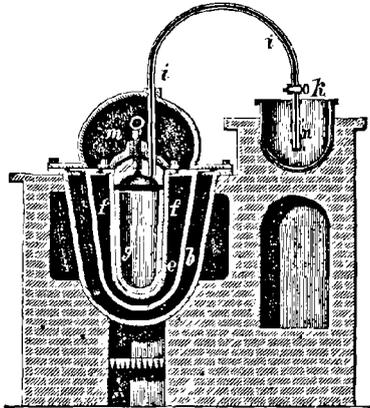


Fig. 369. — Appareil pour la préparation du phosphore amorphe.

en 1848 que la propriété (déjà observée par *E. Kopp*, en 1844) que possède le phosphore ordinaire de prendre une couleur rouge sous l'influence de la lumière et dans d'autres circonstances était due à la transformation de ce corps en une modification allotropique, qui a été désignée sous le nom de *phosphore amorphe* ou de *phosphore rouge*. L'expérience a montré que la manière la plus facile de produire cette transformation consiste à chauffer pendant longtemps le phosphore ordinaire à environ 250° et hors de l'accès de l'air et de l'eau. On peut le préparer en grand dans l'appareil imaginé par *Schrötter*, et qui est représenté en coupe par la figure 369.

g est un vase de verre ou de porcelaine, dont on remplit les $\frac{5}{6}$ environ avec des petits morceaux de phosphore et que l'on chauffe à 250 ou 250°. Le vase *g* est placé dans un bain de sable *sf*, qui est chauffé par un bain métallique *b*. Le vase *g* est fermé par un couvercle *m*, maintenu à l'aide d'une vis et d'un étrier. Du couvercle part un tube recourbé *i* muni d'un robinet *k*, qui conduit dans un vase *n* contenant de l'eau ou du mercure

(recouvert d'une couche d'eau). L'air qui se trouve en *g*, au dessus du phosphore se dégage par ce tube lorsqu'on commence à chauffer. Dès que le dégagement est terminé on ferme le robinet *k* et l'on continue de chauffer, jusqu'à ce que le phosphore soit complètement transformé en sa modification amorphe. Le temps qui est nécessaire pour cette transformation dépend de différentes circonstances et c'est l'expérience seule qui peut le fixer. [Au lieu de l'appareil précédent, on emploie maintenant, d'après les indications de *Coignet*, de Lyon, une grande chaudière en fonte très-forte, que l'on chauffe dans un bain d'air, dans un bain métallique ou dans un bain de sable; cette chaudière qui peut contenir jusqu'à 250 kilogr. de phosphore, est fermée à l'aide d'un couvercle fixé très-solidement et muni d'un tube de dégagement pour les gaz, d'une soupape de sûreté et de thermomètres. On élève d'abord graduellement la température à 100°, puis à 240°; on maintient cette dernière température pendant deux ou trois jours, puis on chauffe à 270° et enfin à 280°. En ajoutant une très-petite quantité d'iode au phosphore ordinaire, on facilite beaucoup sa transformation en phosphore amorphe.] Après le refroidissement de l'appareil, on en retire le phosphore amorphe, on le broie sous l'eau de manière à faire une bouillie claire et à faciliter l'élimination du phosphore ordinaire, que renferme toujours en petite quantité le phosphore amorphe, quel que soit le temps durant lequel on ait chauffé. On peut, il est vrai, éliminer le phosphore ordinaire au moyen du sulfure de carbone, mais comme le mélange peut s'enflammer avec facilité, ce moyen n'est guère susceptible d'être employé. — *Nicklès* propose une méthode de séparation, qui consiste essentiellement à agiter le mélange de phosphore amorphe et de phosphore ordinaire avec un liquide dont le poids spécifique est plus faible que celui du phosphore amorphe (2,1) et plus grand que celui du phosphore ordinaire (1,84). Une solution de chlorure de calcium à 38 ou 40° Baumé peut être employée dans ce but. Le phosphore ordinaire se rend à la surface et il peut être facilement enlevé avec un peu de sulfure de carbone, de telle sorte que l'opération peut être faite en vases clos. Si l'on opère sur une grande échelle, le procédé suivant est le plus sûr, d'après les expériences effectuées par *Coignet*. On fait bouillir le phosphore amorphe pulvérisé avec une lessive de soude caustique, qui dissout le phosphore ordinaire et le transforme en hypophosphite de sodium soluble avec dégagement d'hydrogène phosphoré. On continue l'ébullition en renouvelant de temps en temps la lessive de soude, jusqu'à ce que toute odeur d'hydrogène phosphoré ait cessé. La poudre qui reste est purifiée par lavage et desséchée; *R. Böttger* propose une solution de sulfate de cuivre, qui ne forme du phosphure de cuivre qu'avec le phosphore ordinaire, mais non avec le phosphore amorphe.

Propriétés. — Le phosphore rouge se présente soit sous forme d'une poudre sans éclat, rouge écarlate ou rouge cramoisi foncé, soit sous forme d'une masse cohérente brun-rougeâtre, qui est cassante, qui souvent possède un éclat métallique et une cassure conchoïdale et qui à la surface est quelquefois presque noir de fer. Son poids spécifique = 2,1. Il ne se dis-

sout pas dans le sulfure de carbone et les autres dissolvants du phosphore ordinaire, il est inaltérable à l'air, et il peut être chauffé jusqu'au point d'ébullition du phosphore ordinaire (290°) sans se transformer en ce dernier. Broyé avec du chromate de potassium sec, le phosphore rouge s'enflamme sans faire explosion. Il ne brûle pas lorsqu'on le broie simplement avec du salpêtre, mais si l'on chauffe il s'enflamme sans bruit; avec le chlorate de potassium, il détone facilement et avec vivacité (voyez t. I, p. 349). Broyé avec du peroxyde de plomb, il détone faiblement, mais lorsqu'on chauffe il donne lieu à une forte explosion.

Comme le phosphore amorphe en morceaux contient généralement un peu de phosphore ordinaire, il doit être expédié dans l'eau. A l'état pulvérulent, le transport a lieu sans danger dans des boîtes en fer blanc. Indépendamment de phosphore ordinaire et d'un peu d'acide phosphoreux, le phosphore amorphe contient encore, avec 4,6 pour 100 d'eau, d'autres impuretés, parmi lesquelles il se trouve toujours du graphite, qui provient des vases en fer dans lesquels il a été préparé.

La manière dont se comporte le phosphore rouge en présence des différents oxydes permet de supposer, et avec raison, qu'il pourrait être employé avec avantage à la place du phosphore ordinaire pour la préparation de la pâte des allumettes, et cette application du phosphore amorphe est d'autant mieux justifiée que ce corps n'est pas vénéneux, qu'il ne donne pas de vapeurs et qu'il ne s'oxyde pas à la température ordinaire, qu'il n'est pas aussi inflammable que le phosphore ordinaire et que, par suite, il est moins dangereux à transporter. La fabrication des allumettes, bien qu'elle se soit opposée pendant longtemps à l'emploi du phosphore amorphe, a cependant adopté, depuis quelques années, la modification rouge du phosphore (voyez *Allumettes*), de sorte que, si l'on en juge par les apparences, le phosphore amorphe jouera sous ce rapport un rôle très-important. Depuis environ quinze ans le phosphore rouge est employé pour préparer de l'iodure de phosphore, destiné à la fabrication des iodures d'amyle, d'éthyle et de méthyle, à l'aide desquels on obtient la cyanine, le violet d'éthyle et d'autres couleurs analogues de goudron. Mélangé avec du chlorate de potassium, le phosphore amorphe constitue le mélange d'*Armstrong*, qui est employé en Angleterre pour charger des fusées de bombes.

Statistique de la fabrication du phosphore. — [D'après A. v. Schrötter, tout le phosphore nécessaire à la consommation européenne est fourni par deux fabriques, celle d'*Albright et Wilson*, d'Oldbury, près Birmingham, et celle de *Coignet et fils*, de la Guillotière (Lyon); ces fabricants produisent maintenant chaque année :

Coignet et fils.	500,000 kilogr.
Albright et Wilson.	700,000 —
Soit.	<u>1,200,000 kilogr.</u>

pour la fabrication desquels il a fallu 13,750,000 à 15,000,000 de kilogr. d'os. En France on emploie annuellement 360,000 kilogr. de phosphore pour

la fabrication des allumettes, et en admettant que les autres nations de l'Europe en consomment deux fois autant on arrive à cette conclusion que la production des allumettes en Europe exige 1,080,000 kilog. de phosphore.]

FABRICATION DES ALLUMETTES.

Généralités et historique. — Nous donnerons les indications suivantes relativement à l'historique des moyens employés pour se procurer du feu. Comme le racontent les écrivains de l'antiquité, Prométhée a su le premier produire du feu avec des pierres dures. Les Romains ont frotté l'un contre l'autre des morceaux de bois de lierre et de laurier et se sont servi du bois incandescent pour enflammer des feuilles sèches. Le mouvement de rotation rapide d'un morceau de bois dans un trou pratiqué dans un second morceau, moyen en usage chez la plupart des peuples non civilisés pour produire du feu, et qui a été décrit avec détails par Darwin et le prince de Neuwied¹, par exemple, est encore fréquemment employé par les tourneurs pour carboniser le bois superficiellement et l'enjoliver. Chez les Romains, au temps de Titus, on avait l'habitude d'enfoncer la pointe d'un bâton de soufre dans du bois pourri, et, en frottant sur une plaque de pierre, on produisait du feu. Au quatorzième siècle on savait déjà se servir de l'acier, de la pierre à feu et de l'amadou. Jusqu'en 1820 on ne connut guère d'autre moyen de se procurer du feu que le *briquet*, que l'on employait concurremment avec le bois soufré.

En 1825, *Döbereiner*, d'Iéna, découvrit que le platine finement divisé (l'éponge de platine) enflammait un mélange d'hydrogène et d'air atmosphérique, et se basant sur ce fait, il imagina l'élégant appareil qui, sous le nom de *briquet à hydrogène*, fut bientôt accueilli avec empressement, et qui est, même encore aujourd'hui, fréquemment employé. Bien que la découverte de *Döbereiner* n'exerçât pas une influence directe sur l'invention des allumettes, elle attira néanmoins l'attention sur les améliorations à apporter dans les appareils à produire du feu en général, et, à ce point de vue, elle a, du moins médiatement, beaucoup contribué à perfectionner les allumettes.

L'appareil suivant a été également imaginé dans le même temps, et il doit occuper un rang important dans l'histoire de l'industrie, en tant que ce fût le premier qui reposât sur l'inflammabilité du phosphore, bien qu'il ne devint jamais d'un usage général. On fondait doucement et avec précaution dans un tube de verre parties égales en poids de soufre et de phosphore. Le tube était immédiatement fermé avec un bouchon et dans cet état conservé pour l'usage. Si l'on voulait avoir du feu, on enlevait le bouchon et l'on plongeait un copeau mince dans le contenu du tube. La petite quantité de matière qui restait adhérente au copeau, lorsqu'on retirait celui-ci, s'en-

¹ Darwin's Reisen, t. II, p. 182; v. Neuwied, Reise nach Brasilien, t. II, p. 18.

flamrait à l'air et allumait le bois. Cette disposition, qui, à ma connaissance, apparut pour la première fois en Allemagne, à Erfurt, est cependant presque entièrement tombée dans l'oubli.

L'invention des *briquets chimiques*, que l'on fabriquait à Vienne dès l'année 1812 (100 de ces briquets coûtaient dans ce temps un florin), constitue une époque importante dans l'histoire des allumettes ; c'était simplement des tiges de bois dont une extrémité était soufrée et recouverte d'un mélange de chlorate de potassium et de sucre de canne (coloré avec du cinabre), qui, en détonant, lorsqu'on le trempait dans de l'acide sulfurique concentré, produisait l'inflammation de la couche de soufre sous-jacente, inflammation qui se communiquait au bois. On se servait de petits vases de verre qui renfermaient de l'amiante imbibée d'acide sulfurique. L'auteur de la découverte de ces briquets, qui, jusqu'en 1844, furent les seuls en usage en Europe, est le Français *Chancel*, préparateur du professeur Thénard (1805). Les préparations répandues en Angleterre, en 1850, sous le nom *Prometheans*, reposaient sur le même principe. Dans un rouleau de papier mince (analogue à une cigarette) on mettait un mélange de chlorate de potassium et de sucre ; le rouleau contenait en outre un petit tube de verre fermé aux deux bouts et renfermant de l'acide sulfurique. Lorsqu'on écrasait le tube de verre entre deux corps durs, l'acide sulfurique arrivait au contact de la masse inflammable et en produisait l'inflammation. L'écrasement se faisait en général à l'aide d'une pierre que l'on achetait dans ce but avec la préparation. Les *Prometheans*, qui à cause de leur prix élevé, ne devinrent jamais d'un usage général, conduisirent aux allumettes à friction, car leur inflammation est produite, du moins indirectement, par frottement. Les premières véritables allumettes à friction apparurent vers 1832 sous le nom de *briquets à la Congrève* (congrèves, allumettes à friction). Elles renfermaient sur une couche de soufre un enduit de une partie de chlorate de potassium et de 2 parties de sulfure d'antimoine gris fixé à l'aide d'une matière collante (colle ou gomme arabique). Pour les enflammer, on les faisait passer entre deux surfaces de papier sablé, que l'on pressait entre les doigts. L'inflammation exigeait une compression assez forte et souvent la préparation inflammable se détachait du petit morceau de bois et détonait entre les surfaces rugueuses sans allumer le bois. Le champ restait donc suffisamment ouvert pour de nouveaux perfectionnements.

Il n'est pas possible de déterminer avec certitude quel est celui qui le premier a eu l'idée de substituer le phosphore au sulfure d'antimoine. Mais d'après les recherches de *Nicklès*, il est certain que le phosphore fut employé à Paris dès 1805 pour confectionner des briquets. En 1809, *Derepas* chercha à diminuer la grande inflammabilité du phosphore en le mélangeant avec de la magnésie qui avait pour effet de le diviser. *Derosne* serait au contraire le premier (1816) qui aurait préparé des allumettes phosphoriques à friction. Vers 1855, les allumettes phosphoriques apparurent en même temps dans différents pays. *Preshel*, de Vienne, fit, dans l'année que l'on vient de nommer, des allumettes phosphoriques et d'autres appareils munis de la même

pâte inflammable, comme de l'amadou, des allume-cigares, etc. A peu près dans le même temps, *Fr. Moldenhauer*, de Darmstadt, fabriqua aussi des allumettes phosphoriques¹. Dans l'Allemagne du Sud on considère généralement le souabe *Kammerer* (mort à Ludwigsburg en 1857) comme l'auteur de la découverte des allumettes phosphoriques. En Angleterre, on attribue la découverte des *Lucifer matches* au chimiste *John Walker*, de Stockton; telle est du moins l'opinion de *Faraday*. Ces pâtes inflammables, qui se composaient essentiellement de chlorate de potassium et de phosphore, possédaient une grande inflammabilité, mais elles présentaient souvent l'inconvénient de donner lieu à une sorte d'explosion au moment où elles prenaient feu, explosion qui avait pour effet de projeter au loin la pâte en combustion; en outre, leur préparation et leur transport n'étaient pas sans danger, c'est pourquoi leur fabrication et leur usage furent interdits dans un grand nombre de contrées de l'Allemagne. En 1855, le chlorate de potassium fut partiellement remplacé, par *Trévany*, par un mélange de minium et de peroxyde de manganèse; en 1857, *Preshel* le remplaça entièrement par le peroxyde de plomb brun, et *Böttger* par un mélange de minium et de salpêtre (ou par du peroxyde et de l'azotate de plomb). De cette époque date le grand développement de l'industrie des allumettes, qui, surtout en Autriche et depuis quelques années aussi en Suède, a pris des proportions gigantesques².

Avec le temps les allumettes subirent encore de nouvelles améliorations, ainsi on supprima le soufre, et l'on imbiba les extrémités des petits morceaux de bois avec de la cire, de l'acide stéarique ou de la paraffine. En outre, on recouvrit les plus fines (les allumettes de salon) avec un vernis, afin non-seulement de les préserver de l'humidité, mais encore de leur donner un aspect beaucoup plus beau. De telle sorte que la fabrication des allumettes en est arrivé maintenant à livrer un produit qui, au point de vue technique, est parvenu à un degré de perfection aussi grand qu'on puisse l'imaginer et qu'il soit possible d'atteindre.

Avec toutes leurs excellentes qualités, les allumettes phosphoriques offrent cependant des inconvénients, qui, parce qu'ils dépendent de la nature vénéneuse du phosphore, sont du ressort de la police sanitaire. D'abord, le phosphore agit comme poison par sa volatilité et dans les premiers temps de son introduction dans l'industrie des allumettes il a produit parmi les ouvriers des ravages évidents, que l'on n'observe plus maintenant par suite

¹ *C. Thiel*, de Darmstadt, a exposé dans un travail détaillé (*Jahresbericht der chem. Technologie*, 1866, p. 747) les mérites que s'est acquis *Moldenhauer* en travaillant au développement de l'industrie des allumettes en Allemagne.

² En Autriche (voyez le *Catalogue autrichien* de l'Exposition internationale de 1862, p. 18), on emploie annuellement 15,000 cordes de bois pour la confection des tiges avec lesquelles on fait 7,500,000 kilogr. d'allumettes. En 1860, la quantité fabriquée avait une valeur de 2,647,000 florins (= 6,618,100 fr. environ). L'état florissant de cette industrie en Autriche est dû principalement à trois hommes, *Stephan Romer*, *Johann Peshel* et le chevalier *von Pollack*. Le premier a perfectionné le débitage du bois en tiges, *Peshel* la pâte inflammable, et le dernier a ouvert les débouchés à la marchandise autrichienne.

de la bonne ventilation des ateliers. Malgré les recherches de *E. von Bibra* et *Geist* et les observations de *Sievekings*, nous manquons encore d'explications suffisantes, car les affections de la mâchoire inférieure, telles qu'on les rencontrait dans les fabriques d'allumettes, font complètement défaut dans les fabriques où l'on produit le phosphore et quelquefois les ouvriers absorbent par les voies respiratoires de telles quantités de vapeurs de phosphore, que dans l'obscurité l'air qui sort de leurs poumons paraît lumineux.

D'autre part, le phosphore est vénéneux, parce que son introduction dans l'organisme, même en petite quantité, détermine la mort. Et dans le fait on a vu dans ces dix dernières années les empoisonnements par le phosphore augmenter d'une manière effrayante. Dans cette propriété du phosphore se résument toutes les raisons qui peuvent être opposées à l'emploi de ce corps pour la fabrication des allumettes.

Sur ces entrefaites survint la découverte du phosphore rouge, qui tout en conservant les avantages du phosphore ordinaire, se trouvait exempt des inconvénients inhérents à l'emploi de ce dernier ; cette découverte parut un véritable bienfait pour l'humanité, et les gouvernements et les industriels l'accueillirent avec enthousiasme. Parmi les espérances nombreuses que l'on avait fondées sur l'emploi du phosphore rouge dans la fabrication des allumettes il n'y en a jusqu'à présent qu'un petit nombre qui se soient réalisées. Cependant, d'après ce que l'on a pu constater aux expositions de Paris, en 1867, et de Vienne, en 1873, il semble qu'un grand rôle est réservé au phosphore rouge dans l'histoire du développement de l'industrie des allumettes.

Fabrication des allumettes. — La fabrication des allumettes phosphoriques comprend les opérations suivantes :

- 1° Le débitage du bois en tiges ;
- 2° La préparation de la pâte inflammable ;
- 3° Le chimicage, le séchage et l'emballage des allumettes.

1. Débitage du bois en tiges. — On emploie ordinairement dans la fabrication des allumettes le bois de sapin ordinaire, le bois de pin, le bois de tremble, plus rarement le bois de pin d'Écosse et quelquefois aussi les bois de hêtre, de tilleul, de bouleau, de saule, de peuplier et de cèdre. Les tiges sont quadrangulaires (avec des angles plus ou moins accentués) ou rondes, et dans ce dernier cas très-régulières et polies. On prépare les tiges quadrangulaires de la manière la plus simple, en *fendant* des blocs de bois cubiques, dont le côté est égal à la longueur des allumettes. Les machines à fendre sont munies d'un seul ou de plusieurs couteaux ; dans le premier cas le couteau est fixé à un levier et il s'élève et s'abaisse avec celui-ci ; après chaque section on fait avancer le cube de bois de l'épaisseur d'une allumette ; lorsqu'on a fait une série de fentes parallèles, on saisit la masse de lamelles de bois ainsi produite, et en y pratiquant une nouvelle série de sections perpendiculaires aux premières on la divise en petites baguettes. Dans le second cas on fixe solidement les lames et l'on pousse le bois contre celles-ci.

En Allemagne, le débitage du bois s'effectue partout à l'aide du *rabot* inventé par *Stéphan Romer*, de Vienne; cet instrument, qui donne avec facilité des baguettes assez rondes est une sorte de rabot dont le fer diffère de celui des rabots ordinaires en ce que, à la place du tranchant, il est muni d'une lame recourbée, qui est percée horizontalement de trois, quatre ou cinq trous juxtaposés, et le bord antérieur de ces trous est soigneusement affilé. Si l'on prend une planche de sapin à fibres droites, exempte de nœuds et longue d'environ 1 mètre, et si l'on pousse le rabot sur son côté étroit correspondant à la largeur du fer, celui-ci pénètre dans le bois et il se forme autant de petites baguettes que le rabot renferme de trous. La pratique a montré que les rabots à trois trous sont les plus convenables. Lorsqu'on a de cette manière enlevé une couche de baguettes, on aplanit la surface de la planche avec un rabot ordinaire, on reprend ensuite le rabot à allumettes et ainsi de suite. Pour couper les baguettes à la longueur voulue on se sert d'une machine qui consiste en une petite boîte, large d'environ 6 centimètres et munie d'une fente transversale destinée à recevoir un couteau. Dans cette fente s'élève et s'abaisse le couteau bien affilé et fixé à un levier, et il agit plutôt en pressant qu'en coupant. Un ouvrier exercé produit en un jour de 400,000 à 450,000 baguettes. Le rabot de *Anthou*, de Darmstadt, qui a été rapidement adopté dans le sud-ouest de l'Allemagne, a été imaginé en même temps que le dispositif de *Romer*. Le débitage du bois constitue fréquemment aujourd'hui une branche d'industrie spéciale. Dans les pays boisés (ainsi par exemple dans les forêts de la Bavière, de la Bohême et de la Thuringe, en Suède et en Norwège), on prépare des quantités énormes de tiges débitées et on les livre aux fabriques d'allumettes, qui n'ont plus qu'à leur donner un dernier apprêt.

Au lieu du travail à la main, on peut aussi se servir de machines pour la confection des bois ronds. Ainsi *Pelletier*, de Paris, a construit, vers l'année 1820, une machine à raboter disposée de la manière suivante. Un rabot long de 36 centimètres et large de 9 se meut sur une table en avant et en arrière au moyen d'une bielle et d'une manivelle; en se mouvant il passe sur le morceau de bois placé sous lui et qui se soulève de lui-même à une hauteur convenable. Le rabot contient un fer placé verticalement et muni inférieurement de 24 dents pointues; mais derrière ce fer se trouve un large fer de rabot ordinaire. A chaque coup de rabot le premier fer fait 24 rainures parallèles à la surface du bois et le deuxième qui agit aussitôt après enlève une lamelle de l'épaisseur voulue, qui par suite des rainures faites précédemment se divise immédiatement en petites baguettes. La machine de *Cochot* (1830) est construite de manière à fournir un rendement considérable. Dans cette machine trente blocs de bois de la longueur d'une allumette sont fixés sur la périphérie d'une roue en fer de 1 mètre de diamètre; lorsqu'on fait tourner la roue, les blocs de bois passent l'un après l'autre sur un petit cylindre garni de lames d'acier et qui, comme le rabot denté de la machine précédente, fait des rainures parallèles; immédiatement après, une lame de laiton droite et immobile enlève au bois une lamelle, qui se

trouve alors divisée en petites baguettes. La machine de *Jeunot*, brevetée en France en 1848, a quelque analogie avec la précédente relativement au mode d'action. *Neukrantz*, de Berlin, a construit en 1845, sur le même principe que le rabot à main, une machine dans laquelle 15 ou 20 tiges se forment en même temps aux dépens du bois, qui à l'aide d'un chariot est poussé contre un fer tubulaire fixé solidement. *Krutzsch*, de Wünschendorf (dans le royaume de Saxe), a fait (1848) une intéressante application de ce moyen en se servant d'une plaque d'acier percée d'un grand nombre de trous (environ 400) aussi rapprochés que possible les uns des autres. Contre cette plaque, dont les trous sont à bords tranchants, de ce côté, on pousse au moyen d'une forte presse un morceau de bois dans la direction de ses fibres, puis on le tire à l'aide d'une sorte de pince et on le divise ainsi en baguettes rondes. Un morceau de bois de 5 centimètres de diamètre donne 400 baguettes, qui avec une longueur de 1 mètre fournissent chacune 15 allumettes. La fabrication de ces 6,000 morceaux dure environ deux minutes. Une autre machine, celle de *Andree et C^{ie}*, de Magdebourg, agit plus à la manière d'un rabot : trois fers sont fixés parallèlement entre eux et par suite agissent l'un après l'autre ; l'antérieur ne fait que préparer le bois, le second forme une moitié du cylindre et le troisième forme l'autre moitié. La machine de *C. Leitherer*, de Bamberg (1851), qui agit au moyen d'un fer de rabot tubulaire et qui a été nommée *machine à rabot à chute*, se compose d'une boîte horizontale dans laquelle sont placés les blocs du bois brut avec les fibres dirigées verticalement ; à chaque coup de rabot les blocs sont poussés de l'épaisseur d'une allumette au moyen d'un mécanisme particulier ; devant cette boîte se trouve un support vertical sur lequel s'élève et s'abaisse le rabot. Un volant, qui à l'aide de courroies est en rapport avec l'arbre d'une roue de moulin, régularise le mouvement de la machine. Un rabot à chute se compose de quatre fers munis chacun de 8 ou 10 tubes. Lorsque l'appareil marche avec une vitesse moyenne, 45 coups de rabot se produisent en une minute et il en résulte 810 à 350 petits copeaux fournissant chacun 45 allumettes.

Depuis quelques années on parle beaucoup de la machine à raboter de *Wawra*. Cette machine imite, comme celle de *Neukrantz*, le rabotage à la main, mais d'une manière beaucoup plus parfaite parce qu'ici le rabot n'est pas fixe, mais maintenu par la main de l'ouvrier. Il trouve cependant un point d'appui sur une tringle qui est placée transversalement au-dessus de la machine, et qui, suivant la hauteur du morceau de bois que l'on emploie, peut être élevée ou abaissée. Cette tringle servant de point d'appui au rabot maintenu avec la main fait qu'il est possible de raboter du bois tordu et inégal aussi proprement qu'à l'aide de la main. Le choc, que doit donner l'ouvrier avec le rabot à main, pour obtenir des baguettes de la longueur du bois, est produit ici par la machine, et l'ouvrier n'a qu'à maintenir solidement le rabot et le mettre en position convenable. D'après le même principe, il est aussi possible d'obtenir des baguettes avec des sections très-différentes. Ce qu'il y a d'essentiel dans l'invention de *Wawra* c'est

l'emploi de la tringle comme point d'appui pour le rabot, quelle que soit du reste la forme qu'elle puisse avoir. Sans elle c'est à peine s'il est possible (excepté à l'aide de la main) de raboter le bois dans le sens des fibres. Dans la machine construite tout récemment par *Lang* le débitage du bois est effectué de la manière suivante : sur un chariot pouvant se mouvoir horizontalement on fixe solidement entre deux cylindres un bloc de bois (la direction des fibres étant placée parallèlement à l'axe des cylindres) et l'on pousse d'abord le chariot contre un certain nombre de petits couteaux séparés les uns des autres par des intervalles égaux à la largeur des allumettes et qui font dans les blocs de bois un nombre de sections correspondant ; à l'aide d'un couteau vertical mobile, on coupe ensuite suivant la largeur un morceau du bois, qui par suite des sections pratiquées précédemment par les petits couteaux se partage en petites baguettes isolées.

2. Préparation de la pâte inflammable. — La préparation de la pâte inflammable s'effectue de la manière suivante : de la colle forte ou de la gomme du Sénégal, ou une autre matière collante est dissoute dans une petite quantité d'eau de manière à obtenir un liquide ayant la consistance d'un sirop peu épais ; la solution est ensuite chauffée à 50°, le phosphore est ajouté peu à peu et le mélange est brassé jusqu'à ce que, le phosphore étant parfaitement divisé, la masse soit convertie en une émulsion analogue à un onguent. On ajoute ensuite, en agitant avec soin, les autres ingrédients, finement pulvérisés. Pour obtenir une bonne pâte inflammable, il est indispensable que le phosphore soit en proportion convenable. Une trop grande quantité de ce corps est aussi nuisible qu'une quantité trop faible. Abstraction faite de ce qu'une proportion trop forte de phosphore augmente inutilement le prix de la pâte, elle empêche aussi quelquefois l'inflammation du soufre ou de la stéarine et par suite du brin de bois, parce que l'acide phosphorique résultant de la combustion du phosphore se dépose sur les particules à enflammer et recouvre celles-ci d'un léger enduit vitreux, qui s'oppose à la production de la flamme exactement comme une couche de verre soluble. La proportion la plus convenable serait $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{12}$ de phosphore, en supposant que l'on prépare la pâte à la manière ordinaire en faisant fondre le phosphore dans une solution de colle ou d'une autre substance analogue.

Une quantité de phosphore beaucoup moindre est cependant suffisante pour obtenir une bonne pâte inflammable, lorsqu'on ajoute au mélange le phosphore dissous dans du sulfure de carbone, dans lequel cas ce dernier s'évapore promptement à cause de sa grande volatilité, et laisse le phosphore dans un état de division extrême. Par suite de la facile solubilité du phosphore dans le sulfure de carbone et du bas prix de ce liquide, l'emploi du sulfure de carbone, indiqué par *R. Wagner* en 1855, est encore possible même si on laisse perdre les vapeurs du dissolvant. La solution du phosphore dans le sulfure de carbone offre en outre cet avantage que l'on peut travailler à froid, parce que le liquide n'a besoin que d'être incorporé au mélange des autres matériaux. Il est évident que l'emploi du sulfure de carbone exige les plus grandes précautions à cause des dangers

d'incendie et de l'action nuisible que ses vapeurs peuvent exercer sur la santé des ouvriers. *C. Puscher* (1860) a attiré l'attention sur la possibilité de se servir, à la place du phosphore pur, pour la préparation de la pâte inflammable, du sulfure de phosphore de la formule P^2S . Il a préparé des pâtes inflammables avec 3,5 p. 100 de sulfure de phosphore, et il a obtenu avec ces pâtes des allumettes irréprochables.

Parmi les *oxydes métalliques* que l'on ajoute à la pâte, on préfère maintenant un mélange de peroxyde de plomb brun et de salpêtre, ou un mélange du premier corps avec de l'azotate de plomb, mélange que l'on obtient en broyant à chaud du minium avec de l'acide azotique et en abandonnant la masse à elle-même pendant plusieurs semaines. On emploie comme *matière agglutinante*, ainsi qu'on l'a déjà dit, de la gélatine, de la gomme ou de la dextrine; celle-ci devrait être mise de côté, parce que le plus souvent elle ne fait que charbonner et empêche la combustion complète de la pâte. Peut-être pourrait-on employer comme matière collante une solution de collodion convenablement étendue, peut-être aussi un mélange de poudre de sandaraque et d'une résine analogue avec de la benzine.

Comme exemple de la composition des pâtes inflammables, nous citerons les formules suivantes (et à ce propos il ne faut pas oublier que les recettes éprouvées par l'expérience pour la préparation d'une bonne pâte sont tenues *secrètes* par les fabricants):

I.		
Phosphore	4,5 pp.	
Gomme du Sénégal.	3,0	
Noir de fumée.	0,3	
Minium	5,0	} Le mélange de ces deux corps est desséché. C'est maintenant en réalité un mélange de nitrate et de peroxyde de plomb; il est appelé <i>minium oxydé</i> .
Acide azotique à 4° Baumé.	2,0	
II.		
Phosphore.	8,0 pp.	} Dissous dans la quantité nécessaire de sulfure de carbone.
Gélatine.	21,0	
Peroxyde de plomb.	24,0	
Azotate de potassium.	24,0	
III.		
Phosphore.	3,0 pp.	
Gomme du Sénégal.	3,0	
Peroxyde de plomb.	2,0	
Sable fin et smalt.	2,0	

On ne peut mettre en doute que la pâte ne soit encore susceptible de nombreuses améliorations.

5. Chimieage et séchage des allumettes. — Afin que les allumettes puissent être, à une de leurs extrémités, recouvertes avec du soufre et avec la pâte phosphorée, il faut qu'elles soient fixées à une certaine distance les unes des autres. Dans ce but, on se sert de petites planches longues de

trente centimètres et larges de dix, dont la face supérieure est munie de soixante rainures transversales, dont la largeur et la profondeur sont telles, qu'une allumette puisse s'y loger (fig. 370). Une ouvrière place une allu-



Fig. 370. — Planchette pour le chimicage des allumettes.

mette dans chaque rainure de la planche, puis par-dessus celle-ci une deuxième planche, à la face inférieure de laquelle sont collées deux bandes de flanelles destinées à maintenir solidement les petits morceaux de bois, et dont la face supérieure est également munie de rainures pour recevoir une nouvelle série d'allumettes. Afin de consolider le tas ainsi formé, les planchettes sont munies d'un trou rond à chacune de leurs extrémités; dans ces trous passent des tiges pourvues inférieurement d'un pas de vis. On visse fortement les planches, dès qu'on en a superposé de 20 à 25 et après qu'on a mis sur un même plan les extrémités antérieures des allumettes en les frappant sur une surface bien plane (voyez fig. 371 et 372). Une ouvrière

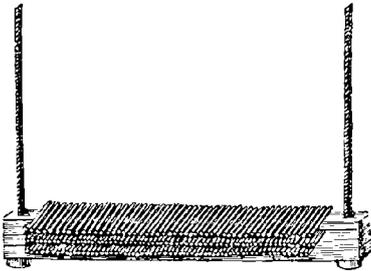


Fig. 371.

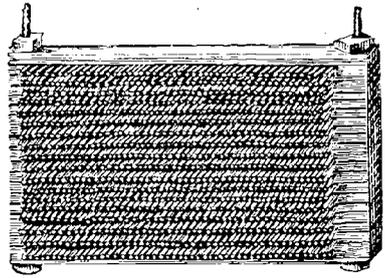


Fig. 372.

Châssis pour le chimicage des allumettes.

dresse par jour, en dix heures de travail, suivant qu'elle est plus ou moins exercée, de 15 à 25 châssis contenant chacun 2,500 allumettes. On a récemment tenté de dresser les châssis à l'aide de machines. Avec la machine construite par *O. Walch* de Paris (1861), un garçon met en châssis, dans une journée de dix heures de travail, de 500,000 à 600,000 allumettes.

Le soufre destiné au *soufrage* des tiges de bois est maintenu liquide, à l'aide d'un feu doux, dans un vase quadrangulaire plat, au milieu duquel se trouve une pierre parfaitement plane et aussi horizontale que possible. On met dans ce vase une quantité de soufre suffisante, pour que, après que celui-ci est fondu, il forme sur la pierre une couche liquide haute de un centimètre, dans laquelle on plonge toutes ensemble les tiges de bois disposées dans les châssis; on enfonce les tiges jusqu'à ce qu'elles touchent la pierre, et lorsqu'on les retire, on fait retomber le soufre en excès dans le vase.

Pour les allumettes fines, on remplace le soufre par de l'*acide stéarique* ou de la *paraffine*, qui ne doivent pas, comme le soufre, couvrir la surface, mais imbiber complètement le bois. Dans ce but, on plonge les tiges de bois, bien desséchées, dans la matière grasse fondue et fortement chauffée, et on les y laisse le temps nécessaire pour qu'elles s'échauffent et absorbent le corps gras par capillarité.

L'*application de la pâte phosphorée* (chimicage) s'effectue de la même manière que celle du soufre, seulement le mélange phosphoré est étendu uniformément en une couche mince sur une plaque de pierre parfaitement horizontale ou sur une glace dépolie.

Les étuves dont on se sert pour la *dessiccation* des allumettes renferment les dispositions nécessaires pour suspendre les châssis, et elles sont chauffées le plus souvent au moyen d'un système de tubes à vapeur. Les allumettes doivent être placées dans une position verticale, telle que la masse, qui se trouve à une de leurs extrémités sous forme d'une gouttelette, soit tournée par en bas. Les allumettes inodores (allumettes de salon) sont, après la dessiccation de la masse phosphorée, enduites avec des dissolutions colorées de résines et quelquefois aussi avec une solution de collodion. Avec les allumettes mal réunies qui se sont collées ensemble par suite du coulage de la pâte, on prépare du phosphore en séparant la masse inflammable avec de l'eau froide et la traitant ensuite par l'eau bouillante ; le *phosphore régénéré* s'élève à environ 1 pour 100 de la quantité employée.

Allumettes antiphosphoriques. — Les *allumettes antiphosphoriques* ont été inventées en 1848, par *Böttger*, de Francfort sur le Mein, et fabriquées ensuite industriellement par *Fürth*, de Schuttenhofen, *Lundström*, de Jönköping (Suède), *Coignet*, de Paris (sous le nom d'*allumettes hygiéniques et de sûreté au phosphore amorphe*), par *De Villiers* et *Dalemagne*, de Paris (sous la dénomination d'*allumettes androgynes*), par *Forster* et *Wara*, etc. On peut les diviser en deux catégories : α . celles dans lesquelles entre le phosphore amorphe (incorporé au frottoir) et β . celles dans lesquelles la pâte inflammable ainsi que le frottoir sont réellement exempts de phosphore.

Les produits de la *première* catégorie se composent : 1° d'allumettes dont la pâte inflammable ne contient pas de phosphore, mais consiste seulement en un mélange de sulfure d'antimoine et de chlorate de potassium délayés dans une substance agglutinante, et 2° de phosphore amorphe, qui, mélangé avec de la gélatine et un corps rugueux capable d'augmenter le frottement, est fixé sur du carton ou du bois, ou, comme dans les allumettes androgynes de Paris, sur l'extrémité opposée du petit morceau de bois. Le frottoir se compose d'un mélange de 9 parties de phosphore amorphe, 7 parties de pyrite de fer, 5 parties de verre et 1 partie de gélatine. Les allumettes s'enflamment très-facilement par frottement sur cette surface, mais non sur une autre surface rugueuse : c'est pourquoi il n'y a aucun danger à ce qu'elles s'allument accidentellement. Si ingénieuses que soient les allumettes antiphosphoriques, elles n'ont pu cependant, malgré leur bas prix, se substituer entièrement aux allumettes à friction ordinaires. L'allumette seule ne peut

pas produire de feu, il faut avoir recours au frottoir préparé dans ce but, et qui, comme on s'en est aperçu, devient au bout de peu de temps humide et tout à fait inefficace sous l'influence de l'acide phosphorique, qui se forme pendant le frottement. Pour user 100 allumettes on devra employer dans les cas les plus favorables, deux frottoirs, mais qui le plus souvent seront insuffisants, abstraction faite de cette circonstance, qu'un nombre d'allumettes encore assez grand ne s'enflamme pas. Les *Säkerhets-Tändstickor* (allumettes de sûreté), de la fabrique suédoise de Jönköping, dont les produits réellement excellents ont déjà complètement supplanté, en Allemagne, les allumettes autrichiennes, dénotent cependant un énorme progrès dans la fabrication des allumettes au phosphore amorphe. *Jettel* (1870) emploie pour les frottoirs des boîtes d'allumettes suédoises un mélange à parties égales de phosphore amorphe, de pyrite de fer et de sulfure d'antimoine. Pour enduire des deux côtés 1,000 boîtes à tiroir (contenant 50 allumettes), 80 grammes du mélange sec sont à peu près suffisants. L'Angleterre produit aussi maintenant de grandes quantités de *safety matches* (allumettes de sûreté).

Les *allumettes sans poison* (*giftfreien Zündhölzchen*) de *B. Forster* et *F. Wawra*, de Vienne, auxquelles se sont joints, dans ces derniers temps (1872), les excellents produits de *H. Hochstätter*, de Langen, près Darmstadt, semblent devoir acquérir une grande importance. Dans ces allumettes, le phosphore amorphe est immédiatement mélangé avec la pâte inflammable qui recouvre l'un des bouts du petit morceau de bois, de telle sorte qu'elles peuvent prendre feu sur n'importe quelle surface, comme les allumettes phosphoriques ordinaires, et bien qu'elles renferment du chlorate de potassium, elles s'enflamment sans bruit.

Parmi les allumettes de la *deuxième* catégorie, qui ne contiennent pas de phosphore et qui n'ont pas besoin d'un frottoir phosphoré, nous devons citer celles de la fabrique de *Kummer et Günther*, de Königswald, près d'Annaberg en Saxe; leur pâte renferme, d'après une analyse de *Wiederhold*, les matières suivantes :

Chlorate de potassium.	8 parties.
Sulfure d'antimoine gris. :	8 —
Minium oxydé.	8 —
Gomme du Sénégal.	1 —

Le minium oxydé est un mélange variable de peroxyde de plomb, de nitrate de plomb et de minium non décomposé. *Wiederhold*, de Cassel, a proposé, en 1861, une pâte qui mérite d'attirer l'attention, et qui a été souvent imitée⁴; elle est composée de la manière suivante :

Chlorate de potassium.	7,8 parties.
Hyposulfite de plomb.	2,6 —
Gomme arabique.	1,0 —

⁴ Les excellentes allumettes de *G. Kalliwoda*, d'Ortenberg (près Offenbourg dans le duché de Bade), sont préparées, en ce qui concerne la pâte inflammable, d'après les formules de *Wiederhold*.

Parmi les pâtes sans phosphore jusqu'à présent connues, celle de *Wiederhold* est la meilleure. *W. Jettel* indique les mélanges suivants pour pâtes sans phosphore :

	a.	b.	c.	d.
Chlorate de potassium.	4	7	3	8
Soufre.	1	1	—	—
Bichromate de potassium.	0,4	2	—	—
Sulfure d'antimoine.	—	—	—	8
Sulfure d'or.	—	—	0,25	—
Nitrate de plomb.	—	—	2	3

R. Peltzer a récemment attiré l'attention sur la possibilité d'employer l'hyposulfite de cuivre et de sodium pour la préparation d'une pâte sans phosphore. Le chlorure de plomb ($\text{Pb Cl}^2\text{O}^2$) a été également proposé dans le même but. Enfin, nous ne devons pas passer sous silence les expériences faites par *H. Fleck*, dans le but d'appliquer le sodium à la fabrication des allumettes; mais cette application est à peine réalisable.

Allumettes-bougies. — Dans les *allumettes-bougies*, le bois est remplacé par un petit bâton de cire, qui est préparé de la manière suivante : dans un mélange fondu de 2 parties d'acide stéarique et de 1 partie de cire ou de paraffine, on trempe plusieurs fils de coton (ordinairement quatre) accolés et, dès que la masse est solidifiée, mais lorsqu'elle est encore chaude, on les fait passer à travers une filière, qui enlève la matière en excès. A l'aide d'une machine, on coupe toutes les bougies à la longueur voulue, on les munit de pâte inflammable et on les met en boîtes.

La machine construite par *Zulzer* pour couper les bougies, offre la disposition suivante. Les mèches sont enroulées sur un tambour, de là elles sont entraînées par deux cylindres nourrisseurs cannelés et conduites dans les cannelures correspondantes d'une planche. Ces cylindres et ces cannelures ont pour but de faire pénétrer les extrémités des mèches dans les trous correspondants d'une plaque mobile verticale, à côté de laquelle se trouve un couteau destiné à couper les bougies aussitôt qu'elles ont traversé les trous dans une longueur voulue. Comme le couteau est placé du côté par où pénètrent les bougies, celles-ci demeurent fixées dans les trous par une petite portion de leur longueur une fois que la section est opérée. Un mécanisme particulier soulève maintenant la plaque d'une manière suffisante pour qu'une deuxième série de trous arrive devant les cannelures et se remplisse de bougies. Lorsque la plaque a été ainsi complètement garnie, on la remplace par une autre, on trempe immédiatement dans la pâte inflammable les bougies adhérentes aux plaques et on les porte à l'étuve.

[**Statistique de l'industrie des allumettes.** — La France, la Suède et l'Autriche sont les pays où l'industrie des allumettes offre le développement le plus considérable.

En France, cette industrie est maintenant représentée uniquement par la *Compagnie générale des allumettes chimiques*, constituée au mois d'octobre 1872; la Compagnie doit payer au gouvernement un droit de 16,030,000 fr.,

tant que la consommation ne s'élève pas au-dessus de 40 milliards d'allumettes¹, et 6 centimes par 100 allumettes dès qu'elle dépasse cette limite. En moyenne, il se consomme en France, par an, 65,700 millions d'allumettes, dont 54,750 millions en bois et 10,950 millions en cire (allumettes-bougies), qui se fabriquent dans 9 usines situées en différents points du territoire et occupant plus de 6,000 ouvriers tant hommes que femmes². La fabrication des allumettes en bois consomme, par an, 45,000 mètres cubes de bois, 1,200,000 à 1,500,000 kilogrammes de soufre en canons et 300,000 kilogr. de phosphore. Les 10,950 millions d'allumettes-bougies représentent une consommation de 300,000 kilogr. de fil de coton, de 500,000 kilogr. de stéarine, et de 60,000 kilogr. de phosphore.

Les nombres qui précèdent ne se rapportent qu'aux allumettes consommées en France. La Compagnie exporte également de grandes quantités d'allumettes à La Plata, à Buenos-Ayres, à Guatémala, au Pérou, au Japon, et même dans les autres contrées de l'Europe. Cette exportation représente une somme annuelle de 15 millions de francs et consiste exclusivement en allumettes-bougies et allumettes rondes en bois.

La consommation intérieure étant représentée par une valeur de 65 millions de francs, la valeur totale des produits de la Compagnie générale est donc 80,000,000 de francs, ainsi répartis :

Droit payé au gouvernement.	55,000,000 francs.
Droit d'exportation.	1,800,000 —
Remise aux vendeurs.	13,000,000 —
Frais de production et gain.	30,200,000 —

Il est peu de pays où la fabrication des allumettes ait pris autant de développement qu'en *Suède*. Les allumettes suédoises sont connues dans le monde entier. La Suède, qui, en 1865, n'exportait que 1,114,677 kilogrammes d'allumettes, en exportait, en 1874, 8,655,500 kilogrammes, représentant une valeur de 6 millions de francs. La fabrique de Jönköping, à elle seule, produit annuellement pour 8,400,000 francs d'allumettes, et la valeur de la production des 24 autres fabriques réunies s'élève environ à la même somme. La fabrique de Jönköping occupe 1,550 personnes, et toutes les fabriques réunies 3,500.

L'*Autriche-Hongrie* est un des pays dans lesquels l'industrie des allumettes s'est le plus tôt établie; elle a longtemps marché à la tête de cette industrie, mais sa production tend maintenant à baisser. L'Autriche compte aujourd'hui 45 grandes fabriques et 79 petites, dont la valeur de la production totale s'élevait, en 1870, à environ 11 millions de francs.]

¹ [Par suite d'une fraude considérable, les ventes effectuées à l'intérieur par la Compagnie sont loin d'atteindre ce chiffre; ainsi en 1877 elles ne se sont élevées qu'à 24,251,137,045 allumettes.]

² [La Compagnie emploie en outre pour la confection des boîtes et l'emballage plus de 12,000 personnes, et elle consomme annuellement pour cet objet au moins 2,500,000 kilogr. de cartons de diverses qualités.]

CHARBON D'OS OU NOIR ANIMAL.

Le *charbon d'os* ou *noir animal* s'obtient en carbonisant des os. L'emploi de cette substance dans la fabrication du sucre, recommandé par *Derosne* (1812) et mis en pratique par *Dumont* (1828), en fait un des corps les plus importants de la chimie industrielle. Si l'on calcine des os à l'abri du contact de l'air, la matière organique se décompose et passe partie à l'état d'huile d'os, partie à l'état de carbonate d'ammonium. Comme résidu, il reste une masse noire, qui a conservé complètement la structure des os.

Préparation du noir animal. — Les os destinés à la préparation du noir animal doivent être choisis avec soin; il ne faut prendre que les plus durs et les plus compactes, et les employer autant que possible à l'état frais, alors qu'ils sont très-riches en substance organique. Avant de carboniser les os, on les fait bouillir avec de l'eau pour éliminer la graisse, on les fait ensuite sécher, ou bien on les traite par le sulfure de carbone. La graisse ainsi obtenue (5 à 6 pour 100 du poids des os) constitue un produit secondaire de la fabrication du noir ayant une certaine valeur. On carbonise les os cassés, en fragments plus ou moins gros, soit en recueillant les produits volatils, soit en faisant brûler ceux-ci. Dans le premier cas (nouvelle méthode), on introduit les os dans des cornues ou des cylindres en fonte analogues à ceux dont on se sert pour la préparation du gaz d'éclairage, et l'on recueille dans des récipients refroidis les produits qui se dégagent pendant la carbonisation.

[Dans l'appareil représenté par la figure 575, les cylindres G et G' sont pla-

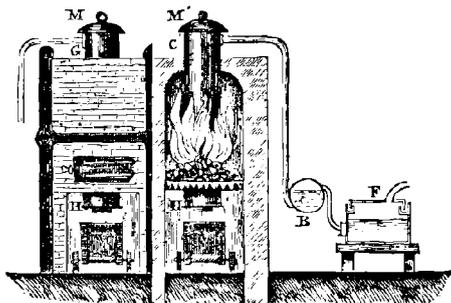


Fig. 575. — Cylindres verticaux pour la fabrication du noir animal.

cés verticalement; les os sont introduits par les ouvertures M et M', et lorsque la calcination est achevée on enlève les obturateurs H et H', qui ferment le fond des cylindres; ceux-ci se vident et le noir tombe dans les étouffoirs V et V', où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Les produits de la combustion se dégagent par les tuyaux adaptés à la partie supérieure des cylindres et viennent se condenser en B et en F.] L'expérience a appris que le noir animal, ainsi obtenu, a des propriétés décolorantes moins dévelop-

pées que lorsqu'on carbonise les os dans des pots en laissant brûler les produits volatils comme cela se faisait autrefois. C'est pourquoi on se sert maintenant généralement, en France et en Allemagne, de l'ancienne méthode (d'après *Lunge*, ce sont, au contraire, des cornues que l'on emploie le plus souvent en Angleterre et en Écosse). [Cette méthode, qui est surtout en usage depuis que l'industrie du gaz et le traitement des eaux vanes fournissent de grandes quantités de sels ammoniacaux, est pratiquée de la manière suivante : On remplit des pots en fonte ou en terre à creuset de 25 litres de capacité avec les os concassés, on les empile au nombre de cinq les uns sur les autres, dans un four à réverbère, de manière que chaque pot soit fermé par le pot supérieur, le plus élevé seul étant clos par un couvercle ; les joints sont lutés avec de l'argile, et le four est chauffé par la flamme d'un foyer extérieur ; ordinairement il y a deux fours contigus ayant une cheminée commune, et pendant que l'un d'eux est en marche, on laisse refroidir l'autre pour le vider et le charger à nouveau. Au lieu de superposer les pots, il serait plus avantageux de les disposer en une seule rangée en fermant chaque pot avec un couvercle, ce qui permettrait de réduire beaucoup la hauteur du four. Au bout de quelque temps, les vapeurs qui s'échappent des pots s'enflamment spontanément, et la chaleur ainsi produite est suffisante pour terminer, sans addition de nouveau combustible, la carbonisation des os, dont on reconnaît la fin à la cessation du dégagement des vapeurs. Ces fours sont faciles à conduire et ils donnent d'excellents résultats, mais ils exigent une quantité de combustible assez grande, de sorte qu'on devrait leur préférer les fours continus à tubes et à cornues, comme ceux qui ont été construits par *Siemens*, *Gits* et *Durieux*, par *Steinhauser* et par *Sebor*.] La carbonisation des os donne en moyenne 55 à 60 pour 100 de charbon, dans lequel le charbon proprement dit est mélangé presque avec 10 fois son poids d'éléments minéraux. Mais cette quantité est encore diminuée de quelques centièmes par le triage, l'époussetage et surtout par le cassage. Une analyse de charbon d'os desséché a donné pour 100 parties : charbon, 10 parties, phosphate de calcium, 84 parties, et carbonate de calcium, 6 parties. Abandonné au contact de l'air, le noir animal absorbe 7 à 10 pour 100 d'humidité. [Les os carbonisés étant refroidis, on les retire des pots et on les granule à l'aide de machines spéciales, qui consistent essentiellement en cylindres cannelés en fonte, qu'on peut rapprocher ou écarter à volonté, suivant la grosseur que l'on veut donner au noir ; dans cette opération, il faut éviter autant que possible de produire une poussière fine, parce que le charbon en poudre a beaucoup moins de valeur que le charbon en grains. Le charbon granulé est ensuite passé dans un blutoir, qui opère la séparation de la poudre fine ou *folle-farine* et le triage du noir en grains de grosseurs différentes.]

Propriétés du noir animal. — Le noir animal possède à un haut degré la propriété d'absorber les matières colorantes et les substances minérales dissoutes, la chaux et la potasse notamment. Cette action remarquable, reconnue dès 1811 par *Figuier*, paraît être due à une force d'attraction

superficielle, bien que le charbon puisse aussi séparer des combinaisons chimiques. Dans la fabrication du sucre, pour enlever la chaux et les sels au jus, on se sert de la propriété que possède le noir d'absorber dans ses pores les substances minérales. La faculté d'absorber la chaux, dont jouit le charbon d'os, serait due en partie (d'après *Anthon*) à la présence d'une certaine quantité d'acide carbonique accumulée dans les pores du noir animal. On diminue cette faculté, lorsque, à l'aide de l'acide chlorhydrique, on enlève les éléments minéraux du charbon, et cependant ce traitement est nécessaire si l'on veut employer le noir pour décolorer des liquides acides. Les fabricants de cirage consomment des quantités énormes de charbon d'os. [Le charbon employé pour cet usage est désigné plus spécialement sous le nom de *noir d'ivoire* et préparé de la même manière que le noir animal avec les rognures d'ivoire des tabletiers ou bien encore avec des os de pieds de mouton bien nettoyés, dans lequel cas on lui donne aussi les noms de *noir de Cassel*, de *noir de Cologne* ou de *noir de velours*.]

Essai du noir animal. — Plus est grand le *pouvoir décolorant* du charbon d'os, plus est grande la valeur de ce corps, bien que le pouvoir décolorant ne paraisse pas être proportionnel à sa force absorbante pour la chaux et les sels. C'est pourquoi il est de l'intérêt du fabricant de sucre et du producteur de noir de connaître le pouvoir décolorant d'un charbon, ce à quoi l'on arrive en comparant le noir animal avec un autre dont la qualité est connue. *Payen* propose dans ce but de traiter des volumes égaux d'une eau colorée par du caramel avec des poids égaux de charbon et de filtrer les liquides. Le noir qui donne le liquide le plus clair est le meilleur¹. *Bussy* a déterminé le pouvoir décolorant relatif de plusieurs espèces de charbons, en prenant des quantités égales en poids, et il a obtenu les résultats suivants :

Charbon d'os ordinaire.	4
Charbon d'os traité par l'acide chlorhydrique.	1,6
Charbon d'os calciné avec du carbonate de potassium.	20
Sang calciné avec du carbonate de potassium.	20
Sang calciné avec du carbonate de calcium.	20
Gélatine calcinée avec du carbonate de potassium.	15,5

Les expériences effectuées par *Brimmeyr*, sur le *pouvoir décolorant* du charbon d'os, lui ont donné les résultats suivants : 1° le pouvoir absorbant ne dépend pas de la structure du charbon, de la cohésion mécanique de ses particules, mais de la quantité de charbon pur qu'il renferme ; 2° les quantités des substances absorbées par des charbons de composition différente dépendent réellement de la richesse en charbon pur, et elles n'ont probablement aucun rapport avec les différences de nature chimique que présentent les corps solubles absorbés ; 3° le charbon saturé avec une substance conserve sa faculté absorbante pour d'autres substances de nature chimique différente ; 4° le charbon d'os agit d'autant plus rapidement que

¹ Voyez, pour plus de détails : *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française traduite par *L. Gautier*, p. 679. Paris, 1877.

sa structure capillaire est moins prononcée, que celle-ci ait été modifiée par division mécanique ou par dissolution des sels calcaires dans des acides.

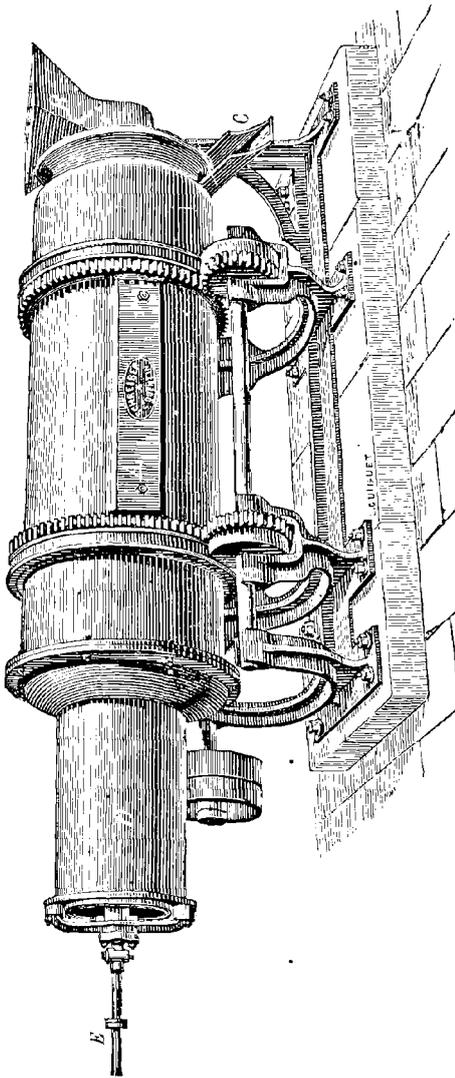


Fig. 574. — Appareil de Schreiber, pour le lavage du noir animal.

H. Schulz (de Magdebourg) a obtenu récemment des résultats analogues. Le charbon offre son pouvoir décolorant maximum lorsqu'il se présente avec la richesse maxima en carbone et une faible densité.

Pour la fabrication du sucre, il est important de connaître, outre le pouvoir décolorant, la *force absorbante pour la chaux*, que l'on détermine directement en dosant la quantité de chaux que peut absorber une certaine quantité de charbon.

Révivification du noir

animal. — [Comme on le sait, le noir animal est surtout employé pour éliminer les sels et la chaux, ainsi que les matières colorantes des jus sucrés et des sirops. Lorsqu'on a fait passer une certaine quantité de jus ou de sirop sur du charbon animal, celui-ci a perdu ses propriétés absorbantes et décolorantes; mais, comme l'a montré *Dumont*, on peut par la *révivification* restituer au noir en grains ses propriétés

primitives et le rendre ainsi apte à servir de nouveau.

Pour révivifier le noir animal, on commence par le débarrasser, au moyen d'un lavage, des matières solubles ou délayables dans l'eau, puis on le soumet à une calcination qui carbonise les substances organiques adhérentes et met à découvert la surface du grain. Le noir peut être révivifié de 20 à 25 fois.

Le *lavage* du noir peut être effectué dans une grande auge demi-cylindrique en tôle et légèrement inclinée, dans laquelle se meut un axe dont la périphérie est munie d'une lame de tôle contournée en hélice. Le mouvement de l'hélice, qui fonctionne absolument comme une vis d'Archimède, fait remonter le noir et le déverse à la partie de l'auge la plus élevée, pendant qu'un courant d'eau continu circule en sens inverse. On peut aussi se servir du laveur imaginé tout récemment (1877) par *T. Schreiber*; cet appareil est représenté par la figure 574. A est un cylindre horizontal en fonte, que l'on peut faire tourner au moyen d'un système d'engrenages; ce cylindre est muni intérieurement, suivant sa longueur, de deux surfaces courbes et gauches, disposées en forme d'aubes, légèrement inclinées du côté de D, et qui divisent la surface interne en deux parties égales; D est un autre cylindre plus petit, rapporté sur le premier et traversé par un tuyau E, qui aboutit à l'entrée de A et amène l'eau destinée au lavage du noir; il est en outre muni intérieurement d'une double enveloppe en tôle perforée servant à essorer le noir avant sa sortie de l'appareil. Pour mettre le laveur en marche, on y fait arriver de l'eau en un courant continu et, lorsque ce liquide commence à couler par la gouttière C, on met le cylindre en mouvement et l'on introduit le noir dans le cylindre par la trémie B. Par suite de la rotation, chaque aube, arrivée dans le bas, remonte le noir qui se trouve au fond en entraînant en même temps une certaine quantité d'eau; lorsque le plan recourbé de l'aube se trouve à une certaine hauteur, sa position première se renverse et le noir tombe avec l'eau dans la partie la plus basse du cylindre pour être remonté par l'aube suivante, jusqu'à ce que continuant sa marche il vienne sortir de l'appareil par le petit cylindre D, après avoir été essoré dans ce dernier. On fait souvent précéder le lavage à l'eau par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu de 50 à 60 fois son volume d'eau, afin de dissoudre et d'enlever le carbonate de calcium qui incruste les grains de noir. Quelquefois aussi on fait subir au noir, avant ce double lavage, une sorte de fermentation, en l'entassant dans des cuves en maçonnerie; les réactions qui se produisent dans la masse élèvent sa température, et un certain nombre des matières organiques sont détruites ou rendues plus solubles dans les liquides employés pour le lavage.

La *calcination* du noir s'effectue dans des fours construits d'après des plans plus ou moins différents. Le four imaginé par *Cail* est représenté par les figures 575 et 576. Dans un massif en briques se trouve un foyer à grille *a* fermé par la porte *p*; les murs latéraux offrent chacun trois rangs superposés de neuf ouvertures *o*, qui laissent arriver la flamme autour de la moitié supérieure de vingt tubes en fonte *b* disposés en deux séries de dix de chaque côté du foyer et formés chacun de trois tronçons; la flamme et la fumée, après avoir enveloppé les deux séries de tubes, redescendent dans des canaux latéraux et arrivent dans la cheminée H. Le four est surmonté d'une grande cuvette en fonte *d*, destinée à faire sécher le noir avant son introduction dans les tubes. Le fond de la partie antérieure de la cuvette est muni d'ajutages auxquels les tubes viennent s'adapter par leur

extrémité supérieure. Enfin, la série des dix tubes, de chaque côté, est partagée en deux capacités inégales par deux registres en fonte superposés *l* et *l'*, offrant chacun dix ouvertures correspondant aux dix sections des tubes. Le noir, lavé et préalablement épuré par traitement dans un cylindre en tôle au moyen de vapeur d'eau surchauffée, est versé dans la partie postérieure de la cuvette *d*, et lorsqu'il est suffisamment desséché, on le

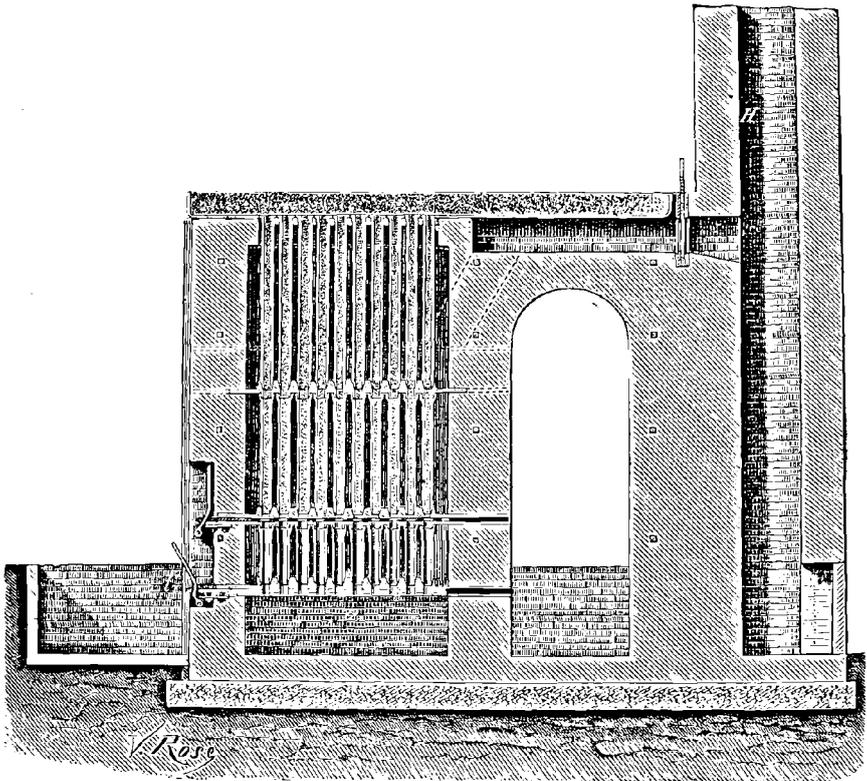


Fig. 375. — Four de Cail pour la calcination du noir animal; coupe longitudinale.

pousse vers la partie antérieure pour en charger les tubes, dont on a fermé le registre supérieur *l* et que l'on a soin de remplir aux deux tiers, au début de l'opération, avec du noir déjà calciné. Au bout d'une demi-heure la calcination est terminée; on ferme alors le registre inférieur *l'*, on ouvre le supérieur et le produit calciné, qui se trouve au-dessus de ce dernier, se rend dans la capacité inférieure des tubes où on le laisse refroidir; puis on recharge les tubes, après avoir fermé le registre supérieur, et ainsi de suite. Lorsque le charbon s'est suffisamment refroidi, il ne reste plus qu'à

ouvrir le registre inférieur et le noir tombe dans l'excavation *v* ménagée au-dessous des tubes.

Le four de *T. Schreiber* avec *séchoir automatique*, dont les figures 377 et 378 représentent une vue d'ensemble et une coupe verticale, offre les dispositions suivantes : Dans un massif en maçonnerie sont disposées, de chaque côté

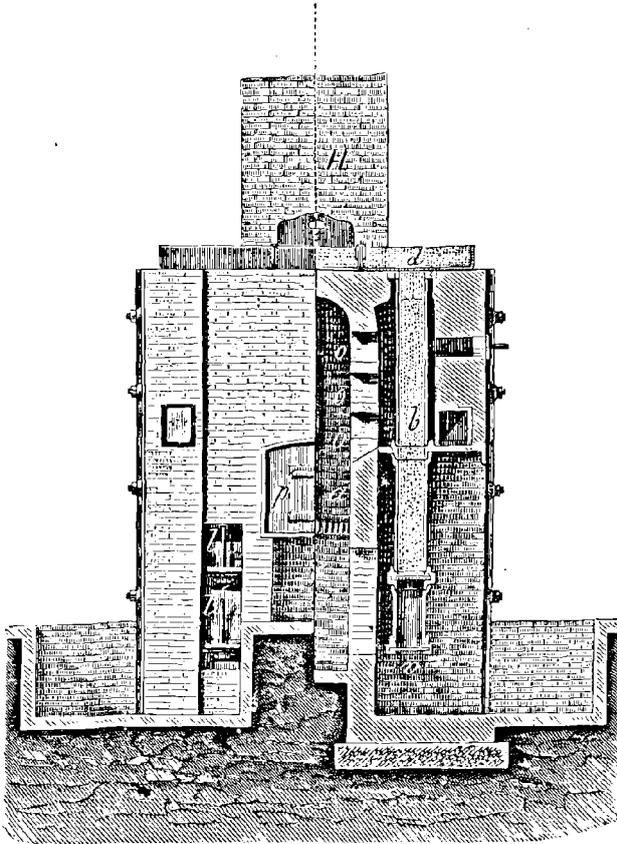


Fig. 376. — Four de Caill pour la calcination du noir animal ; vue antérieure et coupe transversale.

du foyer *A* (fig. 378), deux rangées de cornues en fonte *b* de forme ondulée et prolongées inférieurement par des tuyaux plats *C*, également en fonte ; ces tuyaux, qui servent au refroidissement du noir calciné, forment avec les cornues un angle d'environ 45 degrés, et se trouvent par suite exposés au contact de l'air. A leur partie supérieure les cornues sont en communication avec des tuyaux plats de forme ondulée *d*, munis sur leur face externe d'ouvertures disposées en forme de persiennes et débouchent supérieurement dans un entonnoir *S*, destiné à recevoir le noir encore humide et à le distri-

buer dans les tuyaux; cet ensemble constitue le séchoir automatique. La flamme et les gaz, produits par un feu de coke entretenu dans le foyer A, se dirigent vers le fond du four, puis se divisent en deux parties à droite et à gauche, chauffent les cornues, et enfin les deux courants remontent par des canaux latéraux pour venir se réunir entre les tubes sécheurs *d*, qui laissent échapper par leurs ouvertures latérales les vapeurs aqueuses

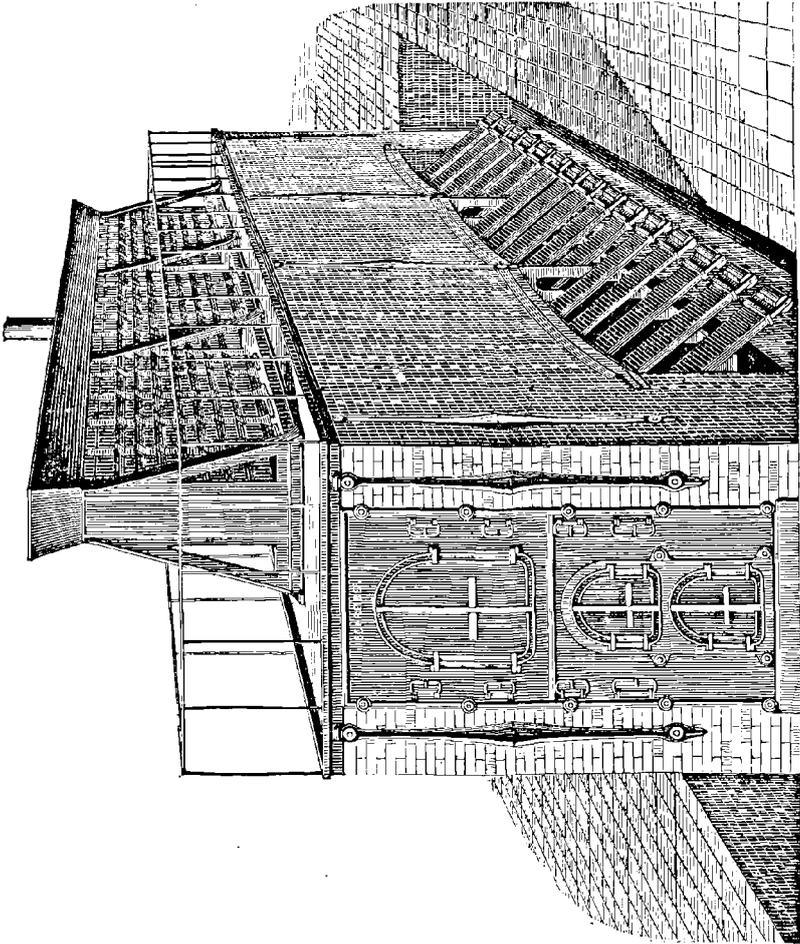


Fig. 377. — Four de Schreiber pour la calcination du noir animal.

dégagées par le noir; les gaz se rendent finalement dans la cheminée P. Les tubes réfrigérants C ont été lors de la mise en marche du four remplis jusqu'à une certaine hauteur avec du noir calciné; lorsque la portion inférieure du noir contenu dans les tuyaux *b* est suffisamment calcinée, on vide, au moyen d'une manœuvre particulière, la matière contenue dans la partie inférieure des tubes réfrigérants C; à ce moment, toute la colonne se

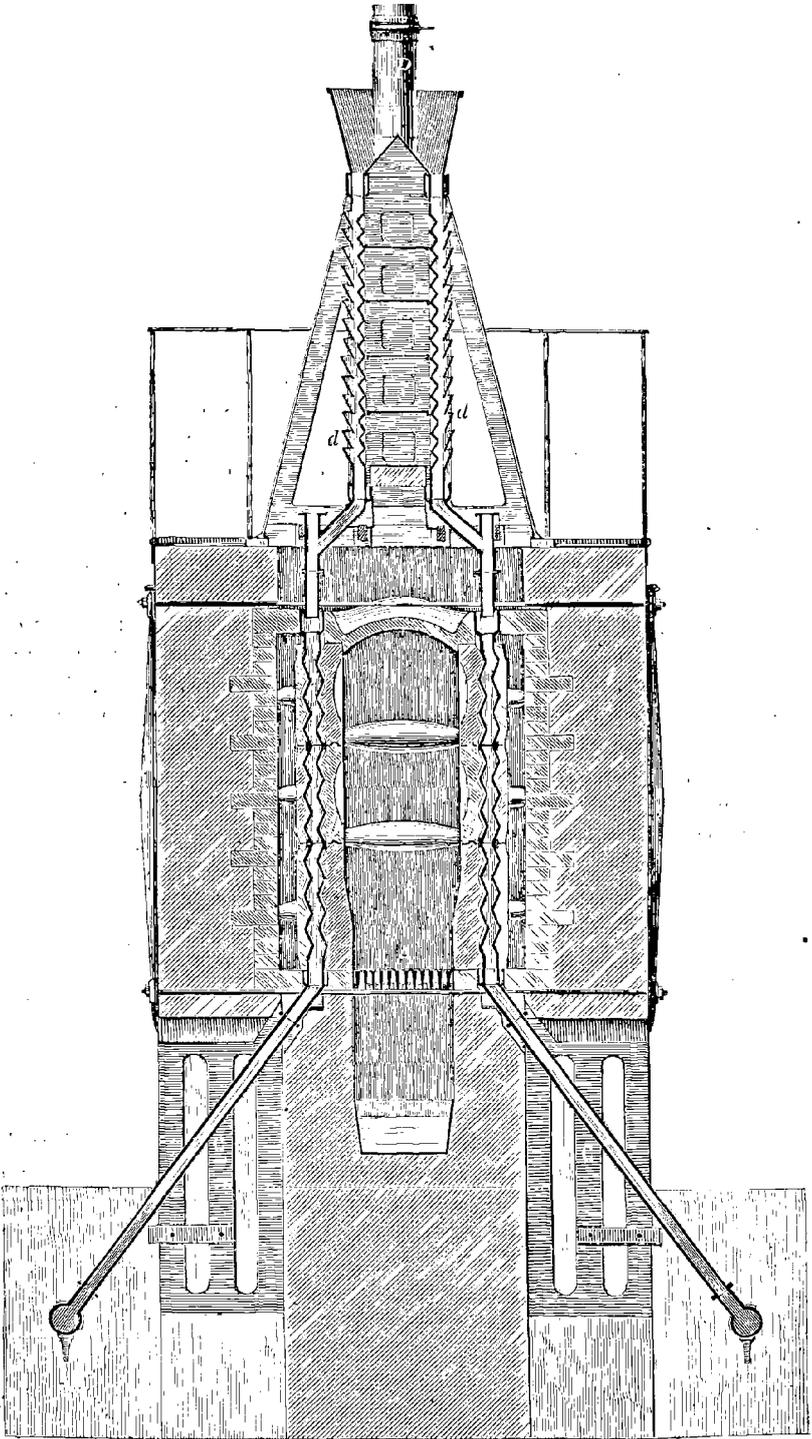


Fig. 378. — Four de Schreiber pour la calcination du noir animal; coupe verticale.

met en mouvement de haut en bas, et le noir en passant par toutes les ondulations est jeté tantôt à droite, tantôt à gauche sur les petits plans inclinés que forment les ondulations des sècheurs et des cornues, ce qui fait qu'à chaque récolte le noir est mélangé de façon à ramener au centre les grains qui étaient en contact avec les surfaces des sècheurs et des cornues, et ceux du centre à l'extérieur. Il résulte de ce mouvement descendant que la portion de noir récoltée en *C* est remplacée par du noir calciné venant de *b*, tandis que du noir séché en *d* vient remplir le vide produit par l'abaissement de la colonne *b*, et qu'enfin une portion du noir humide de l'entonnoir *S* tombe spontanément en *d*. Le four *Schreiber* fonctionne avec une très-grande régularité, et, d'après les expériences effectuées récemment (1877) par *A. Vivien*, le noir animal, révivifié environ vingt fois par lavage au moyen de l'appareil *Schreiber* (voy. p. 525) et calcination dans le four qui vient d'être décrit, produit une épuration des sirops à peu près égale à celle que donne le noir neuf employé seul].

Succédanés du noir animal. — Comme succédané du charbon d'os, on a proposé le charbon obtenu en calcinant des schistes bitumineux (*noir de schiste*). Ce charbon argileux enlève bien aux jus sucrés les matières colorantes, mais il n'a pas d'action sur la chaux. En outre, la présence du protosulfure de fer, qui s'y trouve en quantité assez considérable, s'oppose à ce qu'on puisse l'employer dans la fabrication du sucre. Le *charbon de varechs*, proposé récemment, mérite peut-être plus d'attirer l'attention. *H. Schwarz* (de Gratz) a fait des expériences intéressantes sur la régénération du charbon d'os par mélange de la cendre d'os avec du sucre ou de la gélatine, dessiccation et calcination du mélange. *H. Melsens* prétend obtenir une préparation analogue en carbonisant des substances ligneuses préalablement imprégnées avec une solution de cendre d'os dans l'acide chlorhydrique. On ne sait encore rien de satisfaisant sur la préparation d'alumine proposée dans ces derniers temps par *Fr. Meyer*, comme succédané du noir animal.

LAIT, BEURRE ET FROMAGE.

Lait. — Le lait est le liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles des mammifères; il renferme toutes les substances organiques et minérales nécessaires aux animaux, et en proportion suffisante pour pouvoir servir seul pendant longtemps à l'alimentation et fournir en quantité suffisante pour l'accroissement tous les éléments nécessaires aux jeunes animaux. [Le lait, dont on fait usage dans la plupart des contrées de l'Europe, est fourni par la vache, la chèvre et la brebis; en Laponie, on se sert du lait de renne; en Afrique et aux Indes orientales, on emploie le lait de buffle; dans l'Amérique méridionale, le lait de lama et de vigogne; en Égypte, en Syrie et en Perse, on boit le lait des chameaux et des dromadaires; enfin, les Yakoutsks, les Baskirs, les Kalmouks et quelques autres peuples nomades de

l'Asie, emploient celui de leurs juments. Bien que tous ces laits diffèrent entre eux par l'odeur, la couleur, le goût et la consistance, ils sont essentiellement formés des mêmes principes, dont les plus importants sont la caséine, le beurre, le sucre de lait ou lactose, des sels minéraux (chlorure de potassium, chlorure de sodium, phosphate de calcium, etc.) et l'eau. Voici, d'après *Doyère*, la composition centésimale moyenne de quelques laits :

	VACHE.	CHÈVRE.	BREBIS.	JUMENT.	LAMA.	ANESSE.
Caséine	4,20	4,85	5,70	2,18	3,90	2,15
Beurre	3,20	4,40	7,50	0,55	3,10	1,50
Lactose	4,50	3,10	4,50	5,50	5,60	6,40
Sels divers	0,70	0,35	0,90	0,40	0,80	0,32
Matières solides . .	12,40	12,70	18,40	8,63	13,40	10,37
Eau	87,60	87,30	81,60	91,37	86,60	89,63
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Joly et *Filhol* ont trouvé dans 100 parties de lait de vache 0,900 de cendres composées de phosphate de calcium (0,387), de chlorure de potassium (0,341), de chlorure de sodium (0,081), de phosphate de magnésium (0,087), de phosphate de fer (traces) et de fluorure de calcium (traces). D'après les recherches de *A. Béchamp*, le lait de vache renferme, comme éléments physiologiques, de l'alcool et de l'acide acétique.

Le lait est un mélange d'un liquide aqueux avec des substances insolubles dans l'eau et dans un état de division extrême; son poids spécifique varie entre 1,030 et 1,045. On reconnaît à l'aide du microscope que la couleur blanche du lait est due à la présence de petits globules, — les globules du lait. Ceux-ci sont généralement sphériques, jaunâtres avec un bord foncé à la lumière réfractée et nacré à la lumière réfléchie. On admettait autrefois que ces globules étaient munis d'une enveloppe de nature albuminoïde dans laquelle se trouvait le beurre, mais il paraît, d'après les expériences de *Quévenne*, de *Donné*, de *Joly* et *Filhol*, de *v. Baumhauer* et de *Fr. Knapp*, que cette enveloppe n'existe pas. Par le repos, les globules du lait se rassemblent à la surface et forment la *crème*, au-dessous de laquelle se trouve un liquide bleuâtre transparent, qui contient en dissolution le sucre de lait, les sels et la caséine sous forme de caséinate de sodium. Si l'on abandonne le lait pendant longtemps à lui-même, une partie du sucre de lait se transforme, sous l'influence de la caséine agissant comme ferment, en *acide lactique*⁴, qui décompose le caséinate de sodium et met

⁴ L'acide lactique (C⁵H⁶O⁵) ne se forme pas seulement aux dépens du sucre de lait, il se produit encore par la fermentation du sucre de fécule, du sucre de canne et du sucre de raisin en présence de la caséine et d'un ferment. Il se trouve dans la choucroute, dans les concombres aigres, et c'est un élément qui ne manque jamais dans tous les liquides animaux. Outre qu'il sert comme aliment, l'acide lactique est aussi employé dans le tannage, la teinture et la fabrication de la fécule. Dans le tannage, il constitue un élément actif du jus de tan aigre; dans la teinture, on le rencontre dans le bain de son, et dans la fabrication de l'amidon d'après l'ancienne méthode, il sert sous forme d'eau sure pour enlever les substances protéiques à l'amidon. L'acide lactique paraît en outre jouer un rôle dans la fermentation alcoolique; il se trouve toujours dans le liquide en fermentation, et en sa qualité d'acide non volatil il se rencontre dans le résidu de la distillation, qui, à cause

en liberté la caséine; celle-ci étant insoluble dans l'eau se précipite. On dit alors que le lait se coagule ou se caille. Au bout d'un temps plus long, tout le sucre de lait finit par se convertir en acide lactique. D'après A. Béchamp, on trouve dans le lait normal des corps particuliers appelés microzymas, qui seraient la cause de la coagulation spontanée de ce liquide; l'air n'est pas nécessaire pour cette coagulation. On peut produire une coagulation analogue en mettant du lait frais en contact avec de la présure. Pour préparer la présure, on lave l'estomac du veau, on l'étend sur un châssis et on le sèche à l'air ou au feu. Autrefois on le faisait tremper dans du vinaigre, mais l'expérience a appris que cela est inutile. Lorsqu'on veut s'en servir, on en coupe une bande, que l'on ramollit dans un peu d'eau chaude et qu'on ajoute ensuite au lait chauffé à 30 ou 35 degrés. Au bout de deux heures, celui-ci est coagulé; 21 parties de présure sont suffisantes pour produire la coagulation de 1,800 parties de lait. Le mode d'action de la présure n'est pas connu; il ne consiste pas, comme on l'admettait autrefois, en ce qu'une partie du sucre de lait est transformée immédiatement en acide lactique, parce que, comme l'expérience l'a appris, du lait ayant une réaction alcaline peut aussi être coagulé par la présure.

Petit-lait. — Le liquide séparé par filtration de la caséine précipitée porte le nom de *petit-lait*. Lorsque le lait est devenu aigre spontanément, le petit-lait contient peu de sucre, mais beaucoup d'acide lactique (petit-lait aigre); lorsque, au contraire, le lait a été coagulé par la présure, le petit-lait renferme tout le sucre et pas d'acide lactique (petit-lait doux). Le dernier liquide, qui contient encore 3 ou 4 pour mille d'une substance protéique particulière (désignée par Millon et Commaulle sous le nom de *lactoprotéine*), est employé pour la préparation du *sucre de lait*, et, dans ce but, évaporé jusqu'à cristallisation. La substance qui se sépare sous forme de croûtes cristallines dures et demi-transparentes est purifiée par une nouvelle cristallisation. Le sucre de lait $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$ n'a qu'une saveur peu sucrée, il craque entre les dents, se dissout dans 6 parties d'eau froide et 2 d'eau bouillante, et il ne peut pas subir la fermentation alcoolique, mais bien la fermentation lactique. Par l'action des acides étendus, le sucre de lait se transforme en lactose (galactose), sucre analogue au sucre de raisin, et c'est pour cela qu'il est indirectement fermentescible. On l'emploie quelquefois comme corps réducteur dans la fabrication des miroirs argentés.

100 parties de sucre de lait du commerce provenant de la Suisse (a) et de Giesmannsdorf, en Silésie (b), contenaient les substances suivantes (1868):

	a.	b.
Sels.	0,05	0,16
Substances insolubles.	0,05	0,05
Corps organiques étrangers.	1,14	1,29
Sucre de lait	98,80	98,50
	100,00	100,00

de ses propriétés acides, est employé pour le décapage des métaux. Chauffé avec du peroxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, il donne de l'*aldéhyde*, dont on se sert pour la préparation du vert d'aniline et de l'hydrate de chloral.

Moyens pour empêcher le lait d'aigrir. — On peut empêcher pendant longtemps le lait de devenir aigre en le faisant bouillir fréquemment, opération qui a pour effet d'expulser l'air absorbé, qui aurait transformé en ferment lactique une partie de la caséine. Dans un certain sens, la pellicule qui se forme pendant l'ébullition du lait contribue aussi à la conservation du liquide, parce qu'elle restreint l'accès de l'air. Un autre procédé consiste à refroidir le lait aussitôt qu'il vient d'être traité, en plongeant les vases qui le renferment dans de l'eau froide ou de la glace. On peut encore empêcher le lait de devenir aigre, ou arrêter le phénomène lorsqu'il est commencé, en y ajoutant une petite quantité d'un carbonate alcalin ou du borax. [Un décilitre d'une solution au dixième de bicarbonate de sodium suffit pour empêcher l'altération de 20 litres de lait pendant les grandes chaleurs. C'est une combinaison de ces différents procédés qui est employée par la plupart des laitiers en gros des environs de Paris pour assurer la conservation du lait à l'époque des chaleurs, soit pendant son transport, soit chez les détaillants.] On peut arrêter la coagulation du lait, mais non sans acidification, en y ajoutant du salpêtre, du sel marin, et, en général, des sels à base alcaline. [L'acide salicylique constitue un excellent agent de conservation pour le lait; du lait additionné d'acide salicylique à la dose de 40 grammes par hectolitre ne se caille qu'au bout de 48 heures, et avec 80 grammes la coagulation est retardée de quatre jours; le lait ainsi traité fournit autant de crème que le lait pur.]

Essai du lait. — Dans les localités où le lait est consommé en grande quantité, comme dans les grandes villes, on fabrique ce liquide avec de l'eau de riz, de l'eau de son et de l'eau de gomme, ou avec un mélange d'eau et de cervelle de mouton¹. Une des falsifications les plus fréquentes consiste à étendre le lait avec de l'eau. Différentes méthodes et différents instruments ont été mis en usage pour déterminer la richesse du lait en beurre et en caséine, et, à ce sujet, il ne faut pas oublier (comme l'a montré le remarquable mémoire de *Fr. Gopelsroder*, 1866) que les proportions relatives des éléments du lait varient d'un jour à l'autre; et dans le même jour elles ne sont même pas dans le lait du matin égales à celles du lait du soir. D'après *Jones*, on introduit le lait dans un tube de verre gradué placé verticalement, et l'on compare la hauteur de la crème qui s'est séparée au bout de quelque temps. Le lait est d'autant meilleur que l'espace occupé par la crème est plus grand. Naturellement, on n'est renseigné à l'aide de cette méthode que sur la richesse en crème, et seulement d'une manière très-approximative, parce que lorsque, par exemple, le lait est étendu, cela influe sur la rapidité avec laquelle la crème se sépare. *Chevallier* et *Henry* emploient pour déterminer la qualité du lait un aréomètre, sur la graduation duquel les degrés jusqu'où doit s'enfoncer l'instrument dans le lait pur sont marqués en rouge. D'autres méthodes consistent à précipiter la caséine

¹ Voyez pour ces différentes falsifications, ainsi que pour l'essai du lait : *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française traduite par le D^r *L. Gautier* page 935. Paris, 1877.

et le beurre par la teinture de noix de galle ou par une solution de sulfate de zinc; on détermine quel volume d'une dissolution titrée de l'un de ces corps est nécessaire pour la précipitation d'un lait normal et ensuite on effectue une expérience comparative avec d'autres espèces de lait. Le *lactoscope de Donné* doit être recommandé pour l'usage de la police; cet instrument repose sur cette idée, que les globules du lait représentent seuls la véritable valeur de ce liquide, et ce sont les globules qui rendent le lait opaque. Le lactoscope permet de regarder à travers une couche de lait dont la longueur peut être augmentée ou diminuée et mesurée à l'aide d'une vis micrométrique. A travers la couche de lait on observe la lumière d'une bougie, jusqu'à ce que sa pointe commence à devenir invisible. Plus un lait est transparent, moins sont nombreux les globules, et plus il renferme d'eau. *Brunner* dose le beurre pour déterminer la valeur du lait. Il mêle 20 grammes de lait à essayer avec 10 grammes de poudre de charbon de bois, il dessèche complètement le mélange à 70 ou 80°, il en extrait le beurre avec de l'éther, et il évapore la solution éthérée. Le beurre qui reste est pesé. Du lait non falsifié donne de 3,1 à 3,56 pour 100 de beurre, et la crème de 10,6 à 11,02 pour 100. *C. Reichelt* a tenté récemment avec succès d'appliquer l'essai halimétrique (voyez page 256) à la détermination de la teneur du lait en eau.

Usages du lait. — Le lait sert soit comme aliment, soit pour la fabrication du beurre ou du fromage. On l'emploie en outre pour décolorer et pour clarifier quelques liquides. Une fraude contre les droits de douane, qui se pratique fréquemment en France, consiste à déclarer, sous le nom de vin de Porto, du Xérès qui a été coloré avec de l'alkanna, et qui plus tard est décoloré avec du lait. L'*extrait de lait* ou *lait condensé* obtenu par évaporation du lait dans le vide et addition du sucre de canne, d'après la méthode de *Martin de Lignac*, modifiée par *Horsford*, de Cambridge (Amérique), et *Gail-Bordon*, paraît être la meilleure forme sous laquelle le lait puisse se conserver. Il est préparé maintenant sur une grande échelle par la Compagnie anglo-suisse de Cham (canton de Zug), par l'Alpina de Luxembourg (canton de Thurgovie), par la Compagnie anglaise de Londres, ainsi qu'à Hambourg, à Kempton (Bavière) et à Vevey (canton de Vaud), par la Compagnie suisse-allemande, et à Hildburghausen. [La Compagnie anglo-suisse de Cham, qui possède trois fabriques en Suisse et une en Angleterre, à Chippenham, est la plus importante. Elle traite par jour, dans ses trois établissements de la Suisse, 36,000 litres de lait, et sa production s'est élevée, en 1872, à 3,500,000 boîtes de lait condensé du poids de 450 grammes chacune.] *P. Wagner* (de Darmstadt) a analysé le lait condensé de différentes fabriques et a obtenu les résultats suivants :

	CHAM.	VEVEY ET KEMPTEN.	LUXEMBOURG.	LONDRES.
Eau.	27,80	23,40	24,70	28,80
Substance sèche.	72,20	76,60	75,30	71,20
Cendre.	2,25	2,03	2,17	2,19

Éléments organiques.	69,95	74,57	73,13	69,01
Matières albuminoïdes	8,00	10,00	8,51	9,00
Matière grasse.	9,26	15,85	12,45	10,00
Sucre de lait et sucre de canne. .	52,69	50,74	17,87	50,01

Le lait concentré mélangé avec 4,5 à 5 parties d'eau donne un liquide qui a toutes les propriétés d'un lait parfaitement pur, que l'on a édulcoré avec un peu de sucre.

[Le produit que l'on trouve depuis quelque temps dans le commerce sous le nom de *farine lactée de Nestlé* n'est autre chose qu'un extrait sec de lait préparé en évaporant dans le vide du lait de vache mélangé avec du sucre et de la croûte de pain; la farine lactée est destinée à l'alimentation des jeunes enfants.

Si l'on abandonne à lui-même, dans des vases clos, du lait coagulé spontanément, le sucre de lait, interverti par l'acide lactique qui a pris naissance pendant la coagulation, se transforme en acide carbonique et en alcool. C'est sur ce phénomène que repose la préparation du *koumys*, boisson alcoolique employée par les Khirghizes, les Baschkirs, les Tartares et les autres peuples nomades de la Russie orientale. Le véritable *koumys* est obtenu avec le lait de jument; chez les Kirghizes et les Baschkirs on le prépare de la manière suivante : On met le lait fraîchement tiré dans des outres de forme conique, triangulaires, rondes à la base, nommées *saba* chez les uns et *toursouk* chez les autres; ces outres sont faites en peau de cheval non tannée, mais durcie et enfumée; avant d'y verser le lait, on y introduit du vieux *koumys* desséché qui joue le rôle de ferment et qui se nomme *kora*; on remue le liquide à l'aide d'un bâton fixé dans le goulot de l'outre, et au bout de trois jours de barattage et par une température de 20 à 25° le *koumys* est achevé. Les Tartares le préparent à peu près de la même façon; seulement, au lieu de mettre le lait dans des outres, ils le versent dans des pots en grès ou de grands baquets en bois et souvent ils remplacent le ferment naturel par de la farine de seigle ou de la levûre de bière. Au lieu d'être remué avec un bâton, le *koumys* est quelquefois promené à dos de chameau et il paraît qu'il a alors meilleur goût et devient plus fort. En Europe, où il est difficile de se procurer du lait de jument en grande quantité, on peut se servir, comme cela se fait à Paris depuis quelque temps, de lait de vache additionné de la quantité de sucre nécessaire pour le rendre identique au lait de jument, ou bien d'un mélange de lait de vache et de lait d'ânesse riche en sucre et pauvre en caséine.

Le *koumys* est un liquide de couleur blanchâtre, d'une odeur caractéristique rappelant celle du petit-lait, d'une saveur légèrement acide et piquante; l'acide carbonique qu'il renferme en assez grande quantité le rend très-mousseux. Un *koumys* fait avec du lait de jument des steppes, dans un établissement de Moscou, contenait sur 100 parties :

Alcool	0,785
Acide carbonique	0,785
Corps gras	2,05
Sucre de lait	2,20
Caséine	1,12
Sels	0,28
Acide lactique	1,15

Soumis à la distillation, le koumys donne une eau-de-vie désignée sous le nom d'*arracka*.]

Beurre. — [On prépare le *beurre* en soumettant à un battage la crème séparée du lait. Pour séparer la crème on abandonne le lait à lui-même dans des vases de grès; au bout de 24 heures en été et de 48 heures en hiver, la crème s'est rassemblée à la surface et l'on procède à l'écémage. Cette opération se fait quelquefois à l'aide d'un appareil appelé *crèmeuse*, qui se compose d'une table sur laquelle sont disposés plusieurs vases munis, près de leur fond, d'un ajutage débouchant au-dessus d'une gouttière longitudinale. On verse le lait dans ces vases et, lorsque la crème est formée, on débouche les ajutages; le lait écrémé s'écoule alors dans la gouttière et de là dans un vase placé au-dessous; dès que la crème arrive au niveau des ajutages, on rebouche ceux-ci et la crème reste dans les vases.] L'infériorité du poids spécifique du beurre par rapport à celui de l'eau est une propriété importante au point de vue du travail du lait; par suite de cette différence de poids, la crème devrait se séparer avec une rapidité d'autant plus grande d'une dissolution de différentes substances, qui rendent l'eau plus pesante (sucre de lait, caséine, sels), si le liquide ne possédait pas une grande viscosité due à la présence de la caséine, ce qui ralentit l'ascension des globules du beurre. Mais à mesure que la consistance du lait augmente par suite de la précipitation de la caséine sous l'influence du développement toujours croissant de l'acidité, la séparation du beurre devient plus difficile. Si la séparation de la crème n'est pas encore terminée lorsque le lait est coagulé, la graisse qui se trouve encore dans le lait aigre est perdue pour la préparation du beurre. Sur ces faits reposent deux méthodes différentes, qui ont pour but de rendre l'extraction du beurre aussi complète que possible. D'après une méthode proposée par le Suédois *Gussander*, l'ascension des globules de beurre doit être accélérée de manière que la séparation de la crème ait lieu en très-peu de temps et que dans tous les cas elle soit terminée quand le lait commence à aigrir. D'après une autre méthode, l'acide lactique formé est immédiatement neutralisé avec un peu de carbonate de sodium, de manière que la séparation de la caséine soit empêchée et que les globules de beurre ne trouvent aucun obstacle à leur ascension. Ce procédé est celui de *Trommer*.

[Le battage de la crème, séparée par l'une ou l'autre des méthodes précédentes, a pour effet de réunir en une masse solide les globules de graisse, tandis que la caséine, entraînée avec la matière grasse, reste suspendue dans le liquide avec une petite quantité de beurre. Cette opération s'effectue dans des appareils auxquels on donne le nom de *barattes*, d'où le nom de *barattage*

sous lequel elle est désignée.] Les barattes sont construites de diverses manières. La baratte la plus ordinaire est une sorte de baril vertical dans lequel se trouve un disque percé de trous et fixé à un manche; on emploie en outre des barils horizontaux où se meuvent des ailettes fixées à un arbre, des barattes à balançoire, etc., appareils dans lesquels le beurre se fait dans un temps plus ou moins long. [Lorsque tous les pelotons de beurre se sont réunis en une masse, on soutire la portion de crème demeurée liquide ou le *babeurre* et l'on pétrit le beurre avec de l'eau fraîche, que l'on change jusqu'à ce qu'elle s'écoule claire; cette opération porte le nom de *délaitage*. Il faut en moyenne 28 litres de lait pour obtenir 1 kilogr. de beurre; une bonne vache donne en moyenne 64 kilogr. de beurre par an. Si au lieu d'écrémer le lait on le soumet au battage immédiatement après la traite, on obtient un beurre très-délicat, mais le rendement est beaucoup moins considérable; c'est ainsi que se prépare le beurre si renommé de la Préalaye, près de Rennes.

En France on a l'habitude de maintenir le lait qui doit être écrémé à une température de 12 à 14°, et c'est pour cela que dans la saison froide on chauffe la laiterie à l'aide de calorifères. Des expériences effectuées récemment (1875) par *E. Tisserand* ont démontré que cette pratique, usitée depuis un temps immémorial, est tout à fait vicieuse, et qu'il est beaucoup plus avantageux d'exposer le lait destiné à la fabrication du beurre à une basse température; la montée de la crème est alors beaucoup plus rapide, la quantité de crème obtenue est plus grande et, par suite, le rendement en beurre est plus considérable; en outre, le beurre est plus fin, plus délicat, d'une consistance plus ferme, et il se conserve frais beaucoup plus longtemps. Cette méthode est maintenant en usage dans le nord de l'Europe et elle donne d'excellents résultats. On refroidit le lait à 6° en le plaçant dans de grands vases que l'on refroidit avec de l'eau et de la glace. En Danemark on obtient, avec 100 kilogr. de lait ainsi refroidi, 20 kilogr. de crème, qui fournissent 3^{kil},790 de beurre, soit 1 kilogr. de beurre pour 26^{kil},100 de lait; avec l'ancienne méthode il fallait plus de 30 kilogr. de lait¹.]

Le beurre à l'état frais se compose des corps suivants, dont les proportions varient avec son origine :

	I.	II.	III.	IV.
Beurre pur.	94,4	95,0	87,5	78,5
Caséine, sucre de lait, substances extractives	0,5	0,5	1,0	0,5
Eau.	5,3	6,7	11,5	21,2

Le babeurre contient 1,58 pour 100 de beurre, 3,41 pour 100 de caséine et 41,01 pour 100 d'eau, de sucre de lait et de sels.

Le beurre pur consiste en un mélange de différents glycérides, qui par la

¹ [Le beurre fourni maintenant par le Danemark est très-recherché et peut être transporté sans altération à de très-grandes distances. En 1865, ce pays exportait 4,800,000 kilogr. de beurre; aujourd'hui il en exporte 10,000,000, qui représentent une valeur de 38,000,000 de francs.]

saponification se dédoublent en glycérine et en un certain nombre d'acides de la série grasse. Les acides non volatils sont : l'acide palmitique, $C^{16}H^{32}O^2$, et l'acide oléobutyrique, $C^{17}H^{34}O^2$; les acides volatils : l'acide *butyrique*, $C^4H^8O^2$, l'acide caproïque, $C^6H^{12}O^2$, l'acide caprylique, $C^8H^{16}O^2$, et l'acide caprique, $C^{10}H^{20}O^2$. Ces quatre derniers acides constituent, sous forme de glycérides, la *butyrine*, et ils sont la cause de l'odeur particulière du beurre.

La présence de la caséine et de l'eau fait que le beurre s'altère et rancit facilement. Pour obvier à cet inconvénient, on a coutume de *saler* le beurre en le pétrissant avec du sel lorsqu'il a été bien lavé. On compte 30 ou 40 grammes de sel marin par kilogramme de beurre. En Angleterre on emploie à la place du sel marin un mélange de quatre parties de chlorure de sodium, de une partie de salpêtre et d'une partie de sucre. Un autre moyen pour empêcher l'altération du beurre consiste à le *faire fondre* jusqu'à ce que le liquide, de trouble qu'il était en commençant, devienne parfaitement clair par suite de la précipitation de la caséine ; il suffit ensuite de décanter le liquide clair dans des vases bien propres et parfaitement secs. [L'*acide salicylique* est aussi employé depuis quelque temps pour la conservation du beurre ; il suffit de recouvrir ce dernier avec une solution d'acide salicylique à 3 pour 1000, ou bien de l'envelopper dans des linges saturés de cet acide. Le beurre déjà rance, lavé une ou plusieurs fois avec de l'eau salicylée, puis à l'eau pure, perd tout son mauvais goût.] La coloration du beurre se pratique ordinairement en hiver, saison pendant laquelle le beurre a une couleur blanche ; on emploie dans ce but du rocou, du curcuma, ou du jus de carotte ou de souci, ou enfin certaines couleurs de goudron jaunes.

[La fabrication du beurre offre en France une très-grande importance ; elle a lieu principalement dans les départements du Calvados, de l'Orne, de la Manche, de la Seine-Inférieure, de l'Ille-et-Vilaine, du Morbihan, des Côtes-du-Nord, du Finistère, de la Loire-Inférieure, de l'Indre-et-Loire, du Loiret, du Nord et du Pas-de-Calais. D'après *Morière*, le département du Calvados produit à lui seul annuellement 13 millions de kilogrammes de beurre représentant une valeur d'environ 30 millions de francs ; le quart de cette quantité est consommé sur place et le reste est exporté. En 1874, il a été consommé à Paris 3,748,184 kilogrammes de beurre.]

[**Beurre artificiel.** — Suivant *Mège-Mouriès* (1872), on peut à l'aide de la méthode suivante préparer un produit offrant de grandes analogies avec le beurre véritable et pouvant servir aux mêmes usages que ce dernier. On prend de la graisse de bœuf bien fraîche et après l'avoir lavée à l'eau tiède on la réduit en fragments dans une machine à hacher la viande, puis on la fait fondre au bain-marie dans une chaudière contenant de l'eau (300 litres pour 1000 kilogrammes de graisse), du carbonate de potassium (1 kilogramme) et quelques estomacs de mouton ou de porc coupés en fragments ; on chauffe jusqu'à 40 à 45° en brassant continuellement la masse. La fusion terminée, le tissu cellulaire qui enveloppait la graisse tombe au fond et une huile jaune et claire surnage, couverte par une écume blanchâtre contenant l'eau qui se trouvait dans la graisse ; on enlève cette écume et on soutire l'huile dans des

cristallisoirs en fer-blanc d'une capacité de 25 à 30 litres, que l'on abandonne au repos dans une chambre, dont la température doit être d'environ 25°. Au bout de 24 heures, l'huile ayant acquis une consistance demi-solide présente un aspect grenu et cristallisé. Les pains ainsi obtenus, qui se composent d'un mélange d'oléine, de margarine et de stéarine, sont soumis dans des sacs de toile à l'action d'une presse hydraulique; sous l'influence d'une pression ménagée, effectuée à la température de 25°, la matière grasse se partage en deux parties : l'une est la stéarine fusible à 40 ou 50°, qui reste dans les sacs, et l'autre de l'oléo-margarine liquide qui filtre à travers le tissu et est reçue dans un vase en fer-blanc. La stéarine est vendue aux fabriques de bougies. Lorsque l'oléo-margarine est figée par le refroidissement, elle présente un aspect grenu, une couleur jaunâtre et une saveur agréable; après avoir été simplement lavée et malaxée avec des cylindres, elle est vendue sous le nom de *margarine* pour remplacer les graisses diverses ou même le beurre dans la cuisine ordinaire, ou bien elle est transformée en beurre (*beurre artificiel*) de la manière suivante : dans une baratte on introduit 50 kilogrammes d'oléo-margarine fondue, 25 litres de lait de vache et 25 litres d'eau dans laquelle on a fait macérer pendant quelque temps 100 grammes de mamelle de vache coupée en petits morceaux; enfin, on ajoute un peu de rocou, afin de colorer le produit; au bout d'un quart d'heure de barattage, le mélange est transformé en une crème épaisse, et au bout de deux heures environ celle-ci est convertie en beurre; le beurre ainsi obtenu est ensuite lavé à l'eau froide dans la baratte, puis malaxé entre des cylindres, afin de le rendre aussi homogène que possible.

Pour transformer l'oléo-margarine en beurre, *H. A. Mott* (1877) l'agite pendant 10 ou 15 minutes avec du lait aigre et une solution de rocou additionnés de bicarbonate de sodium; il soutire ensuite le mélange dans une cuve contenant de la glace pilée. La masse ainsi solidifiée est laissée pendant deux ou trois heures en contact avec la glace et le tout est ensuite renversé sur une table inclinée pour permettre à l'eau (glace fondue) de s'écouler, enfin la matière grasse est battue, pendant 15 minutes, avec du lait de beurre (babeurre), puis mise à égoutter, salée, délaîtée et mise en barils. Le beurre ainsi obtenu est d'excellente qualité et se conserve beaucoup mieux que le beurre fait avec la crème. *Mott* a analysé comparativement du beurre naturel et du beurre artificiel préparé d'après sa méthode; il a obtenu les résultats suivants :

	BEURRE NATUREL.	BEURRE ARTIFICIEL.	
Matières solides.	Palmitine	16,826	18,507
	Stéarine	35,599	38,562
	Oléine	22,954	24,954
	Butyrine	7,606	0,262
	Caproïne		
	Capryline		
	Caprine		
	Caséine	0,185	0,745
Chlorure de sodium	5,225	5,225	
	88,173	87,995	
Eau	11,827	12,005	
	<u>100,000</u>	<u>100,000</u>	

A Hambourg, à Francfort-sur-le-Mein et à Vienne, on prépare maintenant de grandes quantités de beurre artificiel d'après le procédé de *Mège-Mouriès*.]

Fromage. — Le *fromage* se prépare avec la caséine séparée du lait écrémé ou non écrémé. Dans le premier cas, on obtient du *fromage maigre*, qui ne contient que de la caséine avec très-peu de beurre, et dans le second du *fromage gras* (fromages suisses, hollandais, anglais); si dans la préparation du *fromage gras* on ajoute encore de la crème, on obtient du *fromage à la crème*.

[Pour préparer le *fromage maigre*, on écrème d'abord le lait, puis on le coagule, après l'avoir fait tiédir, avec de la présure délayée dans un peu d'eau : le caillé étant formé, on le met à égoutter sur des claies ou dans des moules en bois ou en terre percés de trous et quelquefois garnis d'un linge ; on le comprime ensuite légèrement pour expulser le petit-lait et on le consomme dans cet état (fromage frais) ou bien on le sale, on lave sa surface avec du petit-lait bouillant, on le fait sécher et on le porte à la cave, où il subit une espèce de fermentation ou maturation. Les *fromages gras* se font de la même manière avec le lait non écrémé. Pour certains fromages (Gruyère, Parmesan), la coagulation du lait a lieu à une température plus élevée et le caillé est soumis à une cuisson particulière. Les espèces de fromages salés sont extrêmement nombreuses et les différences qu'elles présentent proviennent de la nature du lait employé (lait de vache, lait de chèvre, lait de brebis, ou un mélange de ces différents laits) et du traitement auquel est soumis le caséum après sa coagulation. Ces fromages peuvent être divisés en trois catégories, suivant qu'ils sont mous, à pâte ferme et pressée ou cuits et à pâte plus ou moins dure et pressée. Les fromages de Brie, de Neufchâtel, de Camembert, de Livarot et de Pont-l'Évêque, sont des fromages mous ; ceux de Hollande, de Chester, de Roquefort, sont à pâte ferme et pressée ; et enfin ceux de Gruyère⁴ et de Parmesan sont à pâte cuite.]

Les bulles que renferment certains fromages (le fromage de Gruyère, par exemple) proviennent de ce que, lors de la préparation, on n'a pas éliminé complètement le petit-lait, dont le sucre se transforme en sucre de raisin, qui à son tour se convertit, pendant que le fromage se fait, en alcool et en acide carbonique ; ce dernier, en se dégageant, produit la désagrégation de la masse du fromage. Dans le fromage de Hollande, qui ne renferme pas de bulles, la grande proportion du sel marin ajouté s'oppose à la transformation du sucre de lait. La qualité du fromage dépend en outre de la température et de la disposition du milieu où on le conserve pendant la maturation.

En chauffant le petit-lait à 100° et en y ajoutant du vinaigre, on en sépare le *sérai* sous forme de petits flocons, que l'on rassemble dans une jatte et qu'ensuite on comprime. Avec le sérai on prépare le fromage salé ou bien on l'emploie, comme en Suisse, pour préparer le *fromage vert* en le pétrissant avec de la poudre de *Melilotus cœrulea* et donnant à la masse la forme connue.

⁴ [En France le fromage de Gruyère est fabriqué spécialement dans le Jura, le Doubs, l'Ain et la Savoie.]

Pour obtenir 1 kilogramme de séraï, il faut le petit-lait de 52 à 48 litres de lait.

La théorie de la formation du fromage n'est pas encore suffisamment élucidée; dans tous les cas, un grand rôle est joué par le ferment. Comme l'a montré *Hallier*, le fromage frais est rempli de nuclei (noyaux) de ferment. Sans celui-ci il ne peut pas se produire du fromage, et par l'addition d'un ferment convenable on peut même exercer jusqu'à un certain degré de l'influence sur la durée de la préparation du fromage et sur la qualité de ce dernier. L'altération physico-chimique qu'éprouve le fromage au contact de l'air peut être observée notamment dans les espèces maigres. A l'état frais, le fromage est blanc comme la craie; abandonné à lui-même à l'état humide, il devient jaune et transparent (il se fait ou il devient gras), et il acquiert l'odeur particulière du fromage. Avec le temps il perd toute sa cohésion et se transforme en une masse grasseuse. Ces changements commencent à la surface et se propagent uniformément à l'intérieur. Si l'on coupe un fromage maigre, on remarque un anneau jaune, comme lardacé, qui entoure un anneau blanc nettement limité. L'anneau devient plus large de jour en jour, jusqu'à ce qu'enfin toute la masse soit devenue uniforme et que le noyau ait disparu. Cette altération du fromage est due à un dégagement d'ammoniaque ou d'un acide qui tous deux rendent le fromage blanc translucide. Les espèces fortement odorantes sont ammoniacales, celles qui sont inodores ont une réaction acide. Chimiquement parlant, le fromage maigre devenu lardacé est une combinaison de caséine avec de l'ammoniaque ou des amines (par exemple, l'amylamine); certaines espèces sèches (comme le fromage vert ou aux herbes) sont des mélanges de caséine sèche avec des plantes aromatiques (mélilot, etc.), d'acides gras volatils (acide valérianique, caprique, capronique, etc.) et de substances indifférentes (leucine, etc.).

Les chiffres suivants donnent la composition d'un fromage gras fait avec du lait doux (a) et d'un fromage maigre fait avec du lait aigre (b) :

	a.	b.
Eau	56	44
Caséine	29	45
Graisse	50,5	6
Cendre	4,5	5
	100,0	100

Des analyses effectuées par *Payen*, sur des espèces de fromages consommées à Paris, ont donné les résultats suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Eau	45,2	51,9	54,5	9,5	54,5	56,6	55,9	40,0	56,1	27,6
Substances azo-										
tées	18,5	18,9	26,5	18,4	13,0	8,0	26,0	51,5	29,4	44,1
(Azote	2,95	5,0	4,21	2,92	3,51	1,27	4,15	5,0	4,80	7,0)
Matière grasse.	25,7	21,0	50,1	59,9	41,9	40,7	26,5	24,0	27,5	16,0
Sels	5,6	4,7	5,0	0,5	5,6	0,5	4,2	3,0	0,9	5,7
Subst. non azo-										
tées et perte.	5,0	4,5	3,9	5,7	7,0	14,2	7,6	1,5	6,1	6,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1. Fromage de Bric; 2. Camembert; 3. Roquefort; 4. Fromage double à la crème; 5. Vieux fromage de Neufchâtel; 6. Fromage frais de Neufchâtel; 7. Chester; 8. Gruyère; 9. Fromage de Hollande ordinaire; 10. Parmesan.

Les espèces de fromages que l'on consomme le plus en Allemagne sont l'Emmenthaler (a) et le Backstein (b). D'après les analyses de O. Lindt (1868), ces fromages offrent la composition suivante :

	a.		b.	
Eau.	37,4	36,7	45,2	35,8
Matière grasse.	30,6	30,5	28,2	37,4
Caséine.	28,5	29,0	23,2	24,4
Sels.	3,5	3,5	3,4	2,4
	100,0	100,0	100,0	100,0

Enfin nous donnerons encore quelques analyses de fromages effectuées par E. Hornig (1869) :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Eau.	38,66	56,60	51,21	57,64	36,72	34,08	59,28	49,34
Matière grasse.	20,14	17,95	9,16	20,31	33,69	28,04	10,44	20,63
Caséine.	34,90	18,76	33,60	18,51	25,67	23,28	24,09	24,26
Sels.	6,47	6,78	6,01	3,51	3,71	5,58	6,17	5,45
Perte.	0,43	0,81	0,02	0,04	0,21	0,02	0,02	0,32
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. Fromage de Hollande; 2 et 3. Fromages de Ramadoux; 4. Fromage de Neufchâtel; 5. Fromage de Gorgonzola; 6. Fromage de Bringen ou de Lip-tau, dans le comté de Zypse; 7. Fromage de Schwarzenberg; 8. Fromage de Limbourg.

[La fabrication des fromages est, pour certaines contrées de la France, une industrie très-importante; les départements qui en produisent le plus sont: le Calvados, l'Orne, la Seine-Inférieure, la Creuse, l'Aveyron, le Cantal, les Vosges, l'Isère, le Jura, le Doubs, l'Ain, la Savoie, la Marne et la Seine-et-Marne. Les fromages fabriqués annuellement en Normandie (Livarot, Camembert, Pont-Lévêque et Mignot) représentent une valeur d'environ 8,600,000 francs, et la production annuelle du département de Seine-et-Marne (fromages de Brie et de Meaux) est évaluée à 12,000,000 de francs.]

La caséine fraîchement coagulée (caillé) et mélangée avec de la chaux est employée comme ciment et comme mordant et épaississant dans l'impression des indiennes¹. On se sert d'une dissolution de caséine dans une solution de borax à la place de la colle-forte et de la colle à bouche.

¹ Les cotylédons des légumineuses, ceux des pois, des lentilles et des fèves notamment, renferment un principe végétal ayant des propriétés analogues à celles de la caséine du lait; il se dissout dans l'eau et peut être précipité de sa dissolution par des acides faibles. Ce principe a été désigné sous le nom de *caséine végétale*. D'après une relation d'Itier, les Chinois préparent un vrai fromage avec les pois; ils les réduisent, par la cuisson, en une bouillie qu'ils passent et font cailler avec de l'eau de plâtre; le caillot est ensuite traité comme le fromage précipité du lait par la présure. Cette masse prend peu à peu l'odeur et le goût du fromage animal.

PRÉPARATION ET CONSERVATION DE LA VIANDE.

Généralités. — La substance musculaire des animaux de boucherie, entourée de plus ou moins de graisse et contenant des os, constitue ce que, dans la vie ordinaire, on désigne sous le nom de *viande*; la viande marchande est en moyenne composée comme il suit :

Substance musculaire.	46
Graisse et tissu cellulaire.	5
Os.	10
Liquide musculaire.	71
	100

La substance musculaire elle-même se compose de tissus et de liquides divers, parmi lesquels se trouve, comme élément dominant, une substance protéique organisée, la fibre animale ou la fibrine. Les fibrilles musculaires, réunies en faisceaux par du tissu conjonctif, forment les muscles. La graisse se dépose entre les enveloppes des muscles et le tissu conjonctif dans des cellules particulières (cellules adipeuses). Le tout est entouré d'un nombre considérable de vaisseaux capillaires sanguins et lymphatiques, qui concourent à la nutrition des muscles, et de nerfs qui président à l'accomplissement de leurs fonctions vitales. La substance des muscles est imbibée d'un liquide riche en protéine, le liquide musculaire, qui contient un certain nombre de substances exsudées directement du sang ou produites par la métamorphose de la matière des muscles. Ces corps sont la créatinine et l'hypoxanthine, l'inosite ou sucre de muscles, l'acide lactique, l'acide inosique, des corps extractifs et des substances minérales, parmi lesquelles prédominent le chlorure de potassium et le phosphate de magnésium.

Relativement aux principes qui entrent dans la composition du corps des animaux de boucherie, des renseignements intéressants ont été fournis par des expériences récentes exécutées en grand et dont les résultats offrent une grande importance pour juger de la valeur nutritive de la chair des animaux engraisés ou non. D'après ces expériences, la richesse en eau est représentée par les chiffres suivants :

	Agneau.	Mouton.	Bœuf.	Porc.
Viande non engraisée.	62	68	—	56
— demi-engraisée.	—	50	54	—
— tout à fait engraisée.	49	40	46	39
— grasse.	—	35	—	—

Par conséquent, à mesure que l'engraissement fait des progrès, la richesse en eau de la chair diminue et la substance sèche augmente, une partie de l'eau étant remplacée par de la graisse. Dans la viande d'un animal gras, le consommateur reçoit en moyenne du boucher environ 40 pour 100 en plus de substance animale sèche que dans la viande non engraisée,

et la différence peut même s'élever jusqu'à 60 pour 100, si les animaux sont très-gras.

Les expériences de *Breunlin* montrent quelle différence il y a, au point de vue de la valeur nutritive, entre la viande des bœufs gras et celle des bœufs maigres; 100 parties contenaient :

	Bœuf gras.	Bœuf maigre
Eau.	38,97	59,68
Cendre.	1,51	1,44
Graisse	23,87	8,07
Chair musculaire.	56,65	30,81
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00

ou 1000 grammes renfermaient :

	Chair musculaire.	Graisse.	Cendre.	Eau.
Viande de bœuf gras.	356	239	15	390
-- de bœuf maigre.	308	81	14	597
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Différence.	+ 38	+ 158	+ 1	- 207

La viande du bœuf gras contient par conséquent, sur 1000 parties, 207 parties de substances nutritives solides de plus que la viande de l'animal non engraisé.

Préparation de la viande. — La viande est bouillie ou rôtie. Dans la préparation par ébullition, elle éprouve dans sa composition un changement considérable. Suivant la durée de l'ébullition et la quantité de l'eau employée, les éléments solubles de la viande se séparent plus ou moins complètement des éléments insolubles. Le bouillon de viande contient des phosphates alcalins solubles, des lactates et des inosates, du phosphate de magnésium et seulement des traces de phosphate de calcium; le phosphate de calcium et le phosphate de magnésium sont les principaux éléments que renferme la viande bouillie. Si la viande prise comme aliment doit repasser dans l'organisme à l'état de chair, si la faculté de retourner dans son état primitif doit lui être conservée, il ne faut soustraire à la viande fraîche, lors de sa préparation, aucun de ses principes constituants. Si sa composition vient à subir quelque changement, si un des éléments faisant partie de sa constitution lui est enlevé, il en résulte une altération correspondante dans son aptitude à reprendre dans le corps vivant la forme et les propriétés primitives, desquelles dépend la manière dont elle se comporte dans l'organisme. Il suit de là que la viande bouillie, si elle est prise sans le bouillon, est d'autant moins propre à la nutrition que la quantité d'eau dans laquelle elle a bouilli était plus grande et que la coction a duré plus longtemps.

L'albumine de la viande se coagulant dans ses dissolutions au-dessous de la température d'ébullition de l'eau, il en résulte que dans la coction de cette substance par ébullition, c'est-à-dire d'après la méthode ordinairement employée pour préparer le bouillon, l'albumine est en majeure partie perdue pour ce dernier, puisque l'écume, qui se sépare à la surface pendant l'ébullition et que l'on enlève, est formée par l'albumine. On peut

éviter cette perte en substances nutritives, si, d'après les indications données par *v. Liebig* relativement à la préparation du bouillon de viande pour les malades, on mélange la viande hachée menu avec de l'eau distillée, à laquelle on a ajouté quelques gouttes d'acide chlorhydrique et un peu de sel marin; si on laisse digérer et si au bout d'une heure on sépare à l'aide d'un tamis de crin le liquide du résidu, que l'on épuise encore plus complètement avec de nouvelles quantités d'eau distillée. On obtient ainsi à froid un extrait de viande de couleur rouge, d'une odeur agréable de bouillon et que l'on prend froid (le liquide se trouble lorsqu'on le chauffe et dépose un épais coagulum d'albumine et d'hématosine); 100 parties de viande de bœuf donnent un extrait qui contient 2,95 parties d'albumine et 3,05 parties d'autres éléments non coagulables. *Chevreul* a obtenu de 500 grammes de viande de bœuf, qui contenait 77 pour 100 d'eau, 27,25 d'extrait; en retranchant les 3,25 de graisse, qui s'y trouvaient, cela fait 4,8 pour 100. La quantité de bouillon obtenue avec les 500 grammes précédents de viande s'élevait à environ 1 litre $\frac{1}{4}$. Le litre pesait 1013 grammes et contenait les substances suivantes :

Eau		991,50
Matières organiques.	} solubles dans l'alcool. } insolubles dans l'alcool.	9,44
		3,12
Sels alcalins		8,67
Phosphates terreux.		0,46
		1013,09

Le bouillon de viande de bœuf ne contient en moyenne, y compris la gélatine et la graisse, que 5 parties d'éléments solides. Dans les circonstances les plus favorables on obtient, par coction, de 1,000 grammes de viande de bœuf :

Substances solubles dans l'eau froide.	} Albumine coagulée. } — en dissolution.	29,5	} 60
		30,5	
Substances insolubles dans l'eau froide.	} Gélatine. } Fibrine musculaire.	6,9	} 170
		164,0	
Graisse.		20	
Eau.		750	

Coction de la viande et préparation du bouillon. — La meilleure manière de cuire la viande et de préparer le bouillon est la suivante : on n'introduit la viande à cuire dans le pot que lorsque l'eau contenue dans ce dernier est en pleine ébullition, on laisse bouillir pendant quelques minutes et on abaisse la température à 70 ou 74° en ajoutant de l'eau froide. Si l'on maintient pendant quelques heures l'eau à cette température, on a réuni toutes les conditions nécessaires pour donner à la viande toutes les qualités qu'elle doit avoir pour servir d'aliment. Comme dans cette manière de procéder l'albumine est coagulée, il se forme à la surface de la viande une enveloppe qui empêche la pénétration de l'eau à l'intérieur et qui emprisonne les substances solubles, le bouillon séparé de cette viande contiendra par conséquent moins d'éléments solubles. Mais pour préparer un *bouillon*

fort, on mélange avec de l'eau froide de la viande maigre hachée menu, on chauffe lentement à l'ébullition, et après un bouillonnement de quelques minutes on exprime le bouilli. Lorsque le bouillon a été passé, il n'a plus besoin que d'être aromatisé et un peu coloré avec du caramel. La coloration est une concession presque indispensable, que l'on doit faire au préjugé né de l'habitude générale de cette pratique. Les morceaux de viande qui restent sont tout à fait sans saveur et impropres à la nutrition. Le bouillon contient toutes les matières solubles de la substance de la chair : créatine, créatinine, carnine (C⁷H⁸Az²O⁵, découverte en 1871 par *Weidel* dans le liquide musculaire), inosite, substances extractives, inosates et lactates, chlorure de potassium et phosphates terreux. A cause de l'état libre des acides lactique et inosique, il a toujours une réaction acide. On a cru pendant longtemps que les propriétés principales du bouillon de viande étaient dues à la présence de la gélatine en dissolution; mais cette opinion est tout à fait erronée, car la gélatine formée pendant l'ébullition ne représente qu'un élément très-secondaire. On reconnaît généralement aujourd'hui que les tablettes de bouillon d'os constituent une préparation tout à fait impropre à l'alimentation ¹.

Lorsqu'on soumet le bouillon à une ébullition prolongée, il prend une couleur plus foncée et un goût délicat de rôti. Si on l'évapore au bain-marie, on obtient une masse molle brun foncé, dont 15 grammes suffisent pour transformer 500 grammes d'eau additionnée de sel marin en un bouillon fort et d'un goût agréable. D'après les indications de *v. Liebig*, cet extrait de viande (*extractum carnis*) est maintenant préparé par la *Liebig's Extract of meat Company*, à Fray-Bentos et à Montevideo (Uruguay)². Cet extrait contient par kilogr. tous les principes solubles dans l'eau bouillante de 34 kilogr. de chair musculaire pure ou de 45 kilogr. de viande brute. L'extrait de viande australien de *Robert Tooth*, de Sidney (préparé avec de la viande de bœuf pure et non avec un mélange de viande de bœuf et de mouton, comme l'extrait de l'Amérique méridionale), est aussi importé en grande

¹ Il ne faut pas confondre avec les tablettes de bouillon d'os les *tablettes de bouillon* préparées depuis quelque temps en Russie et qui renferment tous les éléments essentiels de l'extrait de viande. *E. Reichardt* (1869) y a trouvé :

Eau se dégageant à 410°	13,23 0/0
Cendre	4,75
Graisse	0,22
Azote	10,57
Substances solubles dans l'alcool à 80 0/0	58,09

² La fabrique du Hambourgeois *Giebert*, fondée à Fray-Bentos, dans l'Uruguay, est passée depuis 1867 entre les mains d'une Compagnie anglo-belge, et elle prépare maintenant par an environ 750,000 kilogr. d'extrait de viande. Les produits secondaires provenant de l'abatage des animaux et les résidus de la fabrication de l'extrait sont maintenant transformés en un engrais qui se rencontre dans le commerce sous le nom de *guano de la Plata* ou *carno-guano*. La maison de banque *Benitos y Hijo*, de Buenos-Ayres, a établi en 1869, dans le lieu appelé Gualaguaychu (Entre-Ríos), une deuxième fabrique d'extrait de viande. L'extrait de viande de *Buschenthal* (analysé par le *D^r Stockhardt*, de Tharand), qui se distingue par son bas prix et son excellente qualité, se répand de plus en plus depuis la mort de *Liebig*.

quantité en Europe¹. Les caractères distinctifs de la pureté de l'extrait de viande sont sa solubilité dans l'alcool à 80 pour 100, sa richesse en eau s'élevant à environ 16 pour 100, celle en azote à 10 pour 100 environ, et la teneur en cendre variant de 18 à 22 pour 100 (la cendre se compose essentiellement de phosphate de magnésium et de chlorures alcalins; parmi ces derniers, c'est le chlorure de potassium qui doit prédominer). D'après *J. Weidel*, on trouve constamment dans l'extrait de viande un corps azoté, la *carnine* (C¹¹H¹⁸Az³O⁵), qui offre beaucoup de rapports avec la théobromine et la caféine. Une partie de l'action de l'extrait de viande doit peut-être être attribuée à cette combinaison.

P. Wagner (de Darmstadt) a analysé (1873) les différents extraits de viande et les a trouvés composés comme il suit :

EXTRAIT DE VIANDE DE LA FABRIQUE DE :	Eau.	Substance sèche à 110°.	Cendre.	Substances orga- niques.	Quantité de la substance sèche soluble l'alcool à 80/90.	Quantité de la substance sèche insoluble dans l'alcool.	Albumine et géla- tine.	Prix du kilogr., en francs.
Fray-Bentos, d'après l'analyse de <i>Liebig</i> .	16,21	79,84	18,22	57,66	56,65	5,28	—	—
Fray-Bentos, <i>Liebig's</i> <i>Company</i>	20,90	70,10	21,50	57,60	58,41	20,69	—	12
Montevideo (<i>Buschen- thal</i>).	18,00	82,00	17,42	64,58	59,07	22,93	—	11,50
San Antonino (<i>A. Me- yer</i> , de Hambourg)	18,90	81,10	18,00	65,10	60,10	20,91	—	10
Baifle-Creek, Queen- sland (<i>Robertson</i> frères).	19,30	80,70	21,36	59,34	58,19	22,51	—	—
Adélaïde, Australie méridionale (<i>E. M.</i> <i>Bagot</i>).	22,00	78,00	11,81	66,19	54,60	45,40	80,4	—

Rôtissage de la viande. — Dans le *rôtissage de la viande* on n'emploie pas d'eau, mais de la graisse, avec laquelle on chauffe la viande dans une poêle, ou bien on place la viande sur une broche, comme cela a lieu en Angleterre et en France, et on l'expose directement au feu. Il se forme bientôt une croûte qui s'oppose à l'écoulement du jus. Lorsque cette croûte s'est produite, on peut modérer la chaleur, parce qu'une température de 100° est suffisante pour cuire les fibres musculaires. Pendant le rôtissage, il se forme, aux dépens des principes de la viande, plusieurs produits de la distillation sèche, parmi lesquels l'acide acétique est le plus important, en tant que sous son influence la fibre musculaire devient plus facilement soluble. C'est une faute d'ajouter un peu d'eau au morceau de viande qui rôtit, notamment au commencement de l'opération. En ajoutant de l'eau on obtient, il est vrai, une plus grande quantité de sauce, mais c'est toujours aux dépens de la qualité du rôti.

¹ Les dépositaires de l'extrait de viande australien sont pour l'Europe *W. J. Colemann et C^e* à Londres, et celui de l'extrait de *Buschenthal* est *E. Meinert* à Leipzig.

Conservation de la viande. — Parmi les nombreux moyens proposés et employés pour conserver la viande et les préparations de viande, ceux qui consistent à empêcher l'accès de l'air sont sans contredit les meilleurs. L'expérience a montré que l'introduction de la viande dans des boîtes de fer-blanc hermétiquement closes remplissait complètement le but, de telle sorte que cette méthode, indiquée par *Appert*, et ses imitations ont acquis dans ces derniers temps une importance imprévue. En effet, la facilité plus grande des relations par terre et par mer, les émigrations plus fréquentes et surtout les voyages sur mer et les expéditions scientifiques, ainsi que la guerre, avec la nécessité qu'elle entraîne d'approvisionner les armées et les forteresses, ont rendu beaucoup plus pressant qu'autrefois le besoin de s'approvisionner d'aliments, non-seulement pour une année, mais encore pour un temps plus long, et, dans ce but, de faire passer ces substances dans un état qu'elles ne puissent plus subir aucune altération.

Méthode d'Appert. — D'après la méthode d'*Appert* (qui s'applique avec un égal succès à la viande, aux poissons, aux légumes et aux fruits), on procède de la manière suivante : La viande préparée, qui dans ce cas doit être aussi cuite que possible, est introduite dans des boîtes en fer-blanc de grandeur déterminée, qu'on achève de remplir avec un bouillon approprié ; on soude ensuite sur les boîtes un couvercle muni d'un petit trou ; par ce trou, on remplit complètement avec de la sauce l'espace resté vide, et enfin on bouche aussi le trou avec de la soudure. Les boîtes sont ensuite placées dans un bain d'eau salée où on les chauffe au-dessus du point d'ébullition de l'eau pendant 1/2 heure, ou 4 heures, suivant leur grandeur. Si l'une ou l'autre de ces boîtes n'est pas parfaitement fermée, on voit des bulbes perler sur les parties défectueuses, que l'on retouche avec le fer à souder. Sous l'influence de l'ébullition, les substances albuminoïdes sont coagulées et ainsi transformées en une modification moins altérable ; en outre, l'oxygène de l'air enfermé dans la boîte est éliminé en majeure partie, le reste est converti en acide carbonique ou désazonisé et par suite rendu inactif. Les substances soustraites de cette façon à l'action de l'air ne subissent aucune altération, si l'opération a été effectuée avec soin ; on soumet cependant les boîtes, au sortir du bain, à un essai, qui consiste à les conserver pendant quelque temps en un lieu chauffé à environ 50°. Si dans cet essai la putréfaction s'est déclarée, on le reconnaît promptement à un dégagement de gaz, par suite duquel le fond et le couvercle des boîtes se bombent plus ou moins. Si ce signe de la putréfaction fait défaut, la première période dangereuse est passée, et l'on n'a pas à redouter pour plus tard une altération spontanée. *Jones* a beaucoup perfectionné le procédé d'*Appert* ; il met, à l'aide d'un tube en métal, les boîtes contenues dans le bain bouillant en communication avec une capacité vide d'air, par laquelle l'air des boîtes est aspiré ; l'avantage de cette méthode consiste en ce qu'on n'a pas besoin de faire cuire aussi fortement les substances pour en éliminer l'air et le produit conserve par suite plus de saveur. [*Martin de Lignac* conserve par un procédé à peu près semblable la viande tout à fait crue, ou après l'avoir débarrassée de la moitié de son eau, en l'ex

posant dans un courant d'air, à 50 ou 55°. Les conserves alimentaires d'après le procédé *Appert*, qui sont préparées principalement à Paris, au Havre, au Mans, à Nantes et à Bordeaux, rendent maintenant de très-grands services à la marine, qui autrefois était obligée de se servir exclusivement de viande salée, dont l'usage prolongé compromettait souvent la santé des équipages.]

Les procédés qui consistent à recouvrir la viande d'une couche de paraffine (*Redwood*), ou de gélatine (*Marle*), reposent sur le même principe que la méthode d'*Appert*. Il en est de même pour le procédé de *Shaler*, d'après lequel la viande doit être conservée à 0° dans l'acide carbonique sec. [Un autre procédé économique qui est employé dans plusieurs contrées de la France pour conserver les membres de volaille à l'abri du contact de l'air, consiste à placer ces objets dans des vases au milieu de la graisse des animaux qui les ont fournis. C'est aussi par une méthode analogue que dans différents ports (La Rochelle, Les Sables d'Olonne, Nantes, Lorient, Port-Louis, Marseille, etc.), on prépare dans des boîtes en fer-blanc des conserves à l'huile de sardine, de thon ou d'autres poissons; enfin le sucre, le miel ou la mélasse peuvent également être employés avec succès pour conserver la chair des mammifères ou des poissons à l'abri du contact de l'air.]

La viande peut être conservée par *soustraction d'eau*, comme par élimination de l'air, ce à quoi l'on arrive par la dessiccation ou par le salage.

Dessiccation de la viande. — La conservation de la viande par *dessiccation*, le moyen le plus sûr pour la préserver de la putréfaction, offre certaines difficultés. Les indigènes de l'Amérique ont coutume de dépouiller avec soin de la graisse les provisions de viande qu'ils emportent avec eux dans les expéditions, de couper la viande dégraissée en minces lanières, qui sont saupoudrées de farine de maïs, afin d'absorber les sucs de la chair, et de faire sécher au soleil ces lanières ainsi saupoudrées en les posant sur des bâtons horizontaux. Il reste une masse flexible et imputrescible, qui est nommée *pemmikan* dans l'Amérique du nord, *tassajo* dans l'Amérique du sud, *biltongue* dans l'Afrique méridionale, et *kadyd* ou *kèlia* par les Arabes du Sahara; cette masse est roulée et comprimée, et dans cet état elle est facile à transporter; 100 parties de viande de bœuf donnent près de 26 parties de *tassajo*. En Europe la déshydratation de la viande n'a jamais pu être mise en pratique, parce que, dans la plupart de nos contrées, la chaleur de l'air en été n'est pas suffisamment élevée pour qu'on puisse dessécher la viande avec une rapidité assez grande pour n'avoir pas à craindre de la voir s'altérer; comme, en outre, la viande doit avant la dessiccation être coupée en petits morceaux ou en lanières minces, elle ne convient plus pour une foule de préparations culinaires.

Le *biscuit de viande* (*meat-biscuit*) paraît au contraire digne d'une plus grande attention; il a été inventé par *Gail Bordon*, qui en 1850 établit une fabrique à Galveston, dans le Texas, dont les immenses prairies, habitées par une quantité innombrable de bêtes à cornes, fournissent à peu de frais la provision de viande nécessaire. [Pour préparer le biscuit de viande, on fait bouillir pendant longtemps de la viande de bœuf dans l'eau, on enlève la

graisse surnageante, puis on évapore le liquide à consistance sirupeuse; on pétrit ensuite le bouillon épais ainsi obtenu avec de la farine de froment, de façon à avoir une pâte ferme qu'on coupe en tablettes et qu'on fait cuire au four.] L'inventeur pense que 1 kilogr. de ce biscuit contient la même quantité de substances nutritives que 5 kilogr. de viande fraîche. Les biscuits de viande conviennent surtout pour les expéditions dans les contrées inhabitées et incultes, ainsi que pour les longs voyages sur mer, parce qu'ils contiennent sous une forme facilement digestible une grande quantité de principes alimentaires réduite à un volume et à un poids très-petits. En Amérique ils sont fréquemment employés dans les expéditions contre les Indiens. C. Thiel (de Darmstadt) a proposé (1867) une excellente méthode pour préparer le biscuit de viande : ce procédé consiste à épuiser avec de l'eau froide de la viande fraîche, sans graisse et hachée menu et à employer, au lieu d'eau, le liquide ainsi obtenu pour faire une pâte avec de la farine de froment ou de seigle, à laquelle on donne la forme de gâteaux ronds et que l'on fait cuire dans un four à une basse température.

Sous le nom de *pain d'extrait de viande* ou de *biscuit de viande allemand* (*Fleischextract-Brot* ou *deutscher Fleischzwieback*), E. Jacobsen, de Berlin, prépare depuis quelque temps un pain de froment avec extrait de viande Liebig, qui se conserve très-bien et qui sert pour préparer rapidement une soupe très-nourrissante; 1 kilogr. de pain d'extrait de viande correspond à 4 kilogr. de viande de bœuf. Il est livré en tablettes de 125 grammes, munies de rainures qui permettent de les diviser en dix portions; chaque tablette correspond par conséquent à 500 grammes de viande et donne cinq grandes assiettes de soupe ou 10 tasses de moyenne grandeur. Lorsqu'on veut se servir de ce pain on en casse la quantité nécessaire, que l'on arrose avec de l'eau bouillante, et l'on ajoute un peu de sel. Si l'on échaude des plantes potagères (persil, céleri, etc.) avec l'eau bouillante que l'on emploie pour la préparation de la soupe au pain de viande, celle-ci prend le goût et l'arôme du bouillon de viande fraîche. Le biscuit de viande allemand peut aussi être pris brut ou trempé dans du vin, et la tablette peu embarrassante sera très-commode pour le soldat, auquel elle fournira un aliment très-substantiel. L'envoi du biscuit de viande aux lazareths devrait être particulièrement recommandé, et les personnes qui vont porter des secours aux blessés sur le champ de bataille devraient en être munies, car il représente sous un petit volume une valeur nutritive très-grande, et la préparation d'une soupe avec de l'extrait de viande seul exige toujours d'autres ingrédients qu'il peut être difficile de se procurer au moment voulu. Le biscuit de viande se conserve très-bien, il ne moisit pas et il ne rancit pas malgré la graisse qu'il renferme; il est recouvert de gélatine, qui bouche les pores du pain, dont la substance absorbe facilement l'oxygène. En Angleterre et en Russie le biscuit d'extrait de viande a été introduit dans l'alimentation des armées, ce qui malheureusement n'a pas encore eu lieu en Allemagne. A cette même catégorie d'aliments, qui sont des mélanges de substances animales et végétales, appartient la *saucisse aux pois* de Grüneberg, de Berlin (1870), dont l'invention

doit être regardée comme ayant rendu les plus grands services à l'armée allemande pendant la guerre avec la France (1870-71).

Salaison. — Une autre méthode de conservation de la viande par soustraction d'eau, moyen employé depuis un temps immémorial, est le *salage avec le sel marin*, qui en absorbant une partie du liquide musculaire déshydrate la viande. En même temps une partie du sel pénètre dans la fibre musculaire. La viande dépecée est frottée fortement avec du sel, puis abandonnée à elle-même pendant quelques jours et ensuite comprimée sous des poids ou à l'aide d'une presse à levier; ce traitement est répété plusieurs fois, la viande est ensuite emballée dans des tonneaux et arrosée avec la solution exprimée. On ajoute généralement au sel marin un peu de salpêtre (et quelquefois aussi du sucre), qui agit comme le sel et qui en outre communique à la viande une couleur rouge vif.

Le sel marin n'a pas seulement pour effet d'enlever de l'eau à la viande. *v. Liebig* a trouvé, dans ses recherches sur la viande et ses principes, que le tiers ou la moitié du liquide, qui constitue un des éléments de la viande fraîche, passait dans la saumure. Celle-ci renferme par conséquent les principes d'un bouillon concentré, de telle sorte que sous l'influence du salage, la composition de la viande fraîche est altérée à un degré beaucoup plus élevé que lorsqu'on la fait cuire. Dans ce dernier cas en effet, l'albumine, qui constitue un principe nutritif, reste à l'état coagulé dans les morceaux de viande, tandis que sous l'influence du salage l'albumine se sépare de la chair; de la saumure chauffée à l'ébullition, l'albumine se sépare sous forme d'un coagulum. La saumure contient de l'acide lactique, de l'acide phosphorique, de la magnésie, de la potasse, de la créatine et de la créatinine. D'après cela, il est évident que dans le salage, un certain nombre d'éléments faisant partie de la constitution de la viande sont enlevés à celle-ci par suite de la sortie du liquide musculaire, et que par conséquent la faculté nutritive de la viande éprouve un amoindrissement proportionnel à cette perte. Si ces éléments ne sont pas remplacés d'un autre côté, il en résulte nécessairement que la viande devient un aliment defectueux et nuisible à la santé. L'expérience a en outre appris que, par l'usage prolongé de la viande salée, un individu ne peut pas se maintenir en état de santé. On pense, certainement avec raison, que le scorbut est une maladie causée par une altération des humeurs et surtout par celle qu'entraîne l'usage de la viande salée. Pour éviter tous ces inconvénients, *v. Liebig* (1869) a proposé de saler la viande non pas comme à l'ordinaire avec du sel marin sec, mais avec une saumure consistant en une dissolution de sel marin, d'azotate de sodium, de chlorure de potassium et d'extrait de viande. Le sel marin employé dans ce but doit être préalablement purifié au moyen d'une solution de phosphate de sodium, de chaux et de magnésie.

[Les viandes de porc et de bœuf sont à peu près les seules que l'on sale sur une grande échelle, principalement pour les besoins de la marine, et c'est surtout à Nantes que cette industrie est pratiquée. La salaison est aussi très en usage pour certains poissons tels que la morue, les harengs, les sar-

dines, les anchois, le saumon, etc. On sale également les œufs de l'esturgeon du Volga en les plongeant dans de la saumure et en les pétrissant ensuite dans des tonneaux, de manière à avoir une pâte bien homogène; le produit ainsi obtenu se conserve très-longtemps et est consommé sous le nom de *caviar* en Russie, en Allemagne, en Autriche, en Italie et en Angleterre. Le produit appelé à Marseille *soutargue* ou *boutargue* est fabriqué d'une manière analogue, sur les côtes de la Méditerranée, avec les œufs du muge (*Mugil cephalus*).]

Le procédé *Cirio*, qui à l'Exposition universelle de 1867 a fait beaucoup de bruit, grâce à une réclame habilement conduite, consiste à introduire la viande dans un récipient où l'on fait le vide et dans lequel on fait ensuite arriver une solution de sel, qui pénètre dans tous les pores de la matière à conserver. Par suite de la perte du liquide musculaire qu'entraîne inévitablement la méthode de conservation de *Cirio*, la valeur nutritive de la viande ainsi traitée est considérablement amoindrie.

Fumage ou boucanage. — Relativement au *fumage de la viande* ou au traitement de celle-ci par la fumée de bois, dans le but de la préserver de la putréfaction, on ne peut pas encore, sous tous les rapports, dire avec certitude que cette méthode repose sur des principes scientifiques. La chaleur de la fumée joue avant tout un rôle important, parce que sous son influence la viande est desséchée aussi complètement que possible; en outre, la fumée renferme de la *créosote* (voy. p. 558), qui se distingue par la propriété de coaguler les principes albuminoïdes de la viande et de les rendre insolubles. Or des substances insolubles ne se putréfient que difficilement ou pas du tout. Il est aussi probable que le vinaigre (vinaigre de bois) contenu dans la fumée et les autres éléments de celle-ci (l'acide oxyphénique homologue de la créosote, ainsi que l'acide carbonique) jouent également un rôle dans le fumage de la viande.

Bien que les qualités nutritives de la viande fumée ne puissent pas être comparées avec celles de la viande fraîche, le fumage est cependant sans contredit préféré au salage, parce que dans ce cas il ne se perd rien des éléments de la viande et du liquide musculaire. Mais la chimie et la physiologie n'ont pas encore répondu aux questions de savoir si l'état insoluble dans lequel le fumage fait passer certains éléments solubles n'occasionne pas, au point de vue des qualités nutritives, une perte analogue à celle qui résulte de la soustraction de ces éléments par le salage, et si surtout le fumage ne peut pas jusqu'à un certain point être comparé à un tannage, ayant pour conséquence naturelle de diminuer la digestibilité de la viande.

[Le fumage de la viande (bœuf, jambon, boudins, andouilles, etc.) est pratiqué sur une grande échelle principalement à Hambourg, où l'on prépare du bœuf fumé, qui jouit partout d'une grande réputation. Dans ce but, les quartiers de viande, préalablement salés, sont exposés, pendant environ un mois, dans une chambre où l'on fait arriver de la fumée produite par combustion de copeaux de chêne, de hêtre ou de bouleau bien verts. Le *saurage* ou *saurissage*, que l'on fait subir aux harengs salés, consiste également à

exposer ces poissons à l'action de la fumée de bois; la préparation des harengs saurs a lieu principalement en Hollande, dont les produits sont de beaucoup supérieurs à ceux des ports de la Manche, où cette industrie est également pratiquée.]

Conservation par le vinaigre. — Le vinaigre est un excellent moyen pour préserver la viande pendant quelque temps de la putréfaction (viande *marinee*). Il est certain que nous possédons dans l'acide acétique concentré, que l'on peut maintenant se procurer à si bon marché, un excellent moyen pour conserver en grand la viande dépouillée avec soin de ses os, en supposant que l'on empêche le contact de l'air. Pour éviter que les principes de la viande ne se dissolvent en partie lorsqu'on met cette substance dans le vinaigre, on a proposé, au lieu d'employer l'acide acétique sous forme de vinaigre liquide, de faire agir sur la viande les vapeurs de cet acide.

Conservation par l'acide sulfureux. — Dans ces derniers temps, *Lamy* a proposé (comme l'avaient déjà fait autrefois *Braconnot*, *Robert*, *M. de Dombasle*, etc.), pour conserver la viande, de la traiter par l'acide sulfureux. Des morceaux de viande de 2 ou 3 kilogr. sont exposés à l'action du gaz acide sulfureux pendant 10 minutes; si l'on a affaire à des morceaux de 10 kilog. on laisse agir l'acide sulfureux pendant un temps plus long, pendant 20 ou 25 minutes environ. Les substances traitées par l'acide sulfureux sont exposées quelque temps à l'air, afin que le gaz s'évapore, et ensuite enduites à l'aide d'un pinceau avec une dissolution d'albumine dans une décoction de racine de guimauve, mélangée avec de la mélasse. Depuis quelque temps on recouvre la viande desséchée dans un air sec et chaud avec une couche mince de gutta-percha et de caoutchouc. Dans ce but la viande à conserver est plongée à plusieurs reprises dans une solution étendue de ces substances, dans le sulfure de carbone ou le chloroforme; dans la plupart des cas deux ou trois immersions sont suffisantes.

[*Conservation par l'acide phénique, l'acide salicylique, l'acide borique et le borax, etc.* — On peut conserver la viande pendant un certain temps en l'enveloppant dans un linge imbibé avec une solution aqueuse d'acide phénique à 5 pour 100. L'acide salicylique qui présente les mêmes propriétés anti-fermentescibles que l'acide phénique, a été également proposé dans ces derniers temps (1874) pour la conservation de la viande; maintenue dans une solution de cet acide à 3 pour 1000 d'eau, la viande peut être préservée de la putréfaction pendant quelques jours, mais ce traitement est insuffisant pour la garder inaltérée pendant un temps plus long; *H. Kolbe* (1876) pense qu'en dissolvant dans l'eau avec l'acide salicylique du sulfate acide et du chlorure de potassium, qui ainsi mis en présence dégagent lentement de l'acide chlorhydrique et s'opposent par suite à la saturation de l'acide salicylique, on prolongerait beaucoup l'action de ce dernier. Lorsque la viande est un peu avancée, on peut lui ôter toute son odeur par un lavage avec de l'eau salicylée (à 3 pour 1000); on obtient le même résultat en ajoutant la dose correspondante d'acide salicylique à l'eau nécessaire à la cuisson.

Des expériences récentes ont montré que le *borax* constitue un excellent agent de conservation pour la viande; il suffit de faire tremper celle-ci pendant 24 à 36 heures dans une solution de ce sel¹. A Buenos-Ayres on emploie une solution contenant, par hectolitre, 8 kilogr. de borax, 2 kilogr. d'acide borique et 1 kilogr. de sel; la viande est ensuite mise dans des barils avec un peu de ce liquide. Des viandes ainsi marinées ont été expédiées de Buénos-Ayres en France et en Belgique, où elles sont parvenues dans un parfait état de conservation.] L'*aseptine* et l'*amikos* indiquées par *H. Gahn*, d'Upsal, pour la conservation de la viande, se composent essentiellement d'acide borique; l'*amykos* renferme en outre de l'essence de girofle; elle consisterait en une solution d'acide borique dans une infusion de clous de girofle, mélangée avec un peu de glycérine.

[Suivant *Zottner*, de Vienne, de la viande ou d'autres substances alimentaires enfermées dans un vase contenant une petite quantité de sulfure de carbone, peuvent être conservées pendant longtemps sans subir d'altération. D'après *de Rostaing*, la viande recouverte d'une couche de poudre de garance se dessèche, perd peu à peu la majeure partie de son poids et se conserve ensuite indéfiniment. Enfin, suivant *Alvaro-Reynoso* et *P. Bert* (1874), on peut conserver pendant longtemps, dans des vases où l'on a fortement comprimé l'air, de la viande parfaitement fraîche et saignante, qui se prête ensuite à tous les usages culinaires.]

Conservation par le froid. — On sait généralement qu'une basse température constitue un des meilleurs moyens de conservation que nous possédions. De la viande conservée dans des glacières ne se putréfie pas. La conservation des mammoths, qu'à différentes époques (et encore récemment, 1864) on a trouvés gelés en Sibérie avec toutes leurs parties molles, offre un exemple surprenant de la propriété conservatrice du froid. Dans la Grande-Bretagne on a coutume d'emballer dans la glace le poisson, le saumon notamment, que des régions septentrionales de l'Angleterre et de l'Écosse on expédie à Londres. « Celui qui pendant les mois d'hiver, dit *Fr. Ilisch*, a vécu seulement quelque temps dans la moitié nord de la Russie, n'a pas manqué d'être surpris de la quantité des substances alimentaires qui y sont conservées à l'état gelé pendant des mois, sans qu'elles s'altèrent, ou que même leur saveur soit seulement modifiée. La majeure partie de la viande et du poisson est apportée gelée sur le marché après un transport sur un parcours de plusieurs centaines de verstes (quelquefois même de plus de mille). Toute la volaille et tout le gibier, qui pendant les longs hivers du Nord alimentent la table des classes aisées, sont aussi apportés à l'état congelé. Le voyageur qui par les froids rigoureux de l'hiver parcourt des contrées éloignées et qui est obligé de se pourvoir de nourriture pour plu-

¹ [*Robbotom*, dans un voyage en Californie, a trouvé le cadavre d'un cheval gisant depuis quatre mois environ dans une couche de terre à borax. Malgré les fortes chaleurs qui règnent dans ces contrées (45°), l'animal ne répandait aucune mauvaise odeur; sa chair était parfaitement fraîche, la cornée de l'œil était claire et brillante, le poil était souple et bien attaché à la peau.]

sieurs mois, emporte avec lui dans son traîneau une certaine quantité de substances alimentaires gelées, qu'à l'aide de la chaleur il transforme en une soupe aux choux savoureuse ou en un pâté de viande en les faisant dégeler dans l'eau bouillante, et avec lesquelles il se nourrit exclusivement pendant son voyage. Il y a à Saint-Petersbourg de grands entrepôts où sont enfouis dans la glace des gélinottes, des coqs de bruyères, etc., que l'on conserve jusqu'à une époque très-avancée de l'été, sans que leur goût en soit altéré. Ce moyen simple de conservation surpasse par ses résultats toutes les autres méthodes, et pour qu'il réussisse il suffit que la glace qui entoure l'aliment pendant toute la durée de la conservation soit en quantité suffisante. » Le magasin naturel de froid qu'offre le Dornburg (près de Hadamar, dans le duché de Nassau) avec ses glaces permanentes est maintenant exploité industriellement, d'après les indications de J. Troost.

[Depuis quelques années on importe d'Australie et d'Amérique, en Europe, des quantités importantes de viande conservée à l'état frais au moyen du froid. En 1875, une cargaison de viande de 15,000 kilogr. arrivait de Melbourne à Londres; en 1877, le *Frigorifique* apportait au Havre un chargement de viande de Buenos-Ayres, qui a été vendue à Paris et trouvée excellente. Jusqu'à présent les expéditions les plus importantes ont lieu de New-York, à destination de Liverpool. La viande abattue est déposée, en attendant son embarquement, dans des magasins où la température est maintenue à + 4°. Lorsque le navire est prêt à partir, on l'y transporte rapidement et on la place dans des chambres spéciales contenant de la glace ou, mieux, traversées par un courant d'air maintenu constamment à une basse température. Plusieurs moyens ont été employés pour obtenir ce résultat; le procédé le plus simple, le plus efficace et le plus pratique est celui qui fonctionne à bord du *Celtic*, bâtiment de la compagnie transatlantique *Whitestar et Co*. Chacune des chambres destinées à l'emmagasinage de la viande est enveloppée en tous sens d'un matelas de matières non conductrices de la chaleur et les viandes y sont suspendues en rangées régulières; un ventilateur aspirateur et soufflant puise de l'air froid dans un magasin hermétiquement clos contenant de la glace et le refoule dans les chambres à viande; cet air arrive par la partie supérieure et sort par la partie inférieure pour retourner à la glacière; de sorte que le même air circule continuellement dans ces divers compartiments en passant à chaque tour dans le magasin à glace, où il se refroidit, avant de rentrer dans les chambres à viande. La marche du ventilateur est réglée de telle sorte que la température intérieure ne descende jamais au-dessous de 2°,8 et ne s'élève jamais au-dessus de 4°,4. La viande qui n'est pas immédiatement vendue à son arrivée à Liverpool est transportée dans des magasins où la température est maintenue au même degré que les chambres des navires, et celle qui est expédiée à Londres ou ailleurs est placée dans des wagons rafraîchis par des procédés analogues à ceux employés à bord des bateaux. Sur le navire le *Frigorifique*, on refroidit l'air injecté dans les chambres à viande en le faisant passer dans des cylindres contenant des tubes dans lesquels circule une solution

de chlorure de calcium dont la température a été fortement abaissée (à -10°); cet abaissement de température est produit par la vaporisation d'*éther méthylique* (voy. p. 357) dans des récipients clos que traversent les tubes avant de se rendre dans les cylindres; l'*éther méthylique* est ensuite ramené à l'état liquide par refroidissement et pression et il peut ainsi servir indéfiniment sans perte notable.

Le transport des viandes fraîches d'Amérique en Europe a pris rapidement un développement considérable; dans l'espace de 19 mois (du mois d'octobre 1875 au mois d'avril 1877) il en a été importé environ 30 millions de kilogrammes, dont 19 millions et demi provenaient de New-York et de Philadelphie. Le prix de ces viandes, à Liverpool, est en moyenne de 1 fr. 40 le kilogramme.]

CHAPITRE VI

TEINTURE ET IMPRESSION DES TISSUS

La *teinture* a pour but de fixer les matières colorantes sur les fibres textiles (généralement sous forme de tissus, ainsi que sous forme de fils ou quelquefois sous forme de fibres non filées) et de cette façon de transformer en *tissus teints* les étoffes confectionnées avec les fibres textiles. Elle se distingue de la peinture artistique et de la peinture en bâtiments parce que les matières colorantes sont fixées sur les fibres animales et végétales d'après certains principes physiques et chimiques et qu'elles n'adhèrent pas seulement à la surface des fibres, bien que dans la peinture artistique et dans la peinture en bâtiments on emploie souvent les mêmes substances que dans la teinture. L'*impression des tissus* avec des matières colorantes est une teinture locale et une partie importante de la teinture en général.

DES MATIÈRES COLORANTES.

Généralités. — Les substances employées dans la *teinture*, les *matières colorantes* (pigments), ont une origine soit minérale, soit animale ou végétale, soit chimique. Parmi les nombreuses *matières colorantes minérales* il n'y en a que peu dont les propriétés permettent leur emploi dans la teinture, et elles offrent cela de particulier qu'elles ne sont produites que sur les fibres végétales ou animales qui doivent être teintes. Le chromate de plomb, par exemple, est une matière colorante minérale d'un usage très-fréquent. Mais cette substance ne peut pas être employée toute formée : on lui donne naissance sur la fibre elle-même en humectant d'abord celle-ci avec une solution d'acétate de plomb et en trempant ensuite la fibre ainsi préparée dans une dissolution de chromate de potassium. Il se forme du chromate de plomb, qui précipité sur les parties intérieures de la fibre y adhère solidement. Le bleu de Prusse ou bleu de Paris, l'hydrate de sesquioxyde de fer (couleur de rouille), l'hydrate de sesquioxyde de manganèse (couleur bistre), le sulfure

de cadmium, le bleu de molybdène et le vert de chrome sont d'autres matières colorantes de nature minérale. Parmi les matières colorantes empruntées au règne animal, on employait autrefois le liquide (la pourpre) produit par une espèce de mollusque du genre *Purpura* et le kermès (*Coccus ilicis*); mais parmi ces matières on ne se sert plus maintenant que de la cochenille (*Coccus cacti*) et d'une sécrétion du *Coccus lacca*. La plus grande partie des matières colorantes provient du règne végétal, et on comprend sous le nom de pigments végétaux ces corps auxquels certaines plantes ou certaines parties de celles-ci doivent leur coloration particulière. Il semble résulter de recherches récentes qu'un grand nombre de matières dites colorantes sont contenues dans les plantes à l'état incolore, et qu'elles ne se colorent que sous l'influence de l'air atmosphérique. Il est impossible de donner une description générale des propriétés des matières colorantes végétales, parce que, indépendamment de leur coloration, elles ne possèdent aucun caractère commun. Presque toutes les matières colorantes sont décomposées (passent) à l'air humide sous l'influence de la lumière solaire. Le chlore blanchit les pigments et détruit leur couleur, l'acide sulfureux fait disparaître celle-ci, mais ne la détruit pas. Par suite du brillant essor qu'a pris la chimie organique depuis environ vingt-cinq ans, une nouvelle classe de matières colorantes est venue se joindre aux trois classes précédemment nommées; nous nommerons ces substances *matières colorantes chimiques*, parce qu'elles sont préparées par le chimiste avec des matières organiques généralement incolores. Ces dernières matières semblent devoir remplacer les pigments végétaux et animaux employés jusqu'ici dans la teinture. Les matières colorantes chimiques sont extraites du goudron, et l'on se sert surtout dans ce but de cinq des éléments de ce dernier, la benzine, le toluène, l'acide phénique, l'anthracène et la naphthaline. Elles sont connues sous le nom de *couleurs d'aniline*, et on les désigne aussi généralement sous celui de *couleurs de goudron* (fuchsine, bleu d'aniline et violet d'aniline, jaune de Martius ou de Manchester, orange d'aniline et acide picrique, brun Bismark, coralline, alizarine d'anthracène, rouge de Magdala, safranine, noir d'aniline et vert d'aniline). Aux couleurs chimiques appartiennent aussi les matières obtenues par décomposition des alcaloïdes (cinchonine, quinine, etc.), telles que le bleu de chinoline, le vert de quinine (thalleïochine), etc.; il en est de même pour le produit de la décomposition de l'acide urique, la murexide, des couleurs de phthaléine (découvertes par *Ad. Baeger*), comme la fluorescéine tétrabromée (éosine) préparée avec la résorcine et enfin des dérivés colorés de la résorcine obtenus par *Hlasiwetz* et *Weselsky*. La découverte des matières colorantes chimiques a déjà produit dans la teinture et dans la préparation des couleurs une révolution dont les conséquences économiques ne peuvent pas encore être saisies. L'examen ultérieur des matières colorantes préparées dans le laboratoire du chimiste montrera sans doute dans beaucoup de cas leur identité avec les pigments végétaux ou animaux qui se trouvent tout formés dans la nature.

Les *laques* sont des combinaisons d'amidon, d'alumine, d'oxyde d'étain ou

d'oxyde de plomb (quelquefois aussi de carbonate de calcium, de baryte et d'oxyde d'antimoine) avec la matière colorante, par exemple de la garance, de la cochenille, de la gaude, du bois de Brésil, des couleurs de goudron (notamment de la coralline, de la fuchsine, du violet d'aniline, de l'éosine), etc. Les *couleurs pour la peinture en bâtiments* sont des combinaisons insolubles dans l'eau qui sont employées mélangées avec une solution de colle (couleurs à la colle, détrempe) ou de l'huile (couleurs à l'huile), comme par exemple le blanc de plomb, le bleu de Prusse, l'outremer, le jaune de chrome, le cinabre, etc. Les *couleurs à lavis* sont des couleurs terreuses qui renferment la matière colorante seulement suspendue et non dissoute dans le liquide que l'on emploie pour peindre. Enfin les *couleurs à pastel* sont des laques et des couleurs métalliques qui sont mélangées avec de l'argile (terre à porcelaine) et un peu de mucilage de gomme adragante, souvent aussi avec du savon ou une substance grasse et qui sont moulées en forme de crayons; elles sont employées sèches.

Les couleurs employées en teinture, qui colorent dans toute sa masse l'objet à teindre, portent généralement le nom de *couleurs pour étoffes*. On nomme au contraire *couleurs de peintre* celles qui ne colorent qu'à la surface. Ces dernières comprennent les couleurs de sève, les laques et les couleurs pour la peinture en bâtiments. Les *couleurs de sève* sont des couleurs plus ou moins solubles dans l'eau ou l'huile, qui ne couvrent pas, mais qui sont transparentes (d'où le nom de *couleurs transparentes*). A cette catégorie appartiennent le vert de vessie, la gomme-gutte, la solution de carmin, la plupart des couleurs de goudron et le bleu de Prusse soluble.

MATIÈRES COLORANTES DÉRIVÉES DU GOUDRON DE HOUILLE¹.

Goudron de houille. — Le *goudron* (*goudron de houille*, *coal-tar*), qui se forme en grande quantité lors de la distillation sèche de la houille en vue de la préparation du gaz et du coke, est un mélange en proportions variables de carbures d'hydrogène liquides et solides (benzine, toluène, cumène, cymène, anthracène, fluorène, naphthaline) avec des acides (acide carbolique ou phénique, acide crésylique, acide phlorilylique, acide rosolique), des bases (aniline, chinoline, odorine ou picoline, toluidine, coridine, etc.) et les éléments constituants du brai ou de l'asphalte (voyez plus loin : *Éclairage au gaz*).

Comme l'a montré E. A. Behrens (1873), la température à laquelle le goudron s'est formé exerce une grande influence sur sa composition. Le goudron obtenu dans la fabrication du gaz d'éclairage (goudron de gaz) est beaucoup plus riche en benzine et en toluène, ainsi qu'en naphthaline, et il contient aussi une plus grande quantité des autres corps solides que le goudron des fours à coke, qui s'est formé à une température moins élevée. En outre, le

¹ Voy. pour plus de détails : *Bolley et Kopp*, Traité des matières colorantes dérivées du goudron de houille. Traduit de l'allemand par le docteur L. Gautier. Paris, 1874.

goudron des fours à coke renferme une quantité plus grande de corps solubles dans les alcalis, parmi lesquels cependant l'acide phénique n'est qu'en faible proportion. La composition moyenne du goudron (du goudron de gaz) peut être représentée pour 100 parties de la manière suivante, abstraction faite de la petite quantité des bases qu'il renferme :

Benzine	1,5
Naphte	35,0
Naphtaline	22,0
Anthracène	1,0
Phénol	9,0
Brai ou asphalte	51,5

[La production du goudron de houille offre aujourd'hui une importance considérable. Elle s'élève annuellement en Europe, d'après *Dehaynin*, à environ 225,000,000 de kilogrammes ainsi répartis :

Angleterre	120,000,000 kilogrammes
France	40,000,000 —
Belgique	15,000,000 —
Allemagne	30,000,000 —
Autres pays	20,000,000 —

Le prix du goudron de houille a considérablement augmenté depuis la création de l'industrie des matières colorantes artificielles; il vaut actuellement 60 à 90 francs les 1,000 kilogrammes.

La fabrication des matières colorantes artificielles, qui est née de l'exploitation du goudron de houille, présente elle-même actuellement une grande importance, comme on peut le voir par les chiffres suivants, qui indiquent la valeur de la production de 1876 :

Allemagne	50,000,000 de francs
(dont 15,000,000 pour l'alizarine)	
Angleterre	9,000,000 —
France	7,000,000 —
Suisse	7,000,000 —

soit une valeur de 53,500,000 francs, alors qu'en 1862 la fabrication de ces produits avait à peine créé une valeur de 12 millions de francs. Cette augmentation est due en grande partie à l'alizarine artificielle.]

Distillation du goudron. — [Voici, d'après *Ad. Wurtz*, comment s'effectue le traitement du goudron, en vue de l'extraction des éléments qui servent à la fabrication des couleurs (*benzine, acide phénique, naphtaline, anthracène*).

Le goudron est d'abord déshydraté, et dans ce but chauffé à 80 ou 90° dans des chaudières en tôle munies d'un double fond où l'on fait arriver de la vapeur; au bout de 24 heures le goudron devenu fluide est monté à la surface; en ouvrant le robinet de fond dont la chaudière est munie, on fait couler l'eau ammoniacale rassemblée à la partie inférieure de celle-ci, et on reçoit le goudron ainsi déshydraté dans deux chaudières en tôle forte

disposées horizontalement dans un four en maçonnerie et reposant sur une voûte en briques qui les protège contre l'action directe de la flamme; ces chaudières sont munies inférieurement d'un robinet de vidange pour l'évacuation des résidus de la distillation, supérieurement, d'un trou d'homme pour le chargement et le nettoyage et d'un chapiteau qui livre passage aux vapeurs, lesquelles sont conduites par de longs tubes dans plusieurs serpentins réfrigérants, où elles se condensent. A l'aide de robinets convenablement disposés, on peut diriger les vapeurs dans tel ou tel serpentin et opérer des fractionnements, dont le nombre varie suivant la nature de goudron et le point où l'on arrête la distillation. En tout cas, on recueille des *huiles légères* et des *huiles lourdes*. On désigne ordinairement sous le nom d'*huiles légères* ou *naphles* les produits qui distillent entre 60 et 200°¹. Souvent on les partage en deux fractions, en recueillant séparément les produits qui passent avant 140 ou 150° et ceux qui distillent entre 150 et 200°. La densité des huiles du premier fractionnement ou *essences légères* varie entre 0,780 et 0,850 (elles marquent 25 ou 26 degrés à l'aréomètre), celle des huiles du second fractionnement ou *huiles moyennes* entre 0,850 et 0,890 (elles marquent 15 degrés à l'aréomètre). Les *huiles lourdes*, qui passent au-dessus de 200°, marquent 5 degrés ou plus à l'aréomètre, suivant la température où la distillation a été poussée. Les huiles lourdes sont le produit le plus abondant; on en retire facilement 20 à 25 pour 100 du poids du goudron, tandis que la proportion des huiles légères ne dépasse guère 5 à 6 pour 100. Mais il s'en faut que l'on sépare toujours toute l'huile lourde contenue dans le goudron. En arrêtant la distillation à 200°, on obtient comme résidu un *brai liquide* ou au moins pâteux à froid et qui renferme toutes les huiles lourdes; ce brai est reçu directement au sortir de la chaudière dans des tonnes en fer et expédié aux fabricants de charbon de Paris. En poussant la distillation plus loin, on obtient pour résidu le *brai gras*, qui renferme encore une certaine quantité d'huile lourde. Enfin, le *brai sec* résulte d'une distillation poussée jusque vers 350 ou 400°; les huiles qui passent à ces températures élevées présentent après le refroidissement une consistance butyreuse et un aspect verdâtre (d'où le nom de *green grease* ou *graisse verte* donné à ce produit) : ce sont les *huiles à anthracène*. A 400° on arrête la distillation et l'on évacue le résidu encore fluide par le tuyau de vidange. Dans les usines de la *Compagnie parisienne du gaz*, le brai est d'abord reçu dans des étouffoirs en tôle, où sa température s'abaisse à environ 200°, et de là il se rend dans une grande chaudière en tôle, d'où il sort à 120°, encore fluide, pour s'écouler lentement dans de grands réservoirs ouverts à l'air libre. — Le *brai* ou *asphalte artificiel* est employé dans la fabrication du vernis et du cirage, on s'en sert aussi pour la confection

¹ [C. Vincent et Delachanal ont signalé récemment (1878), dans les portions qui distillent avant 80°, la présence de l'alcool ordinaire, du cyanure de méthyle et du sulfure de carbone; ces deux derniers corps sont en proportions telles, qu'il serait avantageux industriellement de traiter ces produits légers en vue de la fabrication de l'acétate de sodium et de l'ammoniaque par la décomposition du cyanure de méthyle et d'extraire le sulfure de carbone.]

des chaussées et des trottoirs, pour imprégner des briques ou des pierres qu'on veut rendre imperméables et surtout pour la fabrication des combustibles agglomérés.

Le brai est quelquefois soumis à la distillation sèche dans des fours à moufles. On obtient ainsi 25 pour 100 d'*huile de coke* ou de *brai* riche en anthracène, 25 pour 100 de gaz et 50 pour 100 de coke. Outre l'anthracène, les huiles de brai renferment du chrysène, du pyrène et d'autres hydrocarbures à points d'ébullition très-élevés, qu'on élimine par distillation fractionnée, au milieu d'un courant de vapeur d'eau surchauffée et d'azote.]

[**Traitement des huiles légères, extraction de la benzine.**— On distille les deux tiers des *essences légères* du premier fractionnement (50 à 150°) et on réunit le reste aux *huiles moyennes* (150 à 200°); aux deux tiers qui ont passé au-dessous de 120° on ajoute les essences de même nature provenant des huiles du deuxième fractionnement (huiles moyennes), lesquelles étant soumises à la rectification fournissent aussi une certaine quantité d'essence distillant au-dessous de 120°. Les essences rectifiées sont ensuite versées dans des vases en bois garnis de plomb et munis d'agitateurs, puis mélangées avec 5 pour 100 de leur poids d'acide sulfurique, afin d'enlever les hydrocarbures de la série grasse et les alcaloïdes qu'elles renferment. Après un repos de 24 heures, on mélange à chaud l'essence décantée avec 2 pour 100 d'une lessive de soude à 40° B., qui élimine les phénols et les acides sulfoconjugués; les lessives ainsi chargées de phénols sont mises de côté pour la préparation de l'*acide phénique*. Après ce double traitement, on soumet les essences à de nouvelles rectifications dans un alambic en cuivre, qui peut offrir les dispositions représentées par la figure 379. A est la chaudière, B un condensateur placé dans le réservoir C contenant de l'eau que l'on chauffe au commencement de la distillation à l'aide du tube à vapeur D, qui communique avec un générateur. Le tube G amène entre les deux fonds de la chaudière la vapeur destinée au chauffage de celle-ci; l'eau de condensation s'écoule par le tube H; *i* sert pour remplir la chaudière et *b* pour la vider. Une fois la distillation en marche, le condensateur se maintient à 100° sans qu'il soit nécessaire de faire arriver de la vapeur dans l'eau du réservoir C; à cette température les vapeurs dont le point de condensation est au-dessus de 100° se liquéfient et retombent dans l'alambic; les hydrocarbures qui peuvent se maintenir à l'état de vapeur à 100° distillent seuls et viennent se condenser dans le serpentin.

Les *huiles moyennes* obtenues (de 150 à 200°) lors du fractionnement des huiles légères sont soumises à une distillation séparée. Ce qui passe avant 120° est, comme on l'a dit précédemment, réuni aux essences les plus volatiles; on recueille à part ce qui passe de 120 à 170° et l'on ajoute aux huiles lourdes ce qui distille au-dessus de cette température. Les huiles recueillies entre 120 et 170° sont distillées de nouveau après avoir subi un traitement par l'acide sulfurique et la soude. On obtient ainsi une nouvelle fraction d'essence légère (passant au-dessous de 120°), qu'on réunit au produit de même nature provenant des opérations précédentes. On fractionne ensuite de 10 en

10° à peu près les produits qui passent au-dessus de 120° et on les livre au commerce sous le nom de *benzines*, dont on distingue plusieurs sortes suivant leur degré de volatilité. Quant aux hydrocarbures qui passent au-dessous de 120°, ils portent en général le nom de *benzols*. La benzine du com-

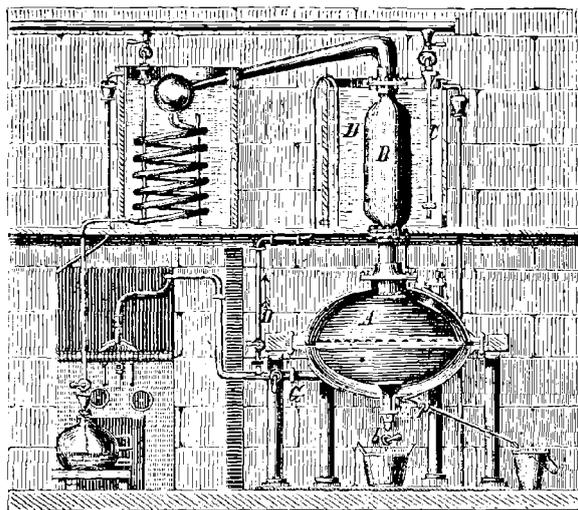


Fig. 579. — Appareil pour la rectification des essences légères.

merce (naphte) est fréquemment employée dans l'industrie à la place de l'essence de térébenthine pour dissoudre les résines, les graisses, les huiles, le caoutchouc et la gutta-percha, pour détacher, pour carburer le gaz d'éclairage. En Angleterre, on distingue le *naphte pour carburation*, le *naphte pour dissolution* et le *naphte d'éclairage*; ce dernier est brûté dans les lampes comme l'huile de pétrole.]

[**Traitement des huiles lourdes.** — Les huiles lourdes, qui sont riches en naphthaline, sont d'abord traitées, comme les huiles légères, par l'acide sulfurique, puis par la soude caustique, et enfin par le sulfate de protoxyde de fer, afin d'éliminer les composés sulfureux. Les lessives servent, comme celles obtenues précédemment, pour la préparation de l'acide phénique. Après cette épuraton, elle sont soumises à la distillation. On fractionne les produits et l'on réunit aux produits similaires des opérations précédentes tout ce qui passe au-dessous de 200°. Au delà de cette température, les carbures qui passent sont riches en naphthaline, qui distille principalement entre 215° et 250°. On recueille à part ces produits pour les employer à la préparation de la *naphthaline* pure. On change de récipient lorsque l'huile qui passe ne contient plus de naphthaline, ce que l'on reconnaît à ce qu'elle ne se solidifie plus par le refroidissement. On recueille alors des produits liquides qui sont principalement employés comme huiles de graissage. En continuant la

distillation, on obtient facilement des huiles qui par le refroidissement se solidifient en une masse butyreuse de couleur jaune-verdâtre; cette portion qui passe entre 270 et 320° est réunie aux huiles à anthracène. Les huiles lourdes brutes sont principalement employées à l'injection du bois (traverses de chemins de fer); elles entrent aussi dans la composition des mélanges employés pour le graissage des machines; elles servent également dans la préparation de l'encre d'imprimerie, enfin on les livre aussi au commerce, après les avoir rectifiées, sous le nom d'*huile sidérale*.]

[**Traitement des huiles à anthracène.** — Les huiles qui tiennent en suspension de la naphthaline, de l'anthracène et quelques autres carbures solides, sont d'abord liquéfiées par chauffage à la vapeur, afin que la petite quantité d'eau qu'elles renferment puisse se rassembler à la surface et être enlevée; elles sont ensuite abandonnées pendant quelque temps à elles-mêmes dans un endroit frais, où elles se prennent en une masse pâteuse, que l'on turbine, afin d'éliminer la majeure partie des matières huileuses. On expulse le reste, d'abord à froid, à l'aide d'un filtre-pressé, et ensuite à chaud (à 40 ou 50°) au moyen de la presse hydraulique; on obtient des tourteaux solides, qui constituent l'*anthracène brut*, dans lequel il peut y avoir jusqu'à 60 pour 100 d'anthracène, lorsque les huiles employées sont riches en cet hydrocarbure. Les huiles lourdes, séparées par pression à chaud, retiennent une certaine quantité d'anthracène que l'on en peut séparer par le filtre-pressé après les avoir abandonnées au repos.

1,000 kilogrammes de goudron de houille donnent en moyenne :

Eau ammoniacale.	14 kilogrammes
Essence de naphte	20 à 40 —
Huiles légères à benzol.	70 à 80 —
Huiles lourdes phéniquées.	320 à 350 —
Graisse verte à 10 p. 100 d'anthracène.	100 à 110 —
Brai sec.	750 —

représentant une valeur de 170 à 195 fr.]

Benzine. — La *benzine* (benzol, hydrure de phényle, triacétylène) est un carbure d'hydrogène liquide de la formule C^6H^6 . Elle a été découverte, en 1825, par *Faraday*, parmi les produits de la distillation sèche des huiles grasses, et *E. Mitscherlich* l'a trouvée, en 1833, en distillant l'acide benzoïque avec un excès de chaux. *Leigh*, de Manchester, la découvrit, en 1842, dans le goudron de houille, mais ce fut *Mansfield* qui, le premier, fit remarquer, en 1847, la grande quantité de benzine renfermée dans le goudron et qui, en outre, indiqua le moyen d'isoler ce produit.

Les benzines du commerce, ou *benzols*, obtenues comme il a été dit précédemment, sont des mélanges de benzine pure (point d'ébullition 80°, 4), de toluène (toluine, toluol, méthylbenzine) C^7H^8 (point d'ébullition à 108°), de xylène (xylol, diméthylbenzine) C^8H^{10} (point d'ébullition 130°), de cumène (cumol, triméthylbenzine) C^9H^{10} (point d'ébullition 151°) et de cymène (cymol, tétraméthylbenzine) $C^{10}H^{12}$ (point d'ébullition 175°). Les éléments prédomi-

nants sont le benzol et le toluène. Les benzols sont livrés aux fabricants d'huile d'aniline et de couleurs d'aniline avec une richesse en benzine exactement déterminée; un benzol à 30 ou 40 pour cent (c'est-à-dire avec une richesse en benzine, C^6H^6 , de 30 ou 40 pour 100, le reste de 60 ou 70 pour 100 est du toluène et du xylène) convient bien pour la fabrication du rouge d'aniline; un benzol à 90 pour 100 est convenable pour préparer de l'huile d'aniline pour bleu ou noir. Le point d'ébullition des benzines propres à la fabrication des couleurs se trouve entre 80 et 120°; leur poids spécifique varie entre 0,85 et 0,89¹.

[Pour préparer avec les benzols du commerce de la benzine pure ou aussi pure que possible, comme cela est nécessaire pour la fabrication de certains dérivés colorés, on soumet les benzols à la rectification. *Mansfield* employait dans ce but l'appareil représenté par la figure 380.] L'huile est introduite

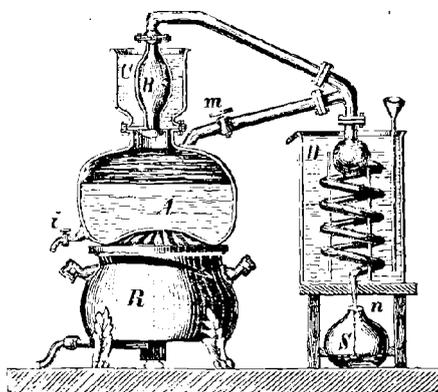


Fig. 380. — Appareil de Mansfield pour la rectification de la benzine.

dans la chaudière A placée sur le fourneau R. Le vase C est rempli d'eau froide. Aussitôt que l'huile bout, les premières portions des vapeurs qui se dégagent se condensent en B et retournent vers A. Cependant, dès que l'eau du vase C a été échauffée à une certaine température, les parties les plus volatiles de l'huile ne se condensent plus en B, mais arrivent dans le réfrigérant D contenant de l'eau maintenue froide, et s'y condensent en un liquide qui, par n, s'écoule du serpentín et tombe dans le ballon S placé au-dessous. Avec cet appareil on obtient un benzol très-pur. A l'aide du robinet m, on peut, après que la benzine a passé à la distillation, rectifier les carbures d'hydrogène entrant en ébullition au-dessus de 100°. Le robinet i sert pour vider la chaudière.

En 1860, *E. Kopp* fit connaître les avantages de l'emploi, pour la rectification de la benzine, d'un appareil imitant les appareils distillatoires actuel-

¹ La benzine tout à fait pure préparée avec l'acide benzoïque a, d'après *A. Adrien* (1873), une densité de 0,889 à 15°, et elle bout à 80°,6 — 80°,7.

lement en usage pour la fabrication de l'alcool. C'est en s'appuyant sur cette idée que *Th. Coupier* a construit, en 1863, un appareil distillatoire dont on se sert maintenant partout où la benzine est rectifiée en grand. Comme le montre la figure 581, il se compose de la chaudière A, dans laquelle on introduit par l'ouverture B les benzines à soumettre à la distillation fractionnée. Cette chaudière est chauffée par la vapeur qui arrive par le tube C. Les vapeurs qui se dégagent du liquide bouillant se rendent dans la colonne N faisant fonction de déflegmateur et où il se produit un premier fractionnement. Les portions les plus volatiles des vapeurs, qui ne sont pas condensées en N, se rendent dans l'appareil D rempli avec une solution du chlorure

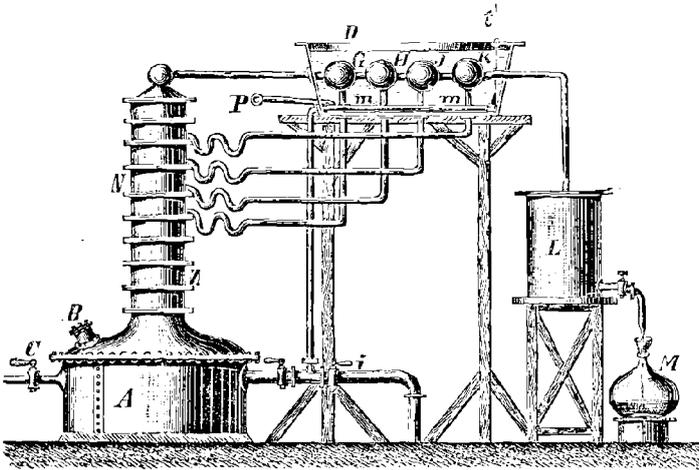


Fig. 581. — Appareil de Coupier pour la rectification de la benzine.

de calcium; celle-ci est chauffée au moyen du tube à vapeur *m* à une certaine température indiquée par le thermomètre *t*. La vapeur arrive dans le tube *m* par *P*. Si maintenant on veut préparer de la benzine pure, on chauffe la solution de chlorure de calcium à 80°. Les vapeurs qui arrivent en *G* sont un mélange de benzine, de toluène, etc. Comme la température du récipient *G* ne dépasse pas 80°, c'est là que se condensent les vapeurs du toluène et des autres composés homologues, comme le xylène, etc., tandis que les vapeurs non condensables en *G* passent dans les récipients *H*, *I* et *K*, où elles perdent les dernières traces des carbures d'hydrogène moins volatiles, et enfin se condensent dans le réfrigérant *L* alimenté avec de l'eau froide, après quoi elles sont recueillies dans le ballon *M*. Le liquide condensé en *G*, *H*, *I* et *K*, retourne dans la colonne *N*. Comme le récipient *G* contient les produits les plus lourds, ceux-ci se rendent dans la partie inférieure de la colonne pour y subir la déflegmation, tandis que les produits de condensation de *K* sont dirigés vers la partie supérieure de la colonne. Si l'on ne veut pas préparer de la benzine pure, mais du toluène, on élève

la température de l'appareil à chlorure de calcium jusqu'à 108 ou 109°, et ainsi de suite, en ayant soin de maintenir la température de ce dernier à quelques degrés au-dessous du point d'ébullition de l'hydrocarbure que l'on veut isoler.

Un procédé particulier pour la préparation de la benzine non avec du goudron, mais avec le *gaz de houille*, a été proposé par *H. Caro, A. et K. Clemm, et F. Engelhorn* (de Mannheim). Ce procédé consiste à mettre en contact aussi intime que possible le gaz d'éclairage avec des huiles de goudron, notamment avec celles qui ont un point d'ébullition plus élevé que le benzol et le toluène, avec du pétrole, de l'huile de schiste, des huiles grasses ou des corps analogues, qui peuvent ensuite en être séparés par distillation fractionnée. Après l'élimination, les huiles peuvent être de nouveau employées pour l'absorption de la benzine. En présence du besoin de benzine toujours croissant, le nouveau procédé, qui permet d'extraire de très-grandes quantités de ce corps, semble tout à fait digne d'attention. Le gaz d'éclairage, auquel on a enlevé les vapeurs de benzine, perd notablement de son pouvoir éclairant, mais on peut remédier à cet inconvénient en saturant le gaz, après la séparation de la benzine, avec des vapeurs d'éther de pétrole.

Nitrobenzine. — La benzine est transformée par l'action de l'acide azotique en *nitrobenzine* (qui est un mélange de nitrobenzine $C^6 \begin{Bmatrix} H^5 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$, de nitrotoluène $C^7 \begin{Bmatrix} H^7 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$ et de nitroxylène $C^8 \begin{Bmatrix} H^9 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$). La nitrobenzine a été découverte en 1835 par *E. Mitscherlich*, et préparée en grand, pour la première fois, par *C. Collas*, de Paris, sous le nom fantaisiste d'*essence de mirbane*. On employait autrefois pour la préparation de la nitrobenzine l'appareil de *Mansfield*. Cet appareil consiste en un grand tube de verre en serpentin, dont l'extrémité supérieure se divise en deux tubes plus petits, munis chacun d'un entonnoir. Dans l'un des entonnoirs coule un courant d'acide azotique concentré, tandis que l'autre est destiné à recevoir la benzine. Au point de jonction des tubes à entonnoir, où les deux corps se rencontrent, s'effectue la combinaison chimique, et le nouveau produit en s'écoulant par le tube en serpentin se refroidit assez pour qu'on puisse le recueillir à l'extrémité inférieure. Il n'a plus besoin que d'être lavé avec de l'eau, et ensuite avec une solution étendue de carbonate de sodium, pour pouvoir servir aux usages auxquels il est destiné¹. Un procédé beaucoup plus convenable que le précédent consiste à préparer la nitrobenzine avec un mélange de deux parties d'acide azotique à 40° Baumé, et une partie d'acide sulfurique à 66° Baumé. On opère dans des vases clos, qui ressemblent beaucoup à ceux que l'on emploie pour la fabrication de l'aniline. La partie supérieure du vase est, au moyen d'un tube, en communication avec une cheminée par laquelle

¹ Dans les tonneaux où s'effectue le lavage, on trouve avec l'acide nitrobenzoïque son isomère, l'*acide paranitrobenzoïque*.

sont entraînées les vapeurs nitreuses, ou bien avec une colonne contenant du coke imbibé d'acide sulfurique par lequel ces vapeurs sont absorbées; d'autre part, elle communique, à l'aide d'un tube en S, avec un réservoir où se trouve la quantité d'acide nécessaire pour l'opération. La benzine à nitrer est introduite en une fois dans l'appareil, tandis que le mélange acide ne s'y écoule que peu à peu. La réaction est favorisée à l'aide d'un agitateur. Un réfrigérant communiquant avec le chaudière condense la benzine qui se volatilise pendant la réaction. On reconnaît que l'opération est terminée à ce que les liquides sont décolorés et qu'ils se sont séparés en deux couches superposées. Après que, par addition d'eau, l'acide a été étendu jusqu'à 50° Baumé, on sépare les deux couches liquides par décantation. La nitrobenzine est purifiée par des lavages à l'eau, etc.⁴. On emploie maintenant quelquefois (d'après la proposition de *E. Kopp*) pour la préparation de la nitrobenzine un mélange de nitrate de sodium et d'acide sulfurique. 100 kilogrammes de benzine donnent 135 à 140 kilogrammes de nitrobenzine.

Aux différentes benzines correspondent des nitrobenzines différentes, ce sont : 1° la nitrobenzine *légère*, qui bout entre 205 et 210°. Elle constitue l'essence d'amandes amères artificielle ou *essence de mirbane* employée en grande quantité dans la parfumerie et la fabrication des savons; poids spécifique = 1,20 (= 24° Baumé); 2° la nitrobenzine *lourde*, qui distille entre 210 et 220°; son odeur de graisse particulière s'oppose à son emploi dans la parfumerie; poids spécifique = 1,19 (= 25° Baumé); c'est avec cette nitrobenzine que sont préparées les anilines pour rouge; 3° la nitrobenzine *très-lourde* distillant entre 222 et 235°; poids spécifique = 1,167 (= 21° Baumé), son odeur est désagréable; cette nitrobenzine sert principalement pour la fabrication de l'aniline destinée à la préparation du bleu d'aniline.

Aniline. — *L'aniline brute*, qui sert pour la préparation des couleurs de goudron ou couleurs d'aniline, consiste essentiellement en un mélange d'aniline (amidobenzol) C^6H^5Az ou $C^6H^5.AzH^2$, de toluidine (amidotoluène) C^7H^7Az ou $C^7H^7.AzH^2$ et de pseudotoluidine (base découverte par *Rosensthiel* et isomère avec la toluidine). Elle porte dans l'industrie le nom d'*huile d'aniline*. L'aniline pure, ainsi que la toluidine pure, employées seules, ne donnent des couleurs que dans certaines conditions. L'aniline a été observée pour la première fois en 1826 par le chimiste *Unverdorben* (de Dahme, dans la province de Saxe) parmi les produits de la distillation de l'indigo, et elle a été trouvée en 1833 par *Runge* (d'Oranienburg) dans le goudron de houille. Ce dernier découvrit en même temps que le nouveau corps mis en contact avec une solution de chlorure de chaux prend une coloration violette magnifique, et c'est pourquoi on lui donna le nom de *kyanol*. Le conseiller d'État *v. Fritzsche* (de Saint-Petersbourg) étudia en 1841 le corps extrait de l'indigo par *Unverdorben*, il détermina sa composition et le nomma *aniline* (d'*anil*,

⁴ L'acide sulfurique nitreux qui a servi à la préparation de la nitrobenzine est employé pour la fabrication de l'acide sulfurique, pour la désagrégation des phosphates dans les fabriques d'engrais, pour la préparation du sulfate de fer, etc., etc.

nom portugais de l'indigo). Enfin, *Zinin* trouva, en 1842, que, lors du traitement de la nitrobenzine par l'hydrogène sulfuré, il se formait une base qu'il nomma *benzidame*. Les recherches ultérieures de *O. L. Erdmann* et de *Hofmann* ont montré que le corps obtenu par *Unverdorben* ou la cristalline, le kyanol, le benzidame et l'aniline, sont identiques. Le dernier nom a été conservé. On doit beaucoup à *A. W. Hofmann* pour ses travaux sur l'aniline et les combinaisons de cette base.

Le goudron contient de 0,3 à 0,5 pour 100 d'aniline, mais la séparation de celle-ci offre de si nombreuses difficultés qu'on préfère généralement préparer l'aniline indirectement (d'après la réaction de *Zinin*) à l'aide de la nitrobenzine, que l'on met en contact avec des agents réducteurs. 1 molécule de nitrobenzine $C^6H^5AzO^2 = 125$ donne 1 molécule d'aniline $C^6H^7Az = 93$. Dans la pratique on admet que 100 parties de nitrobenzine donnent 100 parties d'aniline.

Bien que l'hydrogène sulfuré produise la réduction complète de la nitroben-

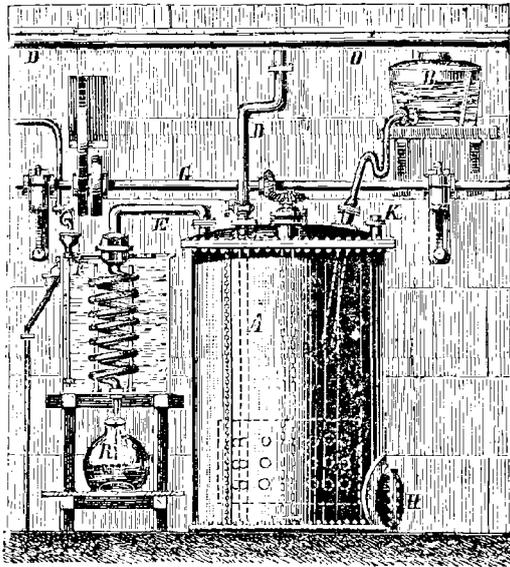
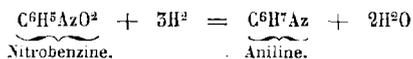


Fig. 582. — Appareil pour la préparation de l'aniline.

zine en aniline, dans la pratique on donne cependant la préférence au procédé indiqué par *Béchamp*, procédé qui consiste à traiter la nitrobenzine par la limaille de fer et l'acide acétique. L'appareil employé dans ce but est celui qui a été construit par *Nicholson* (fig. 582). Il se compose essentiellement d'un cylindre en fonte *A* de 10 hectolitres de capacité, dans l'axe duquel se trouve un gros tube qui descend presque jusqu'au fond du vase. La partie supérieure de ce tube est en rapport avec l'appareil moteur *G* et sa surface est munie d'ailes en acier. Ce tube sert comme conduit de vapeur et comme

agitateur. On emploie quelquefois à la place du tube creux un arbre massif; dans ce cas il y a un tube particulier D pour amener la vapeur. L'ouverture K sert pour introduire les matières, par E se dégagent les produits volatils. H sert pour vider et nettoyer l'appareil. Le tube en S communiquant avec le vase B sert de soupape de sûreté. Lorsque l'appareil doit être mis en activité, on introduit par K dix kilogr. d'acide acétique à 8° et étendu de six fois son poids d'eau, puis 30 kilogr. de fonte pulvérisée ou de limaille ou de tournure de fer et enfin 125 kilogrammes de nitrobenzine, et l'on fait marcher l'agitateur. La réaction se produit immédiatement avec élévation de température et dégagement de vapeurs. On introduit peu à peu de nouveau fer, jusqu'à ce que la quantité du métal ajouté s'élève à 180 kilogr. Les vapeurs qui se dégagent pendant la réduction de la nitrobenzine en aniline se condensent dans le réfrigérant F et se rassemblent dans le ballon R; elles sont versées de temps en temps dans le cylindre A. Au bout de quelque temps la réduction est terminée. La masse épaisse qui a pris naissance est de couleur brun-rouge et elle consiste essentiellement en hydrate d'oxyde de fer, aniline, acétate d'aniline, acétate de fer et fer non combiné. Si l'on fait abstraction de l'acide acétique et des corps réducteurs, la réaction s'effectue d'après l'équation suivante :



On introduit la masse seule ou mélangée avec de la chaux dans des cylindres de fonte ayant la forme des cornues à gaz, où on la soumet à la distillation en chauffant à la vapeur ou à feu nu (procédé français). Cette distillation peut aussi être effectuée dans l'appareil à réduction (procédé anglais). [Depuis quelque temps, au lieu de distiller la masse tout entière, on sépare par décantation] la plus grande partie de l'aniline produite; dans ce but, le cylindre A étant muni de robinets superposés, on sature par la soude l'acétate d'aniline formé, on agite, on laisse reposer, et on soutire l'aniline mise en liberté; on réalise ainsi une grande économie de combustible, et on obtient un rendement plus grand. Le reste est ensuite soumis à la distillation. Le produit de cette opération, qui se compose d'acétone, d'acétate d'aniline, d'aniline, de nitrobenzine, etc., est distillé de nouveau (rectifié), et la partie qui passe entre 115 et 190° est recueillie à part. La portion qui distille entre 210 et 220° convient spécialement pour la préparation du bleu d'aniline. L'huile d'aniline ainsi obtenue se présente sous forme d'un liquide brunâtre, un peu plus lourd que l'eau et suffisamment pur pour la préparation des couleurs.

D'après *Brimmeyr*, on peut se passer complètement de l'acide acétique, et l'on obtient un très-bon résultat en procédant de la manière suivante : Dans une cornue on introduit de la nitrobenzine, 60 kilogr. de fer en poudre et de l'eau acidulée (contenant 22,5 d'acide chlorhydrique pour 100 de nitrobenzine), on abandonne le tout en contact pendant trois jours, et ensuite on extrait par distillation l'huile d'aniline produite. Dans la fabrique d'ani-

line des frères *Coblentz*, à Paris, on réduit la nitrobenzine par de la limaille de fer, sur laquelle on fait déposer une quantité de cuivre égale à la moitié de son poids, en la faisant séjourner dans une solution de vitriol bleu. Le peroxyde de fer, ou plus exactement le mélange de peroxyde et protoxyde de fer, qui se forme dans la préparation de l'aniline, est employé dans les fabriques de gaz pour la composition du mélange de *Laming*, destiné à l'épuration du gaz.

La composition de l'huile d'aniline, qui consiste essentiellement en un mélange d'aniline, de toluidine et de pseudotoluidine, dépend de la nature de la benzine et de la nitrobenzine employées pour sa préparation. L'huile d'aniline légère, qui bout entre 180 et 195° (poids spécifique 1,014 — 1,021 = 2°-3° Baumé), est préparée avec les nitrobenzines qui entrent en ébullition à 210-220°; l'huile lourde d'aniline pour bleu est préparée comme on l'a dit plus haut avec de la nitrobenzine très-lourde. L'aniline pour rouge s'obtient avec de la nitrobenzine bouillant à 210 ou 220°; l'huile d'aniline pour violet avec de la nitrobenzine qui bout à 210 ou 225°. Afin que l'on puisse se rendre compte des relations que présentent ces différents points d'ébullition, nous rappellerons les degrés auxquels entrent en ébullition les corps suivants :

Benzine	80°	Nitroluène	225°
Toluène	108°	Aniline	182°
Nitrobenzine	213°	Toluidine	198°

Il résulte de ce qui précède qu'un grand nombre des benzines, des nitrobenzines et des anilines du commerce, pourraient avec autant de raison être aussi nommées toluènes, nitrotoluènes et toluidines. [Aussi, lorsqu'il s'agit de préparer de l'aniline (ou de la toluidine) pure ou presque pure, il faut d'abord obtenir de la benzine (ou du toluène) pure, en procédant comme il a été dit précédemment (p. 566) à l'aide de l'appareil de *Coupiér*.]

La production de l'aniline a acquis des proportions extraordinaires. D'après les indications de *J. Gessert*, d'Elberfeld, on consommait il y a quelques années 1,750,000 kilogr. d'huile d'aniline, dont 1,000,000 de kilogr. en Allemagne, et le reste en Suisse, en Angleterre et en France; en 1873, l'Allemagne seule a employé 1,250,000 kilogr. d'aniline, sur lesquels 500,000 kil. ont été importés de l'étranger.

[Toluène. — Le toluène (méthylbenzine, hydrure de benzyle, toluol, dracyle, rétinaphthé) C⁷H⁸ a été découvert en 1838 par *Pelletier* et *Walter* dans les produits de la distillation de la résine de pin; on le trouva plus tard dans les produits de la distillation sèche du baume de tolu (*Deville*) et du saug-dragon (*Glénard* et *Boudault*), et en 1847 *Mansfield* le retira du goudron de houille.

Le toluène séparé des benzols du commerce à l'aide de l'appareil de *Coupiér* (voy. p. 566) est un liquide huileux incolore, réfractant fortement la lumière, d'une odeur analogue à celle de la benzine et d'un poids spécifique de 0,872 à 15°; il bout à 110 ou 111° et ne se solidifie pas même à — 20°. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, mais moins que

la benzine, et facilement soluble dans l'éther. Il dissout les huiles grasses et volatiles, et comme dissolvant il se comporte à peu près comme la benzine.

Lorsqu'on soumet le toluène à l'action de l'acide nitrique, il se forme en même temps deux *nitrotoluènes* isomériques, l'un solide et l'autre liquide, et par la réduction de ces deux corps on obtient la *toluidine* solide et la *pseudotoluidine*. Les réactions qui produisent les nitrotoluènes et les toluidines sont analogues à celles qui donnent naissance à la nitrobenzène et à l'aniline. La nitration du toluène et la réduction du nitrotoluène s'effectuent d'ailleurs par les mêmes procédés que ceux employés pour la préparation de la nitrobenzine et de l'aniline.]

I. Couleurs d'aniline.

Les *couleurs d'aniline* (couleurs de toluidine) sont maintenant fabriquées en grand avec l'huile d'aniline (aniline brute); voici celles qui jusqu'à présent ont été obtenues :

- | | | |
|----------------------|---|-------------------------------|
| 1. Rouge d'aniline. | } | 5. Vert d'aniline. |
| 2. Violet d'aniline. | | 6. Jaune et orange d'aniline. |
| 3. Safranine. | | 7. Brun d'aniline. |
| 4. Bleu d'aniline. | | 8. Noir d'aniline. |

Rouge d'aniline. — Le rouge d'aniline ou la *fuchsine* (qui se rencontre aussi sous les dénominations d'azaléine, de mauve, de solférino, de magenta, de roséine, de tyraline, etc.) est la combinaison d'une base, désignée par *A. W. Hofmann* sous le nom de *rosaniline*, avec un acide, ordinairement l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique¹. La base elle-même est incolore, tandis que ses sels, qui cristallisent tous facilement, sont colorés. Sa composition est représentée par la formule $C^{20}H^{19}Az^5$, H^2O . Elle s'est produite de la manière suivante : 2 molécules de toluidine se sont unies avec 1 molécule d'aniline en perdant 4 atomes d'hydrogène qui s'oxydent ($2C^7H^9Az + C^9H^7Az + 5O = 2H^2O + C^{20}H^{19}Az^5$, H^2O). La constitution de la rosaniline serait par suite

représentée par $2 \left. \begin{array}{l} C^6H^4 \\ C^7H^6 \end{array} \right\} Az^5 = C^{20}H^{19}Az^5$. D'après les recherches de *Rosens-*

thiels (1869), on trouve dans toutes les fuchsines du commerce la base isomère de la rosaniline, la *pseudorosaniline*.

Le rouge d'aniline peut se former aux dépens de l'huile d'aniline de différentes manières : avec le chlorure de zinc (d'après *Verguin*), le perchlorure de carbone (*Hofmann* et *Natanson*), l'azotate de bioxyde de mercure (*Gerber-Keller*)², le bichlorure de mercure (*Schnitzer*), l'acide azotique

¹ En Allemagne, en Suisse et en France, la fuchsine est le *chlorhydrate* de rosaniline $C^{20}H^{19}Az^5, ClH$; en Angleterre, c'est ordinairement l'*acétate* de la formule $C^{20}H^{19}Az^5, C^2H^4O^2$ qui constitue cette matière colorante.

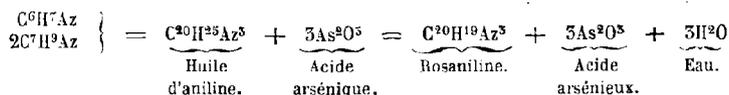
² La fuchsine préparée avec de l'azotate de mercure est très-employée, sous le nom de *rubine*, pour la teinture de la soie et pour colorer les liqueurs et les objets de confiserie.

(Lauth et Depouilly), l'acide antimonique (Smith), l'acide arsénique (Medlock, Girard et de Laire) et enfin avec la nitrobenzine et le nitrotoluène (Coupier et Brüning). Avec 100 parties d'huile d'aniline on obtient 25 ou 33 parties de fuchsine cristallisée.

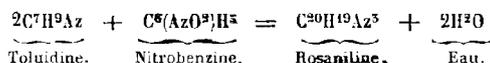
Jusque dans ces derniers temps on a généralement donné la préférence au procédé à l'acide arsénique, bien que les résidus arsénifères soient pour les fabricants une source de désagréments les plus grands. D'après le procédé de Girard et de Laire, on chauffe pendant 4 ou 5 heures, à une température qui ne doit pas dépasser 150 ou 200°, 50 kilogr. d'huile d'aniline avec 100 kilogr. d'hydrate d'acide arsénique à 60° Baumé (= un poids spécifique de 1,71). On casse en petits morceaux la masse rouge formée (la fuchsine brute), on la fait bouillir avec de l'eau, et dès que la dissolution est effectuée, on filtre à travers un feutre ou un sac de toile et l'on reçoit le liquide dans des cristallisoirs. Au bout de 2 ou 3 jours, on fait arriver l'eau-mère qui surnage les cristaux dans des fosses revêtues de grès et goudronnées intérieurement, et l'on précipite avec un mélange de craie léviguée et d'hydrate de chaux les acides arsénique et arsénieux contenus dans l'eau-mère. Le précipité calcaire est converti en préparations arsénicales⁴. La masse cristallisée est purifiée à l'aide d'une nouvelle cristallisation. Dans les fabriques françaises on dissout la fuchsine brute dans de l'acide chlorhydrique étendu d'eau et l'on neutralise avec du carbonate de sodium. Presque toute la fuchsine se sépare sous forme d'un gâteau composé de lamelles cristallines, que l'on dissout par ébullition dans l'eau et qu'on évapore à cristallisation. La fuchsine ainsi obtenue est toujours arsénifère. C'est pourquoi, lorsqu'il s'agit de colorer des liqueurs et des objets de confiserie, il faut employer un sel de rosaniline qui a été préparé avec du chlorure de carbone ou de la nitrobenzine. Les sels de rosaniline offrent généralement à la lumière réfléchie le reflet métallique vert des élytres de certains coléoptères, tandis qu'ils paraissent rouges lorsqu'ils sont vus par transparence. On désigne spécialement sous le nom de *fuchsine* le chlorhydrate de rosaniline, sous celui de *roséine* l'acétate de rosaniline, et enfin sous celui d'*azaléine* l'azotate de la même base. Les dissolutions de ces sels dans l'eau ou dans l'alcool possèdent la magnifique couleur rouge carmin que l'on connaît. Ils ont un pouvoir colorant extrêmement développé; 1 kilogr. de fuchsine suffit pour teindre 200 kilogr. de laine. Le *tannate de rosaniline* est difficilement soluble dans l'eau. La fuchsine est la base de presque toutes les autres couleurs d'aniline, ainsi la fuchsine donne avec l'huile d'aniline du

⁴ D'après Bolley, on peut utiliser les liquides arsénifères provenant de la préparation de la fuchsine en les distillant avec de l'acide chlorhydrique. Si l'on étend avec de l'eau le produit de la distillation contenant du chlorure d'arsenic, de l'acide arsénieux se précipite. Un fabricant d'aniline de Chemnitz envoie les résidus arsénifères à la fabrique d'arsenic de Schwarzenbourg, où on les traite pour arsenic. La régénération de l'arsenic des résidus s'effectue maintenant presque complètement, grâce aux efforts de J. Gessert, d'Elberfeld, qui a créé à Han un établissement pour le traitement des résidus des fabriques d'Elberfeld et du Rhin supérieur. La quantité d'acide arsénique employée en Allemagne s'élève annuellement à environ 1,500,000 kilogrammes.

violet ou du bleu, avec l'iode d'éthyle du bleu ou du violet, etc. Le mode d'action de l'acide arsénique dans la formation de la rosaniline peut être représenté de la manière suivante :



Avec le procédé de *Coupiér*, dont on se sert depuis longtemps déjà dans la fabrique de *Meister, Lucius et Brüning*, à Höchst sur le Mein, on évite l'emploi de l'acide arsénique ; ce procédé est basé sur l'action de la nitrobenzine sur l'huile d'aniline, en présence du fer métallique et de l'acide chlorhydrique. La formation de cette rosaniline (*rouge de Brüning*, *rouge de nitrobenzine*) peut être représentée par l'équation suivante :



2. **Violet d'aniline.** — Les couleurs violettes d'aniline peuvent être préparées de quatre manières différentes :

- a. Par oxydation de l'aniline,
- b. Par phénylation de la rosaniline,
- c. Par éthylation de la rosaniline,
- d. Par oxydation de la méthylaniline.

a. Par oxydation de l'aniline, on obtient le *violet de Perkin* ou la *mauveïne*. Cette couleur a été découverte le 26 août 1856 par *W. H. Perkin*, de Londres, et préparée en faisant agir le bichromate de potassium et l'acide sulfurique sur l'huile d'aniline. Plus tard elle a été aussi obtenue par d'autres moyens, ainsi en traitant un sel d'aniline par une solution de chlorure de chaux, par le peroxyde de manganèse ou le peroxyde de plomb en présence de l'acide sulfurique, par le permanganate de potassium, par le ferriocyanure de potassium, par le chlore, par le chlorure de cuivre, etc. De tous ces procédés le traitement par bichromate de potassium a seul de l'importance au point de vue industriel. Le violet obtenu d'après ce procédé a pour base la *mauveïne*, $\text{C}^7\text{H}^8\text{Az}^3$. La mauveïne fournit par oxydation avec le peroxyde de plomb et l'acide acétique la *safranine* d'un rouge magnifique.

b. Par phénylation de la rosaniline on obtient de différentes manières des *couleurs violettes* : ainsi, par exemple, *Girard et de Laire* préparent un violet, nommé *violet impérial*, *bleu de Fayolle*, *géranosine*, en faisant agir à 180° le chromate de potassium sur un mélange d'huile d'aniline et de chlorhydrate de rosaniline. D'après *Nicholson*, on obtient un autre violet en chauffant la fuchsine à 200 ou 215°. Lorsqu'on chauffe un sel de rosaniline avec un excès

d'aniline, il se produit aussi, avant la formation du bleu d'aniline, des couleurs violettes, parmi lesquelles (d'après *Hofmann*) on trouve :

la rosaniline monophénylée violet-rouge,
— diphénylée violet-bleu ;

Cette dernière combinaison se transforme, lorsqu'on continue de chauffer, en rosaniline triphénylée = bleu d'aniline. Il résulte de là que :

la rosaniline		qui est rouge.	= C ²⁰ H ²¹ Az ⁵ O
— monophénylée	—	violet-rouge	= C ²⁰ H ¹⁹ (C ⁶ H ⁵)Az ⁵ O
— diphénylée	—	violet-bleu	= C ²⁰ H ¹⁷ (C ⁶ H ⁵) ² Az ⁵ O
— triphénylée	—	bleu.	= C ²⁰ H ¹⁵ (C ⁶ H ⁵) ³ Az ⁵ O

Le violet précédent porte maintenant le nom de *violet non-pareil* (*violet ancien*).

c. Par éthylation de la rosaniline, on obtient les *violet nouveaux* ou *violet à l'iode* (*violet Hofmann* ou *dahlia*), qui se distinguent des précédents, parce qu'ils ne sont pas substitués avec le phényle, mais avec les radicaux alcooliques : l'éthyle, le méthyle et l'amyle. On les obtient en chauffant à 100 ou 110° de la fuchsine dans des tubes fermés avec les *iodures* (depuis quelque temps on emploie généralement les bromures) des radicaux alcooliques, et un peu d'alcool comme dissolvant; suivant la durée de l'action il se forme :

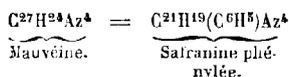
de la monéthyl-rosaniline,
de la diéthyl-rosaniline,
ou de la triéthyl-rosaniline.

La base la plus éthyliée est bleu violet, et les moins éthyliées offrent des nuances rougeâtres. Les violets méthylés et éthyliés ont sur les violets substitués avec le phényle l'avantage de posséder un grand brillant.

d. Par oxydation de la méthylaniline, on prépare le *violet de Paris*, C²⁰H²³Az⁵. Cette belle couleur relativement solide, dont on prépare maintenant en Allemagne plus de 500 kilogr. par jour, a été découverte par *Bardy*, chimiste de la fabrique de *Poirrier* et *Chappat*, de Paris. On prépare la méthylaniline en exposant à une température de 280 à 500°, dans un autoclave, un mélange de chlorhydrate d'aniline et d'alcool méthylique. Le produit de la réaction, qui est un mélange de méthyle et de diméthylaniline, est décomposé par une lessive de soude caustique, et l'huile qui se sépare est purifiée par distillation. La base, qui consiste principalement en diméthylaniline C¹⁸H¹⁵(CH³)²Az, est transformée en violet (*violet méthylé*) par oxydation, soit au moyen du chlorure de potassium et du sulfate de cuivre, soit avec le nitrate de cuivre et le sel marin. Une magnifique modification du violet méthylé est le *violet de benzylméthylaniline* préparé par *Bardy*, en 1872, en faisant agir du chlorure de benzyle C⁷H⁷Cl = $\left\{ \begin{array}{l} \text{C}^6\text{H}^5 \\ \text{CH}^2\text{Cl} \end{array} \right.$ sur le violet de méthylaniline.

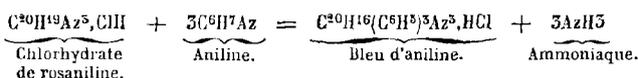
3. **Safranine.** — La *safranine*, préparée pour la première fois par *Perkin*, en 1868, est une belle couleur rouge, qui est employée comme succédané du carthame dans la teinture sur coton et sur soie. Elle se rencontre dans le commerce, soit à l'état solide sous forme d'une poudre rouge-jaune, soit en pâte; l'analyse permet de reconnaître dans la forme solide, outre d'abondantes quantités de carbonate de calcium et de sel marin, le chlorhydrate d'une base colorante. On obtient la safranine (d'après *Mène*) en traitant successivement les anilines lourdes par l'acide azotique et l'acide arsénieux. D'après un travail publié récemment (en juin 1872) par *A. W. Hofmann* et *A. Geyger*, la safranine est un dérivé de la toluidine, elle a pour formule : $C^{21}H^{20}Az^4$.

La safranine se rapproche beaucoup de la mauvéine, et elle se forme aussi (d'après *Perkin* — 1868) comme produit secondaire dans la préparation de la mauvéine. On pourrait être tenté de considérer la mauvéine comme de la safranine phénylée :

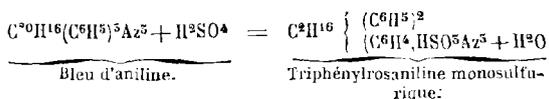


4. **Bleu d'aniline.** — Le *bleu d'aniline* (*azuline*, *azurine*) a été obtenu, le 2 janvier 1861, par *Girard et de Laire*, en chauffant pendant quelques heures un mélange de fuchsine avec de l'huile d'aniline et en reprenant le produit par l'acide chlorhydrique. Le bleu ainsi obtenu a été livré au commerce sous le nom de *bleu de Lyon* ou de *bleu de Paris*. A l'état sec, il possède un éclat cuivré sans le mélange de vert ou de jaune, qui caractérise la fuchsine et le violet d'aniline. Pour purifier le bleu d'aniline, on le dissout dans de l'acide sulfurique concentré, et on laisse digérer la solution pendant 1 heure et demie à la température de 150°. En ajoutant de l'eau, le bleu est séparé de la solution sous une forme modifiée et soluble dans l'eau. Ce dernier se nomme *bleu soluble*, *bleu de Nicholson*, *bleu alcalin*. Parmi les autres modes de formation du bleu d'aniline, nous citerons les suivants : action de l'aldéhyde sur la rosaniline (*Lauth*), de l'esprit de bois brut sur la rosaniline (*E. Kopp*), d'une solution alcaline de gomme laque sur la même base (d'après *Gros-Renaud et Schöffner*), ce qui donne le *bleu de Mulhouse*, oxydation de la méthylaniline (*J. Wolff*), action de l'essence de térébenthine bromée sur la rosaniline (*Perkins*), de l'iodure d'isopropyle (*Wanklyn*), de l'iodure et du bromure d'éthylène (*M. Vogel*) sur la rosaniline, de l'iodure et du bromure d'acétone sur la même base (*Smith et Sieberg*).

La transformation du chlorhydrate de rosaniline (de la fuchsine) en bleu d'aniline, lorsqu'on le chauffe avec de l'huile d'aniline, s'effectue d'après l'équation suivante :



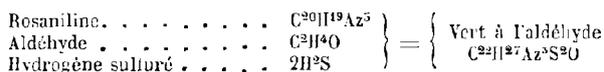
Le bleu d'aniline, préparé avec la rosaniline et l'huile d'aniline, est de la rosaniline $2 \text{ C}^6\text{H}^6 \left\{ \begin{array}{l} \text{C}^6\text{H}^4 \\ \text{H}^5 \end{array} \right\} \text{Az}^5$, dans laquelle les 3 atomes d'hydrogène basique ont été remplacés par 3 atomes de phényle C^6H^5 , et par conséquent de la rosaniline triphénylée, dont la combinaison chlorhydrique a pour formule $\text{C}^9\text{H}^3\text{Az}^4\text{Cl}$. La transformation du bleu d'aniline insoluble en bleu soluble (le sel sodique de la triphénylrosaniline monosulfurique) peut être expliquée par l'équation suivante :



Si l'on chauffe un sel de rosaniline avec de la toluidine, on obtient un corps analogue, le *bleu de toluidine* (tritoluylrosaniline) $\text{C}^{41}\text{H}^{57}\text{Az}^5 = \text{C}^{20}\text{H}^{16}(\text{C}^7\text{H}^7)_3\text{Az}^5$. Si l'on chauffe le bleu d'aniline, il se trouve parmi les produits de la distillation sèche de la *diphénylamine* $\text{C}^{13}\text{H}^{11}\text{Az}$, se présentant sous forme de cristaux blancs, qui arrosés avec de l'acide azotique se colorent en bleu magnifique. Depuis quelque temps, on emploie pour la préparation de nouvelles variétés de bleus la diphénylamine et ses homologues, notamment la phényltoluylamine $\text{C}^{15}\text{H}^{15}\text{Az}$, qui se forme dans la distillation sèche de la *bleuine* $\text{C}^{59}\text{H}^{55}\text{Az}^5$. A. W. Hofmann a trouvé que si l'on chauffe pendant longtemps, comme on l'a fait remarquer plus haut, de la rosaniline avec de l'iodure d'éthyle ou d'amyle, il se forme comme produit le plus éthylé ou le plus amyldé (triéthyl-rosaniline ou triamyl-rosaniline) du bleu d'aniline (*bleu à l'iode*). On peut aussi obtenir (d'après J. Wolff) un bleu magnifique (*bleu de naphthyle*) en combinant le naphthyle avec la fuchsine. Une espèce de bleu d'aniline, qui paraît d'un bleu pur à la lumière artificielle comme à la lumière du jour, porte le nom de *bleu de lumière* ou *bleu de nuit*; une autre nuance avec des reflets violets est appelée *bleu de Parme*.

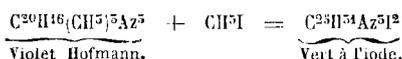
5. Vert d'aniline. — Le *vert d'aniline* se présente sous trois variétés différentes, le vert à l'aldéhyde, le vert à l'iode et le vert de méthylaniline. Le *vert à l'aldéhyde* (éméraldine) a été obtenu, en 1865, par *Cherpin* (chimiste de la fabrique *Usèbe*, de Saint-Ouen), en traitant par l'aldéhyde une solution de sulfate de rosaniline mélangée avec de l'acide sulfurique et en chauffant avec précaution, jusqu'à ce que la dissolution ait acquis une couleur verte foncée. On ajoute ensuite un peu d'hyposulfite de sodium et l'on fait bouillir pendant quelques minutes. Tout le vert reste en solution et on l'emploie sous cette forme pour teindre la soie. L'hyposulfite de sodium peut être remplacé par du sulfure d'ammonium ou de l'hydrogène sulfuré. La couleur verte peut être précipitée de la dissolution par un mélange de sel marin et de carbonate de sodium. On la dissout dans un mélange de 2 parties d'acide sulfurique et de 50 à 70 parties d'alcool. Le vert d'aniline est d'une nuance magnifique, surtout à la lumière des bougies, où il se

distingue avec avantage de tout autre vert. Le vert à l'aldéhyde contient du soufre et a pour formule $C^{23}H^{27}Az^5S^2O$. Il est possible qu'il soit le produit de l'union de 1 molécule de rosaniline, de 1 molécule d'aldéhyde et de 2 molécules d'hydrogène sulfuré :



La deuxième espèce de vert d'aniline est le *vert à l'iode* (*vert de nuit*), découvert en 1865 par *A. W. Hofmann* ; il se forme comme produit secondaire dans la fabrication des couleurs violettes (*violet Hofmann*) par méthylation et éthylation de la rosaniline.

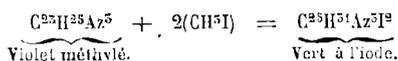
On l'obtient de la manière suivante : On chauffe pendant plusieurs heures sous une forte pression 1 partie d'acétate de rosaniline, 2 parties d'iodure de méthyle et 2 parties d'alcool méthylique. Lorsqu'on a cessé de chauffer, on a un mélange de matières colorantes violettes et vertes solubles dans l'alcool méthylique. Après que les produits volatils ont été éliminés par distillation, on introduit le mélange des matières colorantes dans une grande quantité d'eau bouillante. Le vert se dissout entièrement, les couleurs violettes ne se dissolvent pas. Le vert est précipité de sa dissolution par une solution aqueuse d'acide picrique saturée à froid. Le picrate du vert à l'iode est rassemblé sur un filtre, puis lavé rapidement et après la dessiccation livré en *pâte* au commerce. A l'état cristallisé, le vert à l'iode (exempt d'acide picrique) a pour formule $C^{25}H^{35}Az^5OI^2$. Il se forme par l'action de l'iodure de méthyle sur le violet *Hofmann* :



En desséchant le vert à l'iode il ne faut pas élever la température au-dessus de 50 ou 60°, parce qu'à une température plus élevée il se décompose et se dédouble en violet à l'iode et en acide iodhydrique.

La troisième espèce de vert d'aniline est le *vert de méthylaniline*, qui est livré au commerce depuis 1873 par la fabrique de *Bindschedler* et *Busch*, de Bâle. Il se distingue par ses magnifiques nuances, sa pureté et la perfection de ses cristaux. Il est soluble dans l'eau.

D'après une analyse de *H. Appenzeller*, de Zurich, le vert de méthylaniline a pour formule $C^{25}H^{35}Az^5OCl^2Zn$ et il doit être considéré comme une combinaison de chlorure de zinc avec un vert ($ZnCl^2 + C^{25}H^{35}Az^5OCl^2$), qui ne se distingue du vert à l'iode que par la substitution de l'iode par le chlore. Et dans le fait on peut préparer du vert à l'iode en ajoutant au violet méthylé deux molécules d'iodure de méthyle :



Baubigny a découvert que dans la transformation du violet méthylé en vert on peut remplacer l'iodure du méthyle par le nitrate de méthyle, CH^3AzO^5 , qui est moins cher (mais dangereux); cette découverte est très-importante pour la fabrication des couleurs de goudron.

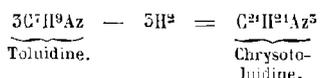
6. **Jaune d'aniline et orange d'aniline.** — Dans la préparation des couleurs rouges avec l'huile d'aniline il se forme toujours outre la fuchsine un corps résinoïde, duquel *Nicholson* a isolé une matière colorante jaune magnifique, le *jaune d'aniline* (*orange d'aniline, aurine, chlorhydrate de chrysaniline*), qui teint la laine et la soie en beau jaune. La *chrysaniline* est une base et elle a pour formule $\text{C}^{20}\text{H}^{17}\text{Az}^5$. Son sel le plus intéressant est le nitrate, qui est insoluble dans l'eau. La préparation du jaune de chrysaniline est extrêmement simple. Le résidu de la préparation de la fuchsine est traité par la vapeur d'eau; dès qu'une certaine quantité de base s'est dissoute, on précipite la chrysaniline par l'acide azotique. *H. Schiff* a obtenu un jaune d'aniline en faisant agir sur l'aniline de l'hydrate d'acide antimonique ou d'acide stannique, et *M. Vogel* en traitant par l'acide azoteux une solution alcoolique de rosaniline. La *phosphine* est probablement un sel de chrysaniline ou de chrysotoluidine assez pur. Le dernier jaune d'aniline a pour formule $\text{C}^{20}\text{H}^{19}\text{Az}^3\text{O}^6$ et il est soluble dans l'alcool, mais insoluble dans l'eau. Le *jaune de Gisela* serait aussi préparé d'une manière analogue.

7. **Noir d'aniline.** — Le *noir d'aniline* $\text{C}^6\text{H}^7\text{AzO}^6$ (?) (un vert d'aniline foncé produit par l'action d'agents oxydants sur l'huile d'aniline), observé déjà en 1843 par *J. von Fritzsche*, se préparait autrefois avec les résidus de la fabrication du violet d'aniline que l'on traitait par le bichromate de potassium, mais maintenant on l'obtient en faisant agir le chlorate de potassium et le perchlorure de cuivre sur le chlorhydrate d'aniline (*Lighfoot*). D'après *Cordillot*, le chlorate de potassium et le perchlorure de cuivre peuvent être remplacés par le ferricyanure d'ammonium, ou, d'après *Lauth*, par du sulfure de cuivre fraîchement précipité. Suivant *Bolley*, ce dernier agit en se transformant en sulfate de cuivre et en oxydant l'aniline. Le noir obtenu par le deuxième procédé, qui à cause de son insolubilité doit être produit sur le tissu à teindre, a été aussi nommé *indigo noir* ou *noir d'indigo*. *C. F. Brandt*, qui a découvert que le noir d'aniline n'a pas une composition déterminée, le prépare avec le chlorate d'aniline. Un noir plus nouveau est le *noir de Lucas* (noir de *Peterson*), dont la propriété la plus précieuse consiste en ce qu'il est déjà par lui-même une couleur et que pour arriver à tout son développement il n'a besoin que d'être faiblement oxydé. C'est une masse fluide noire composée de chlorhydrate d'aniline et d'acétate de cuivre, que l'on imprime mélangée avec de l'empois. Le noir s'oxyde de lui-même à l'air; mais l'oxydation est accélérée lorsqu'on suspend les tissus dans un milieu humide à 40°. Enfin, on rencontre depuis peu de temps dans le commerce un noir d'aniline (par exemple celui qui est préparé par les frères *Heyl et Cie*, de Berlin), qui, après avoir été épaissi avec de l'albumine, comme l'outremer et le vert de chrome, peut être immédiatement imprimé, et ensuite fixé au moyen de la vapeur. On emploie

le noir d'aniline dans la teinture et l'impression des tissus. Sous le nom de *jetoline*, on rencontre depuis quelque temps (1875) dans le commerce un noir d'aniline anglais.

8. **Brun d'aniline.** — D'après *de Laire*, on prépare le *brun d'aniline* (brun Havanne) en chauffant à 240° un mélange de violet ou de bleu d'aniline, jusqu'à ce que la couleur du mélange passe au brun. Le brun ainsi obtenu est soluble dans l'eau, l'alcool et les acides et il peut être employé immédiatement pour la teinture. Ce que le teinturier obtient sous le nom de brun d'aniline est ordinairement de la fuchsine brute trop fortement chauffée (brûlée). On obtient un autre brun d'aniline (*brun Bismark*) en fondant de la fuchsine avec du chlorhydrate d'aniline.

Avec les résidus de fuchsine on prépare des couleurs qui sont employées sous le nom de *géorgine*, *d'orseilline* et de *brun de Vienne*. Un brun d'aniline livré au commerce sous le nom de *cannelle* se composerait essentiellement d'un sel acide de la *chrysotoluiline* $C^{21}H^{21}Az^5$, qui se forme aux dépens de la toluiline, d'après l'équation suivante :



II. Couleurs d'acide phénique.

Acide phénique. — [On retire l'*acide phénique* (acide phénilique, acide carbolique, phénol), C^6H^6O ou $C^6H^5(OH)$, du phénate de sodium impur qui s'est formé lors de l'épuration des huiles ou essences de houille des divers fractionnements, mais principalement de celles provenant du traitement des huiles du deuxième fractionnement qui ont passé entre 150 et 200 ou 220° (voy. p. 562). Dans ce but, le phénate de sodium est chauffé avec 5 ou 6 fois son poids d'eau; il entre en dissolution, tandis que la naphthaline et les autres hydrocarbures se séparent et tombent au fond du liquide. La solution du phénate, préalablement décantée, est ensuite décomposée par l'acide sulfurique ou chlorhydrique, puis abandonnée au repos; l'acide phénique se réunit alors à la surface sous forme d'une huile colorée; on décante celle-ci, on la lave avec de l'eau, puis on la dessèche sur du chlorure de calcium. Pour purifier l'acide phénique brut ainsi obtenu (il contient une petite quantité d'hydrocarbures, du crésol et du xyléol), on le distille dans de grandes cornues en fonte, en recueillant à part ce qui passe entre 186 et 195°, et l'on expose cette portion à une température de 10°, dans de grands entonnoirs à robinet. L'acide phénique cristallise avec une certaine quantité de crésol. On fait écouler la partie demeurée liquide et l'on comprime les cristaux.

L'acide phénique du commerce, obtenu comme il vient d'être dit, n'est pas entièrement pur; il contient encore une certaine quantité de crésol, que l'on peut séparer par distillation dans une grande cornue communiquant avec un serpentín placé dans un bain d'huile chauffé un peu au-dessous du point d'ébullition de l'acide phénique. Les vapeurs de crésol se condensent

dans ce serpentín et retombent dans la cornue, tandis que les vapeurs d'acide phénique passent et se condensent dans un autre serpentín refroidi. Deux distillations successives dans cet appareil sont suffisantes pour obtenir de l'acide phénique pur.]

Tel qu'il est livré au commerce par *E. Sell* d'Offenbach, par *C. Calvert* and Co. de Bradford et par *Ch. Lowe* and Co. de Manchester, l'acide phénique se présente sous forme d'une masse cristalline, qui rougit légèrement à l'air, qui fond à 54°, et qui bout à 186°. Il se dissout dans 33 parties d'eau. D'après *A. Adrieens*, l'acide phénique chimiquement pur est liquide à 37°,8 solide, à 54°,50 et bout entre 185°,3 et 184°,1 ; son poids spécifique est, à 40°, 1,0543.

L'acide phénique est employé pour la conservation du bois de construction et des traverses de chemins de fer, comme antiseptique, par exemple pour l'embaumement, dans la fabrication du parchemin et des cordes à boyau, dans les fabriques de colle et comme désinfectant dans les abattoirs, les écuries, les cages et pour faire des fumigations dans les chambres des malades et les cabines des vaisseaux, etc.; enfin, on s'en sert également pour la préparation synthétique de l'acide salicylique. Mais la moitié au moins de l'acide phénique fabriqué actuellement sert pour la préparation des matières colorantes suivantes :

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Acide picrique. | 4. Coralline. |
| 2. Brun de phényle. | 5. Azuline. |
| 3. Grenat soluble. | |

1. Acide picrique. — L'acide picrique (trinitrophénol, acide trinitrophénique, trinitromonooxybenzol) $C^6H^3(AzO^2)^3O$ ou $C^6H^2(AzO^2)^3OH$, obtenu en faisant agir l'acide azotique sur l'acide phénique ou mieux en traitant le sulfophénylate de sodium cristallisé par l'acide azotique, se présente sous forme d'une masse cristalline composée de lamelles jaunes qui se dissolvent difficilement dans l'eau froide, facilement dans l'eau bouillante et l'alcool. Il fond à 117° et détone lorsqu'on le chauffe rapidement. Il est surtout employé pour la teinture en jaune et en combinaison avec le vert d'aniline (vert à l'iode), l'indigo ou le bleu de Prusse pour teindre la soie et la laine en vert¹. En combinaison avec les alcalis, il est employé depuis quelque temps pour préparer des succédanés de la poudre (par exemple la poudre au picrate).

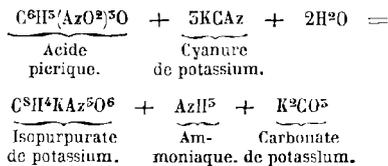
En France on prépare annuellement de 80,000 à 100,000 kilogr. d'acide picrique, qui ne sont pas seulement employés en teinture, mais dont une quantité considérable sert pour la fabrication de la poudre au picrate (voyez t. I, p. 350). Le sel ammoniacal de l'acide trinitrocrésylique (trinitrocrésylo) homologue de l'acide picrique se rencontre dans le commerce

¹ A la place de l'acide picrique pur (non explosible), on a livré au commerce, dans ces derniers temps, sous le nom d'acide picrique et de jaune d'aniline, le sel de soude de cet acide (provenant d'Elberfeld), et par suite de ses propriétés explosives cette préparation a donné lieu à de graves accidents.

sous le nom d'*orange Victoria*, de *jaune d'or* ou de *jaune anglais*, qui, d'après les recherches de *H. Wichelhaus* et *C. Martius*, est cependant presque toujours un sel de dinitrocrésylol. Il se présente sous forme d'une poudre rouge fondant à 109-110°, qui se dissout dans l'eau et est employée dans la teinture en jaune. Il paraît qu'il renferme presque toujours, outre l'acide trinitrocrésylique, de l'acide binitrocrésylique, qui peut être obtenu par l'action de l'acide azoteux sur la toluidine. Sous l'influence du cyanure de potassium, l'acide picrique donne l'acide phénylporpurique ou isoporpurique, $C^6H^5Az^3O^6$, et l'acide trinitrocrésylique l'acide crésylporpurique, $C^6H^7Az^3O^6$ (*v. Sommaruga*), dont les sels de potassium et d'ammonium forment le brun-grenat.

2. **Phénicienne.** — La *phénicienne* ou le *brun de phényle* est une matière colorante préparée par *Roth* en 1865 et employée dans la teinture de la soie et de la laine; elle se forme lorsqu'on fait agir un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique sur l'acide carbolique. Le brun de phényle est une poudre amorphe, qui consisterait en un mélange de deux matières colorantes, une jaune (le dinitriphénol $C^6H^4(AzO^2)^2O$, d'après *P. Bolley*) et une brun-noir se rapprochant des corps humiques.

3. **Grenat soluble.** — Le *grenat soluble* ou le *brun grenat*, qui a été introduit dans la teinture par *J. Casthelaz* de Paris, comme succédané de l'orseille, n'est autre chose que le *phénylporpurate* ou *isoporpurate de potassium* (ou plus exactement un mélange d'isoporpurate et de crésylporpurate de potassium) découvert il y a déjà longtemps par *Illasiwetz*, de Vienne, et que l'on obtient en faisant agir le cyanure de potassium sur une solution d'acide picrique; il se forme de la manière suivante (d'après l'équation indiquée par *Zulkowsky*):

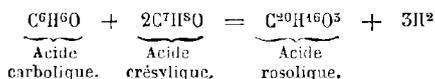


Comme le brun grenat fait explosion sous l'influence d'un faible frottement, il est livré en pâte au commerce. Pour empêcher la dessiccation de la pâte, on mélange celle-ci avec un peu de glycérine.

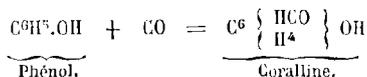
4. **Coralline.** — La *coralline* (*péonine*, *tropéoline*, *aurine*, *rouge de Jéricho*, *rouge de phényle*), matière colorante rouge écarlate qui, d'après *H. Fresenius*, cristallise dans l'alcool lorsqu'elle est pure en longues aiguilles filiformes feutrées, rouge écarlate et offrant un grand éclat. Elle fond à 156°. La coralline ne se dissout que peu dans l'eau froide, mais facilement dans l'eau rendue alcaline, dans l'alcool et dans le phénol; le chloroforme et la benzine n'en dissolvent que de petites quantités; elle est insoluble dans le sulfure de carbone. D'après *Kolbe* et *R. Schmidt*, la coralline prend naissance lorsqu'on chauffe un mélange d'acide carbolique, d'acide oxalique et

d'acide sulfurique, jusqu'à ce que la couleur se soit suffisamment développée; lorsque la réaction est terminée, on lave avec de l'eau bouillante, afin d'éliminer l'acide en excès; la substance qui reste est desséchée et pulvérisée et exposée à la température de 150° à l'action de l'ammoniaque. Du liquide coloré en rouge cramoisi ainsi obtenu on précipite la matière colorante par l'acide chlorhydrique.

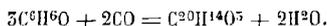
On n'a pas encore déterminé quel rapport il existe entre la coralline et l'acide rosolique découvert par *Runge* dans le goudron. D'après les recherches de *H. Caro*, ces deux corps seraient identiques. L'acide rosolique $C^{20}H^{16}O^5$ prendrait naissance (absolument comme la rosaniline se formerait aux dépens de l'aniline et de la toluidine) aux dépens de l'acide carbonique et de l'acide crésylique, d'après l'équation suivante :



D'après les indications de *Caro* et *Wanklyn*, l'acide rosolique se forme aussi lorsqu'on soumet à l'action du nitrate de potassium une solution acide de fuchsine et lorsqu'on traite la combinaison diazoïque qui a pris naissance par l'acide chlorhydrique et l'eau. Suivant *H. Fresenius* (1872), la coralline préparée d'après le procédé de *Kolbe-Schmitt* est différente de celle (la pseudocoralline) obtenue avec la rosaniline d'après le procédé de *Caro-Wanklyn*. Cette dernière ne possède pas la formule que *Caro* et *Wanklyn* lui ont attribuée, mais sa formule empirique est $C^{20}H^{28}O^{10}$. D'après la méthode de *Kolbe-Schmitt*, on peut préparer des matières colorantes rouges avec le phénétol et l'anisol aussi bien qu'avec le phénol. Dans la formation de la coralline (d'après *Kolbe* et *Schmitt*) c'est l'oxyde de carbone à l'état naissant qui avec l'acide phénolsulfurique donne lieu à la production de cette couleur. Suivant *H. Kolbe*, la coralline est peut-être du phénol formylé, c'est-à-dire du phénol, dans lequel 1 molécule de formyle HCO tient la place de 1 atome de l'hydrogène du phénol :



D'après *Dale* et *Schorlemmer* (1871 et 1875), la coralline desséchée à 200° aurait pour formule $C^{20}H^{14}O^5$ et prendrait naissance d'après l'équation :



Le rouge de phénol proposé récemment sous le nom de *coquelicot* ne paraît être qu'une modification de la coralline.

5. **Azuline** (bleu de phényle). — Si l'on chauffe de la coralline avec de l'huile d'aniline, on obtient, d'après *J. Persoz* et *Guinon-Marnas*, une matière

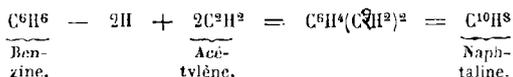
colorante bleu qui a reçu le nom d'azuline (azurine). L'azuline n'est peut-être rien autre chose que du bleu d'aniline.

6. Nous devons mentionner ici les couleurs rouges préparées par *A. Baeyer* en faisant agir le phénol sur l'anhydride phtalique (voyez *Couleurs de phtaléine*).

Erythrobenzine. — On a également essayé de préparer directement des matières colorantes avec la *nitrobenzine*. D'après *J. Laurent et Casthelaz*, on obtient une couleur rouge, l'*érythrobenzine*, si l'on met en contact pendant 24 heures, à la température ordinaire, 12 parties de nitrobenzine, 24 parties de limaille de fer et 6 parties d'acide chlorhydrique. Il se forme une masse résineuse solide que l'on épuise avec de l'eau, et l'on précipite la solution par le sel marin. La couleur ainsi obtenue peut être employée pour la teinture et l'impression et elle pourrait remplacer (?) la fuchsine. Aux couleurs de nitrobenzine se rattache le *rouge de nitrobenzine* (rouge de *Brüning*) préparé pour la première fois par *Brüning*, d'Hochst sur le Mein (voy. p. 574).

III. Couleurs de naphthaline¹.

Naphtaline. — La *naphtaline* a été découverte en 1820 par *Garden* dans le goudron de houille et elle a été plus tard étudiée par *Faraday*, *A. W. Hofmann*, *Fittig*, *M. Ballo*, etc. D'après *Berthelot*, elle peut être préparée synthétiquement, si dans la benzine on remplace 2 atomes d'hydrogène par 2 atomes d'acétylène (C²H²):

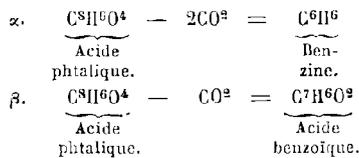


[*Préparation de la naphtaline.* — Les huiles lourdes de houille (voy. p. 561) et les résidus de la rectification des huiles légères, laissent déposer des cristaux de naphtaline lorsqu'on les expose au froid pendant 5 à 6 jours. On turbine ces cristaux, de même que la naphtaline obtenue dans la rectification des huiles lourdes (voy. p. 565), afin d'en séparer les parties huileuses, on soumet le résidu à l'action de la presse hydraulique, on épuise à chaud les tourteaux obtenus, d'abord par la soude caustique, puis par l'acide sulfurique, et l'on termine par un lavage à l'eau chaude. Pour obtenir la naphtaline pure, il ne reste plus maintenant qu'à la distiller, ce que l'on fait dans des cornues en fonte. Les premières portions qui passent, vers 200°, sont un mélange de naphtaline et d'eau; entre 210 et 220° la naphtaline distille à l'état pur; on la condense dans des serpentins chauffés au-dessus de son point de fusion (79°) et on la coule dans des moules. Pour l'obtenir en cristaux on la sublime.]

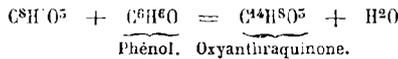
La naphtaline pure se présente sous forme de lamelles rhomboïdales min-

¹ Voy. *P. Bolley et E. Kopp*, Traité des matières colorantes artificielles, traduit par *L. Gautier*, p. 252. Paris, 1874.

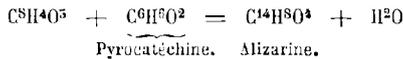
ces, d'une odeur particulière rappelant un peu celle du styrax, d'une saveur brûlante, et qui, après avoir été fondues et solidifiées, donnent une masse cristalline d'un poids spécifique de 1,151. Elle fond à 79° et elle entre en ébullition à 220°. Elle est insoluble dans l'eau froide, très-peu soluble dans l'eau bouillante, facilement soluble dans l'alcool bouillant, la benzine, l'éther, dans les huiles grasses et volatiles et dans l'acide acétique. Elle se combine avec l'acide picrique en donnant de belles aiguilles jaunes. Sous l'influence de l'acide azotique elle se transforme en *acide phtalique*, qui, suivant les circonstances, peut être converti par soustraction d'acide carbonique, soit en benzine soit en acide benzoïque¹ :



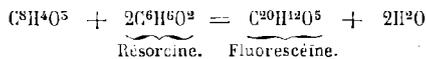
L'anhydride de l'acide phtalique $\text{C}^8\text{H}^4\text{O}^5$ donne avec certains dérivés de la benzine des dérivés de l'anthracène (d'après *Baeyer et Caro*), ainsi avec le phénol on obtient l'oxyanthraquinone :



et avec la pyrocatechine (acide oxyphénique) l'alizarine :



Avec la résorcine l'acide phtalique donne la fluorescéine :



avec laquelle on prépare le tétrabromure de fluorescéine (éosine), qui a

¹ L'*acide benzoïque*, qui est maintenant employé en quantité considérable pour la fabrication de certaines couleurs de goudron et d'autres préparations chimiques industrielles, n'est plus retiré de la résine de benjoin; c'est soit un produit de la transformation de l'acide hippurique de l'urine de cheval, soit un dérivé de la naphthaline. L'acide benzoïque peut être préparé avec la naphthaline de deux manières différentes : 1° on transforme la naphthaline en acide phtalique; en chauffant celui-ci avec de la chaux, il donne du benzoate de calcium, duquel on sépare l'acide benzoïque par l'acide chlorhydrique; ou bien 2° on convertit l'acide phtalique en phtalimide $\text{C}^8\text{H}^3\text{AzO}^2$, qui par distillation avec de la chaux se change en benzonitrile $\text{C}^7\text{H}^3\text{Az}$, et en faisant bouillir ce dernier avec une lessive de soude, on le fait passer à l'état de benzoate de sodium, de la dissolution duquel on précipite l'acide benzoïque par l'acide chlorhydrique. Le succédané de l'acide benzoïque, l'*acide naphthoïque* $\text{C}^{11}\text{H}^8\text{O}^2$, retiré du cyanure de naphthyle par *Meyer* (1868), mérite aussi d'attirer l'attention. La transformation de l'acide benzoïque en bleu d'indigo, effectuée par *Emmerling et Engler*, a donné à cet acide une importance plus grande.

déjà acquis une importance industrielle. Il sera question plus loin de toutes ces combinaisons, sous le nom de *couleurs de phtaléïne*.

Il y a entre les dérivés de la benzine et de la naphthaline une grande analogie, non-seulement sous le rapport de la composition et des réactions, mais encore au point de vue des propriétés physiques et chimiques. L'analogie dans la composition ressort du groupement suivant :

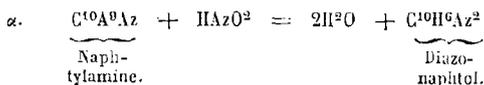
Benzine (hydrure de phényle) C^6H^6	}	Naphtaline (hydrure de naphyle) $C^{10}H^8$
Nitrobenzine $C^6H^5(AzO^2)$		Nitronaphtaline $C^{10}H^7(AzO^2)$
Aniline C^6H^7Az		Naphtylamine $C^{10}H^9Az$
Rosaniline $C^{20}H^{19}Az^3$		Base du rouge naphthaline $C^{30}H^{24}Az^5$

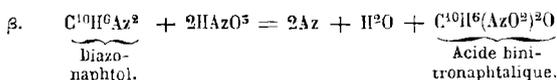
La base correspondant à l'aniline, la *naphtylamine* $C^{10}H^9Az$, est préparée exactement comme l'aniline avec la benzine; dans ce but la naphthaline est traitée par un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique concentrés et transformée ainsi en *nitronaphtaline*, que l'on réduit en naphtylamine d'après le procédé de *Béchamp* (voyez p. 569). Comme l'a montré *M. Ballo* (1870), on peut très-facilement séparer par distillation à l'aide de vapeurs d'eau la naphtylamine contenue dans la masse réduite avec le fer et l'acide acétique. La naphtylamine cristallise en aiguilles blanches, elle fond à 50° et elle entre en ébullition à environ 300° . Elle a une saveur piquante et amère et est presque insoluble dans l'eau.

La naphtylamine sert pour la préparation des couleurs suivantes :

- | | | |
|----------------------|---|---------------------------|
| 1. Jaune de Martius. | } | 3. Violet de naphthaline. |
| 2. Rouge de Magdala. | | 4. Bleu de naphthaline. |

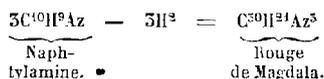
1. Jaune de Martius. — Le *jaune de Martius* ou de *Ganahl* (jaune de Manchester, jaune de naphthaline, jaune d'or) préparé pour la première fois par *R. Ganahl* en 1856, étudié avec soin et introduit dans l'industrie chimique en 1866 par *Martius*, est la combinaison calcique ou sodique de l'acide *binitronaphtalique*, $C^{10}H^6(AzO^2)^2O$, que l'on obtient en ajoutant à une solution de chlorure de naphtylamine du nitrite de sodium, jusqu'à ce que toute la naphtylamine soit transformée en diazonaphtol. Le liquide qui contient le chlorure de diazonaphtol est mélangé avec de l'acide azotique et chauffé à l'ébullition. L'acide binitronaphtalique se sépare sous forme de petites aiguilles jaunes. Il est insoluble dans l'eau et cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune citron. C'est un acide fort, qui forme avec les bases des sels colorés en rouge-orange ou rouge-minium. L'acide binitronaphtalique se trouve dans le commerce sous forme de sel de calcium ou de sodium. La transformation de la naphtylamine en acide binitronaphtalique (binitronaphtol) peut être représentée par les équations suivantes :



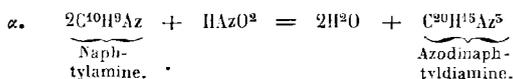


Comme *M. Ballo* l'a montré, l'acide binitronaphtalique peut cependant se former directement par l'action de l'acide azotique sur la naphtylamine. D'après le procédé breveté de *Wichelhaus* et *Darmstädter*, qui est le meilleur, on prépare l'acide binitronaphtalique en introduisant de l'acide sulfonaphtalique dans de l'acide azotique. Ce procédé a été adopté en 1869 par *Kunheim* et *C^{ie}* de Berlin, et il est maintenant exclusivement suivi en Allemagne. Le jaune de *Martius* teint sans mordant la laine et la soie dans toutes les nuances, depuis le jaune citron clair jusqu'au jaune d'or foncé. Avec 1 kilogr. de la combinaison calcique ou sodique on peut teindre en beau jaune 200 kilogr. de laine. Le jaune de *Martius* jouit de la propriété de pouvoir être vaporisé (fixé à la vapeur), tandis que l'acide pierique se volatilise avec les vapeurs aqueuses. En Angleterre il est fréquemment employé pour nuancer le magenta.

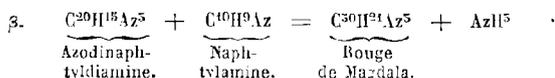
2. **Rouge de Magdala.** — Le rouge de Magdala (rouge de naphthaline, rouge de Sedan), sel d'une base de la formule $C^{50}H^{21}Az^5$, a été découvert par *Schiendl* de Vienne en 1867 et étudié par *Durand*, *Ch. Kestner*, *A. W. Hofmann* et d'autres ; il prend naissance lorsque à 3 molécules de naphtylamine on enlève 3 molécules d'hydrogène :



La préparation en grand du rouge de Magdala se divise en deux phases. Dans la première la naphtylamine est transformée en azodinaphtyldiamine (amidoazonaphtaline) par l'action de l'acide azoteux.



Dans la deuxième phase, où l'on traite l'azodinaphtyldiamine par la naphtylamine, le rouge de Magdala prend naissance, avec dégagement d'ammoniaque :



Le rouge de Magdala, tel qu'il se rencontre dans le commerce sous forme d'une poudre brun-noir à cristallisation confuse, est cependant le perchlo-rure d'une base ayant la composition précédemment indiquée. La solution alcoolique offre un dichroïsme magnifique ; étendue, elle est rouge rose et transparente à la lumière réfractée, mais à la lumière réfléchie elle est

opaque, de couleur rouge feu et trouble. Le rouge de Magdala appliqué sur la soie communique à celle-ci cette fluorescence remarquable; la fibre teinte est rouge rose et offre un reflet orange. Le rouge de Magdala n'est pas inférieur à la fuchsine, relativement au pouvoir colorant, mais il lui est supérieur par sa solidité remarquable. Avec l'iodure de méthyle et l'iodure d'éthyle le rouge de naphthaline donne des couleurs dérivées violettes et bleues. Le rouge de naphtylamine découvert par Clavel (*rouge de Clavel*), n'est pas identique avec le rouge de Magdala, mais on ne possède sur cette matière que des indications bien incomplètes.

5. **Naphtazarine.** — La *naphtazarine* (c'est-à-dire l'alizarine de la série naphthalique) ou bioxynaphtoquinone, $C^{10}H^6O^3$ ou $C^{10}H^4O^3 \begin{cases} OH \\ OH \end{cases}$, a été obtenue en 1861 par *Roussin* en chauffant à 200° de la binitronaphtaline avec du zinc et de l'acide sulfurique concentré. Le produit de la réaction est repris par l'eau bouillante. Du liquide filtré la matière colorante se sépare sous forme d'une gelée. Après lavage et dessiccation, on la sublime. Elle forme des cristaux brun-rouge à éclat métallique vert, qui se dissolvent difficilement dans l'eau, facilement dans l'alcool avec une couleur verte. Elle se dissout dans l'ammoniaque avec une couleur bleu ciel; ses dissolutions sont colorées en violet par le baryte et l'eau de chaux, en rouge cramoisi par l'alun, en bleu par l'acétate basique de plomb et en noir par les sels de fer.

La *naphtazarine*, considérée comme matière colorante, offre certaines analogies avec l'alizarine, seulement elle donne des tons différents. D'après les recherches de *C. Liebermann*, la *naphtazarine* est de la *bioxynaphtoquinone*, et elle présente avec la naphthaline les mêmes rapports que l'alizarine avec l'anthracène :



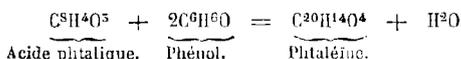
4 et 5. **Bleu et violet de naphthaline.** — Les *couleurs de naphthaline bleues et violettes* peuvent être produites de différentes manières : par phénylation, naphtylation, méthylation et éthylation du rouge de Magdala, par traitement de la naphtylamine avec le nitrate de mercure (*Wilder*), par substitution de l'hydrogène de l'aniline et de la toluidine par le naphtyle $C^{10}H^7$ (*J. Wolff*, qui de cette manière a déjà obtenu en 1867 un *bleu de naphtyle* magnifique), avec la rosaniline et la naphthaline monobromée et enfin avec la rosaniline et la naphtylamine (*M. Ballo*). *Blumer-Zweifel* d'un côté et *A. Kielmeyer* de l'autre ont produit tout récemment un violet de naphtylamine sur coton et sur lin en traitant sur l'étoffe elle-même la naphtylamine avec du perchlorure de cuivre, du chlorate de potassium, en un mot avec tous les agents qui peuvent donner naissance au noir d'aniline (voyez page 579).

IV. Couleurs de *phtaléine*.

En faisant agir l'acide *phtalique* (acide ortho-*phtalique*, acide benzodicarbonique) $C^8H^4O^4$ ou $C^8H^4(COII)^2$ sur le phénol, l'hydroquinone, l'acide pyrogallique, la pyrocatéchine et la résorcine, on obtient les corps désignés sous le nom de *phtaléines*, parmi les dérivés desquelles se trouvent des combinaisons colorées, dont quelques-unes ont déjà trouvé emploi dans l'industrie des couleurs. Les *phtaléines* ont été découvertes par *Ad. Baeyer* (1874-1875) et étudiées par lui et par *H. Caro*, *Fischer*, *Grimm* et d'autres.

L'acide *phtalique* (voyez p. 585) est employé à l'état sublimé, sous forme d'anhydride *phtalique*, $C^8H^4O^5$.

1. **Acide *phtalique* et phénol.** — Lorsqu'on chauffe un mélange de 10 parties de phénol, de 5 parties d'acide *phtalique* et de 4 parties d'acide sulfurique concentré, il se produit d'abord, sous forme d'une poudre blanche, la *phtaléine du phénol* $C^{20}H^{14}O^4$:

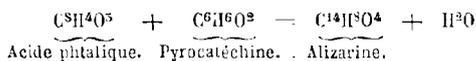


Cette poudre se dissout dans une lessive alcaline caustique avec une couleur rouge de fuchsine magnifique. Si on laisse agir encore pendant longtemps les uns sur les autres les corps composant le mélange précédent, il se forme l'*oxyanthraquinone* :



L'anisol, chauffé avec l'acide *phtalique* et de l'acide sulfurique se comporte d'une manière analogue au phénol. L'*oxyanthraquinone* qui se forme dans cette réaction est, d'après *Baeyer* et *Caro*, un mélange de deux combinaisons isomères, dont l'une correspond à l'*oxyanthraquinone* de *Graebe* et *Liebermann* (voy. *Couleurs d'anthracène*), tandis que l'autre est tout à fait différente et a été désignée sous le nom d'*érythroxyanthraquinone*.

2. **Acide *phtalique* et pyrocatéchine.** — Si l'on chauffe un mélange d'acide *phtalique*, de pyrocatéchine (acide oxyphénique) et d'acide sulfurique, il se forme la *phthaléine de la pyrocatéchine*, qui d'après *Baeyer* se rapproche de l'hématoxyline. En élevant la température à 140°, de l'alizarine, $C^{14}H^8O^4$, prend naissance :

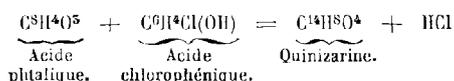


3. **Acide *phtalique* et hydroquinone.** — L'hydroquinone et toutes les substances qui, chauffées avec de l'acide sulfurique donnent de l'hydroquinone ou le sulfoacide de celle-ci, fournissent (d'après *F. Grimm*), lorsqu'on

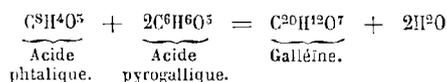
les chauffe avec de l'acide phtalique et de l'acide sulfurique, outre la *phtaléine de l'hydroquinone*, de la *quinizarine* $C^{14}H^8O^4$:



La quinizarine est isomère avec l'alizarine et lui ressemble beaucoup. Mais elle ne se comporte pas comme l'alizarine en présence des mordants de fer et d'alumine, qu'elle ne colore que très-difficilement et avec des nuances tout à fait différentes. D'après *Ad. Baeyer* et *H. Caro*, la quinizarine se forme aussi lorsqu'on chauffe un mélange d'acide chlorophénique, d'acide phtalique et d'acide sulfurique :

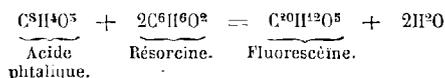


4. **Acide phtalique et acide pyrogallique.** — Lorsqu'on chauffe à 200° 2 parties d'acide pyrogallique et 1 partie d'acide phtalique, il se forme la *galléine* (phtaléine pyrogallique) $C^{20}H^{12}O^7$:



La galléine offre la plus grande analogie avec l'hématéine qui se forme aux dépens de l'hématoxyline. Chauffée avec de l'acide sulfurique concentré, la galléine se transforme en une matière colorante bleue, la *cæruleine* $C^{20}H^{10}O^7$.

5. **Acide phtalique et résorcine.** — Si (d'après *Ad. Baeyer* et *P. Fischer*) on chauffe à 195 ou 200° la résorcine avec de l'acide phtalique, il se forme la *phtaléine de la résorcine* ou la *fluorescéine* $C^{20}H^{12}O^5$:



Elle cristallise dans l'alcool en petits cristaux brun foncé; dissoute dans la potasse et précipitée par des acides, elle se présente sous forme d'une poudre rouge brique. Elle est surtout caractérisée par la magnifique fluorescence verte extrêmement intense de sa solution ammoniacale.

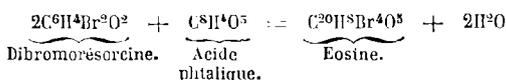
Eosine. — La *fluorescéine tétrabromée*, $C^{20}H^8Br^4O^5$, est un dérivé coloré de la fluorescéine d'une grande importance; elle est livrée au commerce depuis le mois de juillet 1874, sous le nom d'*éosine* (d' $\epsilon\omega\varsigma$, aurore) par la *Fabrique badoise d'aniline et de soude* de Ludwigshafen sur le Rhin.

L'éosine est une poudre rouge-brun, dans laquelle on aperçoit çà et là des surfaces produisant un scintillement vert métallique; elle est soluble dans l'eau et l'alcool, les dissolutions offrent la fluorescence particulière qui caractérise le rouge de Magdala (voy. p. 587). La matière colorante

livrée au commerce est la combinaison sodique de l'éosine. Si de la solution aqueuse du sel de sodium on précipite l'éosine par un acide, celle-ci se sépare sous forme d'une substance rouge brique, qui peut être isolée à l'état cristallin de sa solution dans l'acide acétique cristallisable. D'après les recherches de *A. W. Hofmann*, il n'est pas douteux que l'éosine soit la phtaléine de la dibromorésorcine. Elle peut être préparée en traitant la fluorescéine par le brome :



ou en faisant agir l'anhydride phtalique sur la dibromorésorcine :



Les nuances que donne l'éosine sur soie et sur laine ont de l'analogie avec celles de la carthamine et de la safranine. Malheureusement sa fixité à la lumière n'est pas très-grande. [En solution dans l'eau sucrée ou gommée, l'éosine donne une très-belle encre rouge.

Bindschedler et Busch, de Bâle, livrent au commerce, depuis 1876, sous le nom d'*érythrosine* (éosine bleuâtre), la combinaison sodique de la *fluorescéine tétraiodée* $C^{20}H^8I^4O^5$.

L'*éosine à l'alcool* ou *primerose*, est la combinaison potassique d'un dérivé méthylé ou éthylé de la fluorescéine tétrabromée, qui se distingue de celle-ci par des tons plus bleus et en ce qu'elle ne se dissout pas dans l'eau, mais seulement dans l'alcool faible, rendu alcalin par du carbonate de sodium.]

V. Couleurs d'anthracène¹.

Anthracène. — L'*anthracène* (paranaphtaline, photène) $C^{14}H^{10}$, qui se trouve dans le goudron de houille dans la proportion de 0,75 à 1 pour 100, a été découvert en 1851 par *J. Dumas* et employé pour la première fois en 1869 par *C. Graebe* et *C. Liebermann* pour la fabrication du rouge d'anthracène (alzarine artificielle). On peut le préparer synthétiquement en chauffant de la benzine avec de l'éthylène ($2C^6H^6 + C^2H^2 = C^{14}H^{10} + 5H^2$), de la benzine avec du styrolène ($C^6H^6 + C^8H^8 = C^{14}H^{10} + 2H^2$), en outre, en chauffant à 180° du chlorure de benzyle avec de l'eau ($2C^6H^5(CH^2Cl) = C^{14}H^{10} + 2HCl + 2H$). Suivant *Th. Zincke* (1874), l'anthracène serait un produit de dédoublement d'un hydrocarbure peu élevé, dont la formule probable serait nC^7H^6 . Il semble, en effet, que l'anthracène n'est pas contenu tel quel dans le goudron, mais qu'il ne se forme que pendant la distillation de ce dernier. L'anthracène se rencontre dans les derniers produits de la distillation du goudron de houille et on le trouve principalement dans les produits épais

¹ Voy. *P. Bolley et E. Kopp*, Traité des matières colorantes artificielles, p. 288.

qui passent en dernier lieu à la distillation, et qui autrefois étaient très-employés en Angleterre pour le graissage, sous le nom de *graisse verte*. La graisse verte se compose d'huiles lourdes, d'un peu de naphthaline et d'environ 20 pour 100 d'anthracène, que l'on extrait, comme on l'a dit, page 564 à l'aide de la force centrifuge et d'une forte pression. L'anthracène brut ainsi obtenu contient un certain nombre de carbures d'hydrogène ayant un point d'ébullition très-élevé (fluorène, chrysène, pyrène, rétène) et trois ou quatre hydrocarbures isomères de l'anthracène, qui sont impropres à la production de l'alizarine et donnent lieu à la formation de produits secondaires dans l'alizarine. [L'anthracène n'est pas seulement extrait de la graisse verte, on se sert également pour sa préparation de l'huile de coke obtenue par distillation du brai sec jusqu'à carbonisation; voy. p. 562.]

En 1872, il a été livré au commerce 750,000 kilogrammes d'anthracène à 40 pour 100, représentant une valeur de plus de 5,750,000 francs; cette quantité provenait en majeure partie de l'Angleterre et le reste de la Hollande, de l'Allemagne et de la France.

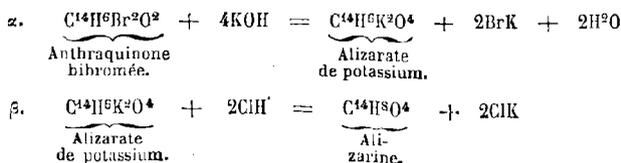
[Pour purifier l'anthracène brut, on l'introduit dans un appareil à déplacement et on l'épuise par l'huile de goudron légère; la masse épuisée est ensuite turbinée, puis chauffée dans un alambic jusqu'à ce qu'elle entre en fusion; les dernières portions de l'huile légère sont ainsi éliminées, et il reste une matière blanc verdâtre analogue à la paraffine et offrant une belle cassure cristalline; cette matière contient environ 95 pour 100 d'anthracène pur et fond entre 205 et 208°. En faisant cristalliser à plusieurs reprises ce produit dans l'alcool bouillant, comprimant les cristaux obtenus et les sublimant, on obtient l'anthracène tout à fait pur.]

L'anthracène pur se présente sous forme de petites lamelles rhomboïdales blanches, inodores et insipides, qui fondent à 240° et ne commencent à distiller qu'à 315 ou 320°; l'anthracène est peu soluble dans l'alcool et assez soluble dans la benzine et dans l'éther; il se dissout plus facilement dans le sulfure de carbone et dans l'acide acétique concentré; avec l'acide picrique il forme une combinaison cristalline rouge rubis.

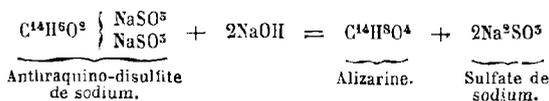
Alizarine artificielle. — Lorsqu'on soumet l'anthracène à l'influence des agents oxydants il se transforme en anthraquinone (oxanthracène, oxyphotène) $C^{14}H^{10}O^2$, qui par voie indirecte est convertie en *alizarine* (rouge d'anthracène, dihydroxylanthraquinone) $C^{14}H^8O^4 = C^{14}H^6 \left\{ \begin{matrix} O^2 \\ (OH)^2 \end{matrix} \right.$. Bien que, comme l'a montré V. Wartha (1870), il soit possible de transformer l'anthraquinone en alizarine par oxydation directe, la voie indirecte semble cependant devoir être toujours préférée dans la pratique.

D'après la méthode primitivement employée pour la préparation de l'*alizarine*, l'*anthraquinone* $C^{14}H^{10}O^2$, obtenue par l'action d'agents oxydants comme l'acide azotique, sur l'anthracène, était transformée en anthraquinone bibromée $C^{14}H^6Br^2O^2$ et cette dernière, chauffée avec de la potasse ou de la soude caustique à la température de 180 à 200°, était convertie en alizarate

de potassium, duquel on précipitait l'alizarine par l'acide chlorhydrique :



D'après un *deuxième* procédé (qui est maintenant le plus employé), on prépare l'alizarine en traitant 1 partie d'anthraquinone par 4 ou 5 parties d'acide sulfurique (poids spécifique = 1,84), à une température de 270 à 290°; l'acide *anthraquino-disulfureux* $C^{14}H^6O^2 \left\{ \begin{array}{l} HSO^5 \\ HSO^5 \end{array} \right.$ ainsi obtenu est ensuite neutralisé par le carbonate de calcium, le sulfate de calcium est séparé par filtration et le liquide est mélangé avec du carbonate de potassium, jusqu'à ce que toute la chaux soit précipitée. Le liquide clair est évaporé à sec, et en chauffant la masse saline obtenue avec de la soude caustique, on la transforme en alizarate de sodium, duquel on sépare l'alizarine par des acides :



D'après un *troisième* procédé, on évite la formation de l'anthraquinone et l'on se sert directement de l'anthracène, que l'on convertit en *acide anthraquino-disulfureux* $C^{14}H^8 \left\{ \begin{array}{l} HSO^5 \\ HSO^5 \end{array} \right.$, en le chauffant pendant 3 heures à 150° avec 4 parties d'acide sulfurique concentré. L'acide anthraquino-disulfureux est étendu avec de l'eau et traité par certaines substances oxydantes (peroxyde de manganèse, peroxyde de plomb, acide chromique, acide azotique). Le liquide acide est mélangé avec du carbonate de calcium, qui précipite l'acide sulfurique libre, ainsi que le manganèse, lorsqu'on emploie le peroxyde de ce métal. Par filtration et pressage on sépare tout ce qui est insoluble et l'on obtient une solution d'anthraquino-disulfite de calcium, que l'on transforme, par le carbonate de sodium, en la combinaison sodique correspondante. Cette dernière est convertie en alizarine par fusion avec de l'hydroxyde de sodium.

[*Fabrication industrielle de l'alizarine.* — La préparation en grand de l'alizarine, telle qu'elle se pratique maintenant dans la fabrique de *Bindschedler* et *Busch* à Bâle, s'effectue, d'après *Ad. Kopp*, de la manière suivante :

Pour transformer l'anthracène en *anthraquinone*, on mélange, dans une grande cuve en bois doublée de plomb et munie d'un agitateur, 200 kilogrammes d'anthracène à 50 ou 60 p. 100, sublimé et broyé à l'état de pâte, avec 3,000 litres d'eau chauffée à l'ébullition et contenant en dissolution

192 kilogrammes de bichromate de potassium. Cela fait, on laisse couler en agitant continuellement en un filet très-mince 272 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°, dilués à 30° B. Quand tout le bichromate est décomposé, on filtre la masse, pour séparer l'antraquinone. On obtient ainsi environ 250 kilogrammes d'antraquinone brute, qui après turbinage, lavage et dessiccation, se présente sous forme d'une poudre rouge jaunâtre. (Les eaux-mères contenant les sulfates de chrome et de potassium sont évaporées et traitées pour régénérer le chrome.) Pour purifier l'antraquinone, on chauffe, dans une chaudière en fonte, à 80°, 600 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° B. et l'on ajoute peu à peu 220 kilogrammes du produit brut; la température s'élève à 100°, on la maintient à ce degré, sans le dépasser, jusqu'à ce que l'antraquinone soit dissoute et qu'un échantillon de la masse projeté dans l'eau donne un précipité blanc. On verse alors le contenu de la chaudière dans des moules en plomb et l'on obtient après refroidissement une masse cristalline noire qu'on fait bouillir avec 20 fois son poids d'eau; la solution est soumise à l'action d'un filtre-pressé et l'antraquinone qui reste est lavée. Le produit ainsi obtenu offre une teinte grise et une structure cristalline, et renferme 90 p. 100 d'antraquinone pure. L'antraquinone brute peut également être purifiée par sublimation ou par lavage avec une solution bouillante et diluée de carbonate de sodium; ces deux méthodes fournissent un produit plus pur; avec la première on arrive à 98 p. 100 d'antraquinone et avec la seconde à 93 ou 96 p. 100.

Pour préparer les *dérivés sulfoconjugués de l'antraquinone*, on procède de la façon suivante : Dans une chaudière émaillée, munie d'un agitateur et chauffée au bain d'huile, on mélange, si l'on veut obtenir ultérieurement l'*alizarine à reflet bleu*, 100 kilogrammes d'antraquinone avec 100 kilogrammes d'acide sulfurique à 45 p. 100 d'anhydride. On élève peu à peu la température et on la maintient pendant une heure à 160°, puis on verse le contenu de la chaudière dans l'eau bouillante, on fait bouillir encore quelque temps et l'on fait passer le liquide dans un filtre-pressé, afin de séparer l'antraquinone non dissoute. Les solutions découlant de la presse contiennent surtout de l'acide anthraquino-monosulfureux et très-peu d'acide disulfureux. Pour séparer ces acides, on sature les solutions avec une lessive de soude caustique, et il se précipite en paillettes blanches nacrées le sel sodique de l'acide anthraquino-sulfureux, qui après plusieurs recristallisations est transformé en alizarine à reflet bleu par fusion avec de soude caustique. Les eaux-mères contiennent la combinaison sodique de l'acide disulfureux avec un peu de monosulfite; on les concentre, et l'antraquino-monosulfite de sodium se précipite par refroidissement. Les dernières eaux-mères obtenues renferment, outre du sulfate de sodium, de l'antraquino-disulfite de sodium presque pur; en les concentrant à 30° B., la plus grande partie du sulfate se sépare par cristallisation, et la solution filtrée et évaporée est employée pour la préparation de l'alizarine à reflet jaune. Lorsqu'on veut obtenir seulement de l'*alizarine à reflet jaune*, on chauffe en agitant continuellement, à 160-170°, 100 kilogrammes d'antraquinone avec 200 kilogrammes d'acide sulfurique

fumant à 45 p. 100 d'anhydride et l'on maintient le mélange à cette température jusqu'à ce que quelques gouttes se dissolvent complètement dans l'eau. On continue de chauffer encore pendant une heure et l'on verse la masse dans l'eau ; lorsque tout s'est dissous, on neutralise l'acide anthraquinodisulfureux ainsi obtenu avec de la soude caustique.

La fusion avec la soude caustique des sels à acides sulfoconjugués, préparés comme il vient d'être dit, en vue de leur transformation en *alizarine*, s'effectue dans des chaudières en fonte chauffées au bain d'huile ou mieux sous pression dans des autoclaves munis d'agitateurs mécaniques. On introduit dans ces vases une partie des sels et trois parties de soude caustique, puis 2 ou 14 p. 100 de chlorate de potassium, suivant que l'on traite de l'antraquinodisulfite ou de l'antraquinomonosulfite, enfin on ajoute assez d'eau pour obtenir une pâte liquide. L'agitateur est mis en mouvement et la température du mélange est portée à 165-170°. Au bout de deux ou trois jours, on retire de temps en temps des échantillons afin de s'assurer qu'il n'existe plus de produits intermédiaires (oxyanthraquinone, etc.) entre la quinone et l'alizarine, et dans ce but on ajoute de la chaux à l'échantillon, on chauffe, on filtre, l'oxyanthraquinone se dissout, tandis que l'alizarine est insoluble dans le lait de chaux. Le contenu de la chaudière est alors versé dans de grands vases où se trouve assez d'eau pour que, après la dissolution complète de l'alizarate de sodium, on ait une solution marquant 10° B. On fait couler cette dernière dans de grandes cuves en bois et l'on précipite à chaud l'alizarine au moyen d'acide sulfurique ou chlorhydrique ; le précipité doit être d'un beau jaune, on l'exprime dans des filtres-presses, on l'y lave jusqu'à complète neutralisation, et on le livre au commerce sous forme de pâte, enfermée dans des boîtes en zinc, comme alizarine à 10 ou 20 p. 100.]

Il n'est pas douteux que non-seulement l'anthracène puisse être par d'autres moyens transformé en alizarine, mais encore que l'on réussira, dans un temps plus ou moins éloigné, à préparer à peu de frais l'anthracène et le rouge d'anthracène avec les autres hydrocarbures du goudron de houille (acétylène, benzène, toluène, naphthaline). La formation synthétique de l'alizarine avec l'acide phtalique et la pyrocatechine (voy. p. 585), effectuée par *Baeyer* et *Caro*, offre un grand intérêt.

La fabrication en grand de l'alizarine artificielle, dont se sont occupés, outre les inventeurs *Graebe* et *Liebermann*, *J. Gessert*, d'Elberfeld (maintenant la Société industrielle de produits chimiques), *Bronner* et *Gutzkow*, de Francfort-sur-le-Mein, *Brüning*, de Höchst, *Greiff*, de Cologne, *Perkin*, de Londres, et autres, forme une des plus belles pages dans l'histoire de la technologie chimique et l'on peut prévoir que dans un petit nombre d'années elle fera une concurrence redoutable à la culture de la garance et à la fabrication de la garancine. L'Allemagne compte maintenant (1878) huit fabriques d'alizarine ; il y en a une en Bohême, une en Suisse, une en France, à Avignon, et une en Angleterre. La production totale s'est élevée, en 1875, à 1,100,000 kilogr. d'alizarine en pâte, à 10 pour 100, représentant une valeur de 15 millions de francs ; 750,000 kilogr. avaient été fabriqués par l'Allemagne et 300,000

environ par l'Angleterre. En 1874, la valeur de l'alizarine, produite artificiellement, a atteint 22,500,000 à 26,750,000 francs. En 1876, l'Allemagne seule a fourni 4 millions de kilogr. d'alizarine à 10 pour 100, ce qui représente, au prix moyen de 5 francs le kilogr., une somme de 20 millions de francs.

Anthrapurpurine. — L'alizarine artificielle préparée avec l'anthracène contient, indépendamment de l'alizarine et à côté des dérivés des hydrocarbures isomères renfermés dans l'anthracène brut, une deuxième matière colorante, isomère de la purpurine de la garance (voy. *Garance*); cette matière, découverte par *Perkin* et appelée par lui *anthrapurpurine* $C^{14}H^8O^3$, peut être regardée comme de l'anthraquinone dans laquelle 3 atomes de H sont remplacés par 3 molécules OH, par conséquent $C^{14}H^5O^5 = C^{14}H^8O^3, (OH)^3$. [Pour isoler l'anthrapurpurine, on dissout la pâte d'alizarine dans le carbonate de sodium étendu, on filtre et on agite la solution avec de l'alumine fraîchement précipitée et lavée. L'alizarine se sépare à l'état de laque insoluble, tandis que l'anthrapurpurine reste en solution; la liqueur filtrée et sursaturée par l'acide chlorhydrique laisse déposer des flocons d'anthrapurpurine impure qu'on recueille sur un filtre et qu'on fait bouillir avec de l'alcool; le résidu est traité par une solution alcoolique bouillante de soude et ainsi transformé en une combinaison d'anthrapurpurine et de soude, qu'on lave avec de la soude alcoolique, qu'on dissout dans l'eau bouillante, puis qu'on précipite par le chlorure de baryum. La combinaison barytique ainsi produite est recueillie sur un filtre, lavée plusieurs fois à l'eau chaude et décomposée par le carbonate de sodium; on a alors une solution pourprée qu'on filtre et de laquelle on précipite l'anthrapurpurine par l'acide chlorhydrique. L'anthrapurpurine pure ainsi obtenue est dissoute dans l'acide acétique bouillant, d'où elle se sépare en aiguilles orangées. L'anthrapurpurine est peu soluble dans l'alcool et l'éther, plus soluble dans l'acide acétique, peu soluble dans l'eau; les alcalis caustiques la dissolvent avec une belle coloration violette, que la chaleur fait passer au bleu. Employée en teinture, notamment pour le rouge turc, elle donne des nuances écarlates magnifiques d'une grande solidité. — L'*isopurpurine*, découverte par *G. Auerbach* dans l'alizarine à reflets jaunes, est identique avec l'anthrapurpurine.] — L'*acide anthraflavique* (ayant pour formule $C^{15}H^{15}H^4$, d'après *E. Schunk*), qui se trouve dans certaines espèces d'alizarine, est dépourvu de pouvoir colorant.

[**Nitroalizarine ou orange d'alizarine.** — *Strobel* (1874) a observé qu'un tissu teint en rouge de garance ou en rouge d'alizarine artificielle prend une couleur orange, très-vive et très-solide, lorsqu'on l'expose à l'action de vapeurs nitreuses. *Rosenstiehl* (1876) s'est assuré que c'est l'alizarine seule qui donne naissance à cette coloration, la purpurine et l'isopurpurine (qui se trouvent dans la garance et dans l'alizarine artificielle : voy. plus loin) étant presque complètement détruites par les vapeurs nitreuses; le même chimiste a en outre montré que la composition de la matière orange (*orange d'alizarine*) ainsi produite correspond à celle de la *mononitroalizarine* $C^{14}H^7(AzO^3)O^4$. L'orange d'alizarine, qui est maintenant fourni par différentes

fabriques à l'état de pâte à 15 p. 100, peut être préparé en suivant l'une des méthodes indiquées récemment (1877) par *H. Caro*. Une couche mince d'alizarine du commerce ayant été étendue sur le plancher d'une chambre close, on fait arriver dans celle-ci des vapeurs nitreuses, jusqu'à ce que l'alizarine soit complètement transformée en la matière orange, ou bien on dissout l'alizarine dans l'éther, l'acide acétique cristallisable, l'acide sulfurique (poids spécifique 1,848), le pétrole ou la nitrobenzine et l'on fait passer dans la dissolution exposée à l'action d'une douce chaleur, un courant d'acide nitreux. Si l'on choisit comme dissolvant la nitrobenzine, on prend 20 parties de celle-ci pour 1 partie d'alizarine, et l'on continue le traitement par l'acide nitreux jusqu'à ce que le gaz ne soit plus absorbé. On sépare la matière colorante par évaporation du dissolvant ou bien on la précipite par une lessive alcaline caustique et l'on décompose le précipité à l'aide d'un acide. Pour purifier l'orange d'alizarine ainsi obtenu, on le redissout dans un alcali caustique, on le précipite de nouveau par un acide, on filtre et on lave le précipité; ce traitement doit être répété plusieurs fois si l'on veut avoir le produit chimiquement pur. Lorsqu'on emploie pour dissoudre l'alizarine l'acide acétique cristallisable, il faut ajouter à la dissolution de l'acide azotique d'un poids spécifique de 1,38, et dans le cas où l'on se sert de l'acide sulfurique, l'acide azotique peut être ajouté soit à l'état libre soit à l'état d'azotate. La nitroalizarine ou orange d'alizarine se présente sous forme de paillettes orangées à reflets verts solubles dans le chloroforme, peu solubles dans l'eau, et solubles dans les différents dissolvants neutres et dans les acides acétique et sulfurique; elle fond vers 250° et se sublime à une température plus élevée en se détruisant en grande partie. Avec les mordants d'alumine la nitrolizarine donne un orange rougeâtre, assez terne après lavage, mais devenant très-vif après savonnage; avec les mordants de chrome on obtient des grenats.]

[**Alizarine bleue et alizarine brune.** — D'après *Prud'homme* (1877), la nitroalizarine, traitée à chaud par la glycérine anhydre et de l'acide sulfurique à 66° B., donne naissance à deux matières colorantes, dont la plus remarquable est maintenant préparée industriellement par la fabrique d'alizarine de Ludwigshafen et livrée au commerce sous forme d'une pâte fluide de couleur violet-brunâtre. Pour préparer cette nouvelle matière colorante, qui a reçu le nom d'*alizarine bleue*, on procède, d'après *Koch*, de la manière suivante : on chauffe à 200° parties égales d'acide sulfurique et de glycérine avec un cinquième de leur poids de nitroalizarine desséchée; quand la réaction est terminée, on verse le produit dans de l'eau alcaline, on ajoute de la poudre de zinc et l'on chauffe, la solution se réduit, on filtre et on précipite l'alizarine bleue en faisant passer un courant d'air dans la liqueur filtrée. Suivant *H. Brunck* (1878), l'alizarine bleue offre les propriétés suivantes : elle se sublime en cristaux noirs, comme ceux de l'indigotine, en émettant des vapeurs d'un violet rouge; elle est presque insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, plus soluble dans l'acide acétique; dans les alcalis elle se dissout avec une coloration bleue; les acides concentrés la dissolvent avec

une belle coloration rouge. Les couleurs qu'elle donne par teinture et impression résistent bien au savon, aux acidulages, au chlore et à la lumière. La fabrique de Ludwigshafen prépare également, sous le nom d'*alizerine brune*, une autre matière colorante qu'elle obtient en chauffant la nitroalizarine avec de la soude en présence d'un sel d'étain ou mieux d'hyposulfite de sodium. Fixée au ferricyanure de potassium ou à l'acétate de chrome, l'alizerine brune donne des nuances claires noires, grises ou olives solides.]

[**Purpurine artificielle.** — En soumettant l'alizerine $C^{14}H^{20}O^4$ à l'action des agents oxydants, *F. de Lalande* est parvenu récemment (1874) à réaliser la synthèse de la purpurine $C^{14}H^{20}O^5$, matière colorante qui se trouve dans la garance à côté de l'alizerine (voy. *Garance*). L'oxydation peut être effectuée par l'acide arsénique, l'acide antimonique, le peroxyde de manganèse, l'acide stannique, etc., en présence de l'acide sulfurique. Avec l'acide arsénique on procède de la manière suivante : 110 parties d'alizerine desséchées sont chauffées avec 50 à 100 parties d'acide arsénique sec et 800 ou 1000 parties d'acide sulfurique à 66° B. ; on élève progressivement la température jusqu'à 150 ou 160°, jusqu'à ce qu'une goutte du mélange versée dans une solution de soude caustique étendue produise une coloration rouge foncée, après quoi on étend la masse liquide avec 20 ou 30 fois son volume d'eau. on chauffe encore pendant quelque temps et l'on filtre pour séparer la purpurine; celle-ci peut après lavage être immédiatement employée pour la teinture. *Ad. Baeyer* et *H. Caro* (1875) ont converti par un procédé analogue la quinizarine ou purpurine.]

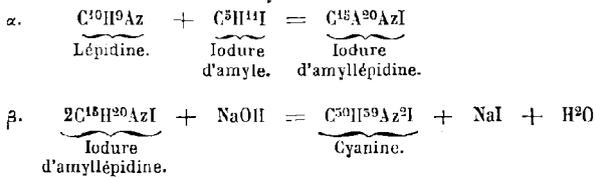
VI. Couleurs de cinchonine.

Cyanine ou bleu de lépidine. — Aux couleurs extraites du goudron se rattachent immédiatement les pigments dérivés de certains alcaloïdes, notamment de la cinchonine que l'on obtient en grande quantité dans la fabrication de la quinine. La cinchonine est distillée avec un excès d'hydrate de soude; il passe environ 65 pour 100 de chinoline brute (huile de chinoline), qui est un mélange de huit bases homologues :

Chinoline.	$C^9 H^7 Az$
Lépidine.	$C^{10} H^9 Az$
Cryptidine ou dispoline.	$C^{11} H^{11} Az$
Tétrahiroline.	$C^{12} H^{13} Az$
Pentahiroline.	$C^{13} H^{15} Az$
Isoline.	$C^{14} H^{17} Az$
Ettidine.	$C^{15} H^{19} Az$
Validine.	$C^{16} H^{21} Az$

La lépidine est le principe dominant. Si l'on chauffe l'huile de chinoline avec de l'iode d'amyle, il se forme une combinaison des deux corps, l'iode d'amylolépidine, de laquelle on extrait à l'aide de la soude une couleur d'un bleu magnifique, la *cyanine* ou *bleu de lépidine* (bleu de chinoline) $C^{20} H^{29} Az^2 I$. La cyanine forme des cristaux à éclat métallique vert et

reflet jaune d'or, qui se dissolvent difficilement dans l'eau et facilement dans l'alcool. Les teintes produites sur laine et sur soie avec la cyanine sont extrêmement brillantes, mais malheureusement elles sont si sensibles à la lumière que la couleur est détruite en quelques heures par la lumière solaire directe¹. La formation de la cyanine peut être représentée par les équations suivantes :



VII. Couleurs de résorcine.

La *résorcine* (parabioxybenzol) $\text{C}^6\text{H}^6\text{O}^2$, découverte par *Illasiwetz* et *Barth*, se forme lorsqu'on fait agir un alcali en fusion sur différentes résines (galbanum, gomme ammoniaque), ainsi que sur quelques extraits de bois colorés (extrait de bois de sapan). Elle prend également naissance sous l'influence de la même réaction, aux dépens de l'acide disulfobenzolique, de l'acide parasulfophénique et (d'après *Körner*) du para-iodure de phénol. La résorcine se présente sous forme de cristaux rhombiques; elle fond à 104° et entre en ébullition à 271°; elle est soluble dans l'eau et possède une saveur douceâtre. Soumise à l'influence de l'acide azoteux, elle donne naissance, d'après *Weselsky*, à des dérivés magnifiquement colorés, qui, dès que l'on aura réussi à préparer de la résorcine à peu de frais avec le phénol, seront employés dans l'industrie à côté des couleurs d'aniline. Lorsqu'on chauffe à 210° pendant une heure 100 parties de résorcine avec 75 parties d'anhydride phtalique (d'après *Ad. Bayer*), la *fluorescéine* (phtaléine de la résorcine) $\text{C}^{20}\text{H}^{12}\text{O}^5$ prend naissance, et celle-ci, traitée par le brome, donne la *fluorescéine tétrabromée* ou *éosine* $\text{C}^{20}\text{H}^8\text{Br}^4\text{O}^5$, qui est employée en grande quantité comme couleur rouge écarlate (voy. p. 590). Parmi les matières colorantes rouges, violettes et bleues préparées jusqu'à présent, nous mentionnerons les suivantes :

Diazorésorcine.	$\text{C}^{18}\text{H}^{12}\text{Az}^2\text{O}^6$
Diazorésorufine.	$\text{C}^{56}\text{H}^{18}\text{Az}^4\text{O}^9$
Tétrazorésorcine	$\text{C}^{18}\text{H}^{16}\text{Az}^7\text{O}^{15}$
Tétrazorésorufine.	$\text{C}^{56}\text{H}^{18}\text{Az}^8\text{O}^{19}$
Fluorescéine.	$\text{C}^{20}\text{H}^{12}\text{O}^5$
Eosine (fluorescéine tétrabromée).	$\text{C}^{20}\text{H}^7\text{Br}^4\text{O}^5$

¹ *Ballo* a observé (1872) que la chinoline (leukoline) du goudron de houille peut, contrairement aux indications de *Williams*, fournir également de la cyanine; cette observation est très-importante pour la préparation de la cyanine en grand.

[La fluorescéine tétrabromée (éosine) en dissolution alcaline, traitée à l'ébullition par le nitrate de sodium et l'acide sulfurique à 60° B., donne un précipité qui, dissous dans la soude caustique faible et évaporé, fournit une nouvelle matière colorante rouge appelée *safrosine*, qui porte aussi dans le commerce le nom d'*écarlate lutécienne*, de *nopaline* ou de *coccine*.]

VIII. Couleurs d'acide urique.

Murexide. — Parmi les nombreux produits de décomposition de l'acide urique, on trouve l'*acide purpurique* $C^8H^5Az^5O^6$, dont le sel ammoniacal est connu sous le nom de *murexide* $C^8H^5Az^5O^6$, AzH^5 . On l'obtient en traitant avec précaution l'acide urique par l'acide azotique, évaporant le liquide et ajoutant de l'ammoniaque au résidu. La murexide cristallise en lamelles vert métallique, qui se dissolvent dans l'eau avec une couleur pourpre intense. Le produit préparé en grand se compose de murexide, d'azotate d'ammoniaque et de corps bruns, et il porte le nom de *murexide en pâte* ou *carmin de pourpre*. C'est une matière colorante très-riche et qui rend beaucoup (1 gr. de murexide dissous dans 1 litre d'eau suffit pour les teintes les plus foncées). Pour la teinture et l'impression de la laine, du coton et de la soie, on emploie presque exclusivement comme mordants les sels de mercure, de plomb et de zinc. Les teintes produites par la murexide sont vives, brillantes, et elles résistent assez bien à l'action de la lumière; mais elles sont extrêmement sensibles à l'action de l'acide sulfureux. Par suite de l'introduction des couleurs de goudron, la murexide n'est plus employée en teinture.

IX. Couleurs de mercaptan ou cachou de Laval.

E. Croissant et *L. Bretonnière* (de Laval) ont fait connaître en 1874 de nouvelles matières colorantes auxquelles ils ont donné le nom de *cachou de Laval*; pour obtenir ces matières, on chauffe de la sciure de bois, du son, de l'amidon, etc. avec une lessive de soude et du soufre; il reste une masse poreuse noire ayant une forte odeur de mercaptan, qui se dissout facilement dans l'eau en communiquant à ce liquide une coloration brun noir ou brun vert. La solution est colorée en brunâtre ou en noir par tous les sels métalliques. D'après une analyse de *O. Witt* (1874), les nouvelles couleurs sont les sels alcalins de l'acide éthylsulfhydrique ou mercaptan. Leur emploi en teinture est très-simple. On imprègne le tissu avec la solution de la matière colorante et on le plonge dans la solution bouillante d'un précipitant, et la teinte, un brun ou un gris indéterminé, est obtenue.

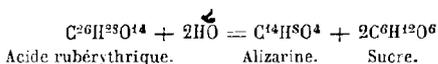
E. Kopp a fait cette observation intéressante, que l'acétate de sodium chauffé avec du soufre presque jusqu'au rouge fournit une masse charbonneuse, de laquelle on peut extraire une matière colorante analogue.

B. MATIÈRES COLORANTES DÉRIVÉES DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX.

Matières colorantes rouges.

Garance. — La garance est la racine d'une plante vivace appartenant au genre *Rubia* (*Rubia tinctorum* dans l'Europe méridionale, centrale et occidentale, *Rubia peregrina* en Orient et *Rubia mungista* [mungeet] aux Indes orientales et au Japon), et qui croît dans l'Europe méridionale et en Asie. La racine est longue de 20 à 25 centimètres, peu ramifiée et un peu plus grosse qu'un tuyau de plume. Elle est recouverte d'un tégument brun, mais elle est rouge-jaune intérieurement. On la rencontre dans le commerce, soit seulement dépouillée de l'écorce et des fibres radicales, soit pulvérisée. Dans ce dernier cas elle se présente sous forme d'une poudre grossière, rouge-jaune, d'une odeur forte particulière et que l'on doit conserver en la préservant soigneusement contre l'action de l'air et de la lumière. La meilleure sorte de garance est celle du Levant (de Smyrne, de Chypre), qui dans le commerce se rencontre non moulue sous le nom de *lizari* ou d'*alizari*. La garance hollandaise est dite *décortiquée*, si l'on a enlevé la couche corticale et même, comme cela se fait quelquefois, la partie intérieure. Elle est dite *non décortiquée*, lorsqu'elle a été moulue sans élimination préalable de l'écorce. Sous le nom de *garance nulle* on désigne la sorte la plus mauvaise, qui se compose de poussière et de débris. [La garance est cultivée surtout en France (près d'Avignon), en Hollande, en Allemagne (Silésie et Palatinat), en Alsace, en Italie (près de Naples), en Espagne, en Russie et en Turquie (près de Smyrne). Le commerce de cette racine est estimé en France à 50 millions de francs par an. La valeur de celle qui est produite dans les autres pays s'élève à peu près à la même somme, de sorte que la production annuelle représente 60 millions de francs.]

La racine de la garance renferme outre les matières colorantes une quantité notable de sucre¹. [Dans la racine fraîche de garance on ne rencontre que quelques glucosides qui, sous l'influence de l'eau et d'un ferment contenu dans la plante, se dédoublent avec la plus grande facilité en sucre fermentescible et en matières colorantes. L'un de ces glucosides, l'*acide rubérythrique*, donne naissance à l'*alizarine*, le principal pigment de la garance :



Suivant *Schützenberger* et *Schieffert* (1864), les principes colorants résultant du dédoublement des glucosides sont au nombre de quatre : l'*alizarine*, la *pseudo-purpurine*, la *purpurine* et la *purpurine hydratée* ou *matière orangée* ;

¹ W. Stein a trouvé (1869) dans la racine fraîche de garance jusqu'à 8 0/0 de sucre de canne, et Fr. Kuhlmann (1825) a rencontré dans une garance d'Alsace jusqu'à 16 0/0 de sucre fermentescible.

mais comme la pseudo-purpurine donne très-facilement naissance à la purpurine et à la purpurine hydratée, on peut, d'après *Rosensthiel* (1875), la considérer comme la génératrice de ces deux matières, ce qui réduirait le nombre des principes colorants primitifs de la garance à deux : l'*alizarine* et la *pseudo-purpurine*.

Pour extraire l'*alizarine*, *E. Kopp* fait passer un courant de vapeur chauffée à environ 250° sur de la garance contenue dans un cylindre en cuivre. L'*alizarine* sublime et est entraînée par la vapeur d'eau sous forme d'un gaz orangé, qui se condense en une poudre de même couleur. L'*alizarine* ainsi obtenue n'est pas chimiquement pure, mais elle est tout à fait convenable pour la teinture et l'impression des tissus. Lorsqu'on veut l'obtenir à l'état pur et cristallisé, on peut procéder de la manière suivante : on étale au fond d'un petit creuset de porcelaine de l'*alizarine* commerciale, de l'extrait alcoolique de garance ou tout autre substance riche en *alizarine*, on recouvre le creuset d'une feuille de papier Joseph et de son couvercle, et l'on chauffe au bain de sable à 250° le fond du creuset; au bout d'une demi-heure et après refroidissement, on trouve dans l'intérieur du vase un lacis de longues et belles aiguilles d'*alizarine* de couleur rouge-orange.]

D'après les recherches de *Graebe* et *Liebermann*, l'*alizarine* est un dérivé de l'anthracène $C^{14}H^{10}$ ou de l'antraquinone $C^{14}H^8O^2$ et elle a pour formule $C^{14}H^8O^4$ ou $C^{14}H^6 \begin{cases} O^2 \\ (OH)^2 \end{cases}$ (= dioxyantraquinone). Les chimistes que l'on vient de nommer ont réussi (1869) à convertir artificiellement l'anthracène en *alizarine* (voy. p. 592). L'*alizarine* cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune d'or foncé avec trois molécules d'eau, qui se dégagent à 100°. Elle se dissout difficilement dans l'eau, facilement dans l'alcool et dans l'éther. Elle se dissout dans les alcalis avec une couleur violet foncé. Les sels de calcium et de baryum donnent dans cette dissolution des précipités bleus. Elle est précipitée en rouge (*laque de garance*) par les sels d'alumine et le sel d'étain et en noir violet par les sels de peroxyde de fer. Sur cette propriété qu'offre l'*alizarine* de produire des combinaisons métalliques colorées insolubles, repose l'emploi de la garance dans la teinture et l'impression des tissus.

[Les nuances que l'on obtient avec l'*alizarine* de la garance et avec l'*alizarine* artificielle sont différentes, même si l'on a soin d'employer des substances purifiées par sublimation ou cristallisation. *Rosensthiel* a montré récemment (1875) que cette différence est due à ce que l'*alizarine* de la garance renferme toujours une certaine quantité de purpurine, et après avoir détruit celle-ci en chauffant l'*alizarine* à 200° dans un autoclave avec de l'eau légèrement alcaline, il a obtenu un produit fournissant des nuances identiques à celles de l'*alizarine* artificielle.

La *pseudo-purpurine* $C^{14}H^8O^6$ peut être extraite directement de la racine de la garance ou bien de la purpurine commerciale. Pour l'obtenir avec la purpurine, on épuise celle-ci par l'alcool absolu bouillant, dans lequel elle est insoluble, et on dissout le résidu dans la benzine bouillante, d'où elle se dépose sous forme d'une poudre cristalline rouge-brûlée. Lorsqu'on sublime

la pseudo-purpurine elle se change en purpurine, lorsqu'on la chauffe à 200° ou seulement 80° et en présence de l'alcool, de l'alun, des acides acétique et sulfurique étendus ou même lorsqu'on la fait bouillir pendant 3 ou 4 heures avec de l'eau pure, elle se transforme en purpurine et en purpurine hydratée.

Pour obtenir la *purpurine* et la *purpurine hydratée*, on fait bouillir de la pseudo-purpurine pure avec de l'eau distillée ou de l'alcool à 90°; par un lavage à l'eau, on enlève une matière jaune (la purpuroxanthine) qui s'est produite en même temps; par l'alcool faible, on sépare la purpurine hydratée et l'on fait cristalliser la purpurine dans l'alcool bouillant à 90°. La *purpurine* ($C^{14}H^{10}O^5$ ou $C^{14}H^5 \left\{ \begin{array}{l} O^2 \\ (OH)^2 \end{array} \right. =$ trihydroxylantraquinone)¹ offre une teinte plus rouge que l'alizarine; elle sublime vers 250°, en se décomposant partiellement. La purpurine sublimée dissoute dans l'alcool bouillant se dépose en belles aiguilles cristallines rouges un peu orangées. Elle est plus soluble dans l'eau que l'alizarine, elle est soluble dans la benzine, l'éther, les acides sulfurique et acétique; elle est dissoute par les alcalis avec une coloration rouge pourpre caractéristique. La *purpurine hydratée* ou *matière orangée* $C^{14}H^{10}O^6$, très-difficile à obtenir exempte de purpurine, est insoluble dans la benzine bouillante, très-soluble dans l'alcool tiède, d'où elle se sépare sous forme de grumeaux cristallins ou de petites lamelles orangées, un peu solubles dans l'eau bouillante.] Dans la garance des Indes Orientales (*Rubia munjista*) on trouve, à côté de la purpurine, la *munjistine* $C^{16}H^{12}O^6$, qui en teinture se comporte comme l'alizarine.

Laque de garance et fleur de garance. — La *laque de garance* est une combinaison d'alizarine et de purpurine avec des sels basiques d'aluminium; pour la préparer on épuise avec une solution d'alun de la garance lavée et l'on précipite le liquide par le carbonate de sodium ou le borax; le précipité est ensuite lavé et desséché. On obtient la *fleur de garance* en lavant à l'eau froide légèrement acidulée la garance moulue et la laissant ensuite fermenter; on l'emploie tout comme la garance, sur laquelle elle a l'avantage de ne pas perdre en pouvoir tinctorial par suite d'un abaissement de la température du bain. Le lavage de la garance a pour effet d'éliminer les principes solubles, mucilagineux, sucrés, qui accompagnent les matières colorantes²; 100 kilogrammes de garance donnent de 45 à 60 kilogrammes de fleur. Si l'on épuise la fleur de garance avec de l'esprit de bois bouillant, si l'on filtre l'extrait et si l'on ajoute de l'eau distillée, on obtient un précipité jaune abondant. Ce précipité lavé avec de l'eau et desséché porte le nom

¹ D'après *F. de Lalande* (1874), la purpurine n'est pas de la trihydroxylantraquinone, mais, simplement un produit d'oxydation de l'alizarine. Il a réussi (voy. p. 598) à transformer l'alizarine en purpurine en la soumettant à l'action des agents oxydants.

² [Les liquides sucrés provenant du lavage de la garance sont recueillis dans des bassins et abandonnés à eux-mêmes à une température de 20 à 25°. Ils ne tardent pas à entrer en fermentation alcoolique et lorsque au bout de 4 à 5 jours celle-ci est terminée, on procède à la distillation afin de séparer l'alcool; 100 kilogr. de poudre de garance fournissent de 7 à 10 litres d'alcool à 89°].

d'*azale* (de *azala*, nom arabe de la garance) et il a été proposé en France pour la teinture. Il est probable que ce corps n'est autre chose que de l'alizarine brute.

Garancine et garanceux. — La *garancine* (charbon de garance) est une préparation de garance qui contient sous une forme concentrée et facilement soluble tous les éléments qui agissent en teinture. Pour la préparer, on arrose avec 1/2 partie d'acide sulfurique concentré et 1 partie d'eau de la garance finement moulue et humectée, on chauffe le mélange à 100° pendant environ une heure, on lave la masse pour en éliminer tout l'acide, on comprime et on fait sécher. Les substances nuisibles pour la teinture sont détruites par l'acide sulfurique et entraînées par le lavage subséquent, tandis que les matières colorantes restent avec les substances organiques en partie carbonisées. On peut admettre que, en moyenne, 5 ou 4 parties de garance peuvent être remplacées par 1 partie de garancine. Comme la garance employée à teindre n'a pas perdu complètement ses matières colorantes, on filtre le liquide du bain de teinture pour en séparer le résidu et l'on traite celui-ci avec 1/5 de son poids d'acide sulfurique anglais. La masse est lavée et séchée comme la garancine. Elle porte le nom de *garanceux* et elle est, on le comprend, inférieure à la garancine en pouvoir tinctorial.

[*Alizarine commerciale ou pincoffine.* — L'alizarine commerciale, désignée sous le nom de *pincoffine*, s'obtient en soumettant à l'action de la vapeur d'eau surchauffée de la garancine lavée et aussi neutre que possible. Ce produit se présente sous forme d'une poudre fine, couleur de chocolat ; il est remarquable par la beauté et l'éclat des violets qu'il donne en présence d'un peu de craie ou avec une eau calcaire.]

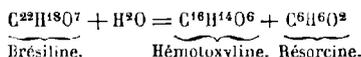
Extraits de garance. — La substance qui se rencontre dans le commerce sous le nom de *colorine* est l'extrait alcoolique évaporé à sec de la garancine, et elle se compose essentiellement d'alizarine mélangée avec de la purpurine, de la matière grasse et d'autres éléments de la garance solubles dans l'alcool. E. Kopp a indiqué, en 1861, pour préparer à l'état pur (au point de vue industriel) les matières colorantes de la garance, un procédé qui consiste à épuiser celle-ci par une solution aqueuse d'*acide sulfureux*. Ces préparations sont déjà très-répandues ; on distingue : l'*alizarine verte*, que l'on extrait de la garance d'Alsace dans la proportion de 3 0/0 et qui, outre l'alizarine, renferme une substance résineuse verte ; l'*alizarine jaune*, de laquelle cette matière verte a été séparée, et la *purpurine commerciale*. [Pour obtenir ces produits, on épuise la garance avec de l'eau contenant 4 à 5 millièmes d'acide sulfureux et 3 à 5 0/0 d'acide sulfurique ou chlorhydrique, on chauffe le liquide ainsi obtenu à 50 ou 60° et au bout de 20 à 30 minutes, il se dépose des flocons rouge-orange, qui constituent la *purpurine commerciale* ; celle-ci, lavée à l'eau froide puis séchée, se présente sous forme de poudre ou d'écailles. Les eaux-mères qui ont donné naissance à la purpurine sont chauffées à l'ébullition pendant une ou deux heures ; au bout de ce temps, elles laissent précipiter une matière pulvérulente vert

noirâtre, qui est l'*alizerine verte*. Enfin, on obtient l'*alizerine jaune* en faisant bouillir pendant un quart d'heure 1 partie d'alizerine verte desséchée avec du pétrole ou de l'huile de schiste; on décante la liqueur devenue claire et, dès que sa température est tombée au-dessous de 100°, on ajoute une solution étendue de soude caustique et on agite vivement. L'alcali s'empare de toute l'alizerine et prend une magnifique coloration violette, et le pétrole surnage tout à fait incolore; on le décante pour l'employer à une autre opération. La liqueur alcaline, saturée par l'acide chlorhydrique ou sulfurique, laisse déposer l'alizerine jaune en flocons épais, qu'on n'a qu'à recueillir sur un filtre, laver avec de l'eau et sécher, ou qu'on laisse à l'état de pâte.] Le pouvoir tinctorial de la purpurine commerciale est 10 fois plus grand que celui de la garance, celui des alizarines verte et jaune de 32 à 36 fois. On obtient en grand d'une bonne garance :

Purpurine commerciale.	1,45 0/0
Alizerine verte.	2,50
Alizerine jaune.	0,52

Bois rouge ou bois de Brésil. — On désigne sous le nom de *bois rouge* ou de *bois de Brésil*, plusieurs espèces de bois tinctoriaux du genre *Cæsalpina*. La meilleure espèce est le bois de Fernambouc, fourni par le *Cæsalpina brasiliensis* ou *crista*, qui est brun-jaune extérieurement, rouge clair intérieurement, pesant et assez dur. Il porte le nom de la ville de Fernambouc (Brésil) dans le voisinage de laquelle il croît abondamment. On le rencontre dans le commerce entier et moulu. Le *bois de sapan* (*Cæsalpina sapan*), qui croît au Japon, est une mauvaise espèce. Le *bois de Lima* ou de *Nicaragua* ou le *bois de Sainte-Marthe* (*Cæsalpina echinata*), ainsi que le *bois de Brésilille* (*Cæsalpina vesicaria*) ont encore moins de valeur. Dans tous ces bois se trouve une matière colorante, la *brésiline* (ayant pour formule, d'après E. Kopp ¹, C²²H¹⁸O⁷), qui cristallise en petites aiguilles incolores, dont la solution aqueuse passe au rouge cramoisi au contact de l'air, transformation qui se produit rapidement à l'ébullition et en présence des alcalis. En teinture on produit à l'aide du bois rouge une belle couleur rouge, mais qui n'est pas solide ². On l'emploie en outre pour la préparation de la laque

¹ Entre la brésiline, l'hémotoxyline et la résorcine il semble y avoir, d'après E. Kopp, les rapports suivants :



En traitant la brésiline par l'acide azotique il se forme de la trinitrorésorcine (acide oxy-picrique, acide styphnique).

² On emploie le bois de Brésil pour la préparation de l'*encre rouge*. On prend dans ce but 250 gr. de bois rouge, 50 gr. d'alun, 50 gr. de crème de tartre et 2 litres d'eau, on fait bouillir jusqu'à ce que le liquide soit réduit à 1 litre et l'on ajoute ensuite au liquide passé 50 gr. de gomme arabique et 50 gr. de sucre candi blanc. On obtient une encre encore plus belle et plus solide en dissolvant 2 décigr. de carmin dans 15 gr. d'ammoniaque et en ajoutant une solution de 1 gr. de gomme arabique dans 45 gr. d'eau. Maintenant on prépare fréquemment l'encre rouge avec des dissolutions de fuchsine

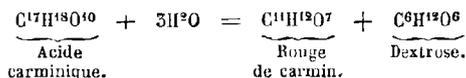
en boules, bien que pour cet usage il soit fréquemment remplacé par les couleurs de goudron rouges et violettes. Avec un alcali en fusion, l'extrait de bois rouge donne de la *résorcine* $C^6H^6O^2$.

Bois de santal. — On rencontre dans le commerce du *bois de santal* (bois de Caliatour) jaune et rouge. Le rouge provient du *Pterocarpus santalinus*, arbre qui croît à Ceylan et aux Indes orientales. On l'importe en bûches fendues en fibres droites et de couleur rouge foncé extérieurement, mais plus claire intérieurement. La matière colorante contenue dans le bois de santal est de nature résineuse et elle porte le nom de *santaline*. D'après une analyse effectuée par H. Weidl en 1869, il se trouve dans ce bois un corps incolore, le *santal* $C^{18}H^{16}O^2$, qui par oxydation se transformerait en santaline; suivant Cazeneuve (1874), on y trouve aussi une autre substance, la *ptérocarpine* $C^{12}H^{10}O^2$, qui se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une couleur rouge de sang. On se sert du bois de santal dans la préparation des vernis colorés, du vernis pour meubles, pour teindre la laine en brun, le cuir en rouge, pour préparer des poudres dentifrices, etc. La même matière colorante se trouve dans le *barwood* ou *camwood*, qui est fourni par le *Baphia nitida*, arbre croissant en Afrique. Ce bois contiendrait 25 0/0 de santaline, tandis que le bois de santal n'en renferme que 16 0/0.

Carthame. — Le *carthame* ou *safflor* se compose des pétales desséchés du *Carthamus tinctorius* (synanthérés), qui est cultivé aux Indes orientales, en Égypte, dans les contrées méridionales de l'Europe, ainsi qu'en Allemagne. Le carthame contient une matière colorante rouge insoluble dans l'eau (carthamine) et une jaune qui se dissout dans ce liquide. Moins le carthame contient de semences, de poussière, etc., plus sa couleur rouge de feu est foncée, meilleur il est. La *carthamine* ($C^{14}H^{16}O^7$) ou *rouge végétal* se prépare de la manière suivante. On épuise le carthame avec une solution très-étendue de carbonate de sodium, on plonge dans la solution des écheveaux de coton et on neutralise l'alcali avec du vinaigre ou de l'acide sulfurique étendu. Les écheveaux teints en rouge sont ensuite lavés, puis traités par une solution de carbonate de sodium, et celle-ci est précipitée par un acide. Le précipité ainsi obtenu est lavé et desséché sur des assiettes. La carthamine se présente sous forme d'écaillés minces de couleur vert doré par réflexion et rouges par transparence. La carthamine purifiée par dissolution et précipitation porte le nom de *carmin de carthame*; mélangée avec du talc pulvérisé, elle est employée comme *fard rouge*. Le carthame sert dans la teinture de la soie; mais la couleur rouge que l'on obtient passe très-vite. Depuis la découverte de la safranine, du rouge de Magdala et de l'éosine, le carthame n'est plus guère employé.

mélangées avec de la gomme arabique et un peu d'alun, ou bien en dissolvant de l'aurine (variété de l'acide rosolique) dans du carbonate de sodium, ou simplement avec du rouge d'aniline. On prépare l'encre d'aniline rouge en dissolvant 1 partie de fuchsine diamant soluble dans l'eau dans 150-200 parties d'eau bouillante. On obtient les encres d'aniline violettes, les plus répandues de toutes les encres d'aniline, en dissolvant 1 partie de violet bleu d'aniline soluble dans l'eau, dans environ 300 parties d'eau.

Cochenille. — La *cochenille* est la femelle desséchée d'un insecte du genre *coccus* (*Coccus cacti*), qui vit à l'état sauvage sur plusieurs espèces de cactus, notamment sur le nopal (*Cactus opuntia*), et que l'on élève dans des plantations particulières au Mexique, dans l'Amérique centrale, en Algérie, au Cap de Bonne-Espérance, etc. Les mâles ont des ailes, tandis que les femelles en sont dépourvues. Après l'accouplement on fait la récolte des femelles, qui lieu deux fois par an; les insectes sont tués par une exposition à la vapeur d'eau bouillante ou à la chaleur d'un four, puis desséchés. On distingue dans le commerce deux sortes de cochenilles, la *cochenille fine* ou *cochenille méstèque*, qui se récolte principalement à Mestèque, dans la province de Honduras, sur les nopals cultivés, et la *cochenille sauvage* ou *sylvestre* que l'on recueille sur les nopals sauvages; cette dernière espèce est inférieure à la première et moins employée. La cochenille se présente sous forme de petits grains rouge-brun foncé et anguleux, sur la face inférieure desquels on peut encore distinguer un peu la structure de l'animal. Elle est quelquefois recouverte d'une poussière blanchâtre, mais souvent elle est aussi d'un noir brillant. Cet enduit blanc, que très-souvent on donne à la cochenille en la saupoudrant avec du talc, de la craie ou du blanc de plomb, est, d'après des recherches microscopiques, l'excrément de l'animal, et, au microscope, il paraît sous forme de cylindres blancs, courbés et d'un diamètre uniforme. Dans la cochenille on trouve un acide particulier, l'acide carminique, qui sous l'influence de l'acide sulfurique étendu et d'autres agents se transforme en rouge de carmin (carmin), qui à côté de l'acide carminique se trouve déjà tout formé dans la cochenille, et en dextrose :



Pour préparer le carmin (dans le sens industriel), on épuise la cochenille par l'eau bouillante, on mélange la solution claire avec de l'alun et on laisse reposer. Le précipité qui se dépose est lavé et desséché, ou bien on épuise la cochenille pulvérisée avec une solution de carbonate de sodium, on mélange le liquide avec du blanc d'œuf et l'on précipite immédiatement avec des acides étendus. Le précipité lavé est desséché à 30°. Il constitue une excellente espèce de carmin; pour préparer les mauvaises espèces, auxquelles appartiennent la laque carminée et les meilleures laques en boule, on précipite un extrait de cochenille aluné avec du carbonate de sodium; ces carmins sont d'autant plus mauvais qu'ils renferment plus d'alumine. Le carmin est employé depuis quelque temps en très-grande quantité pour l'impression sur laine et tissus mixtes.

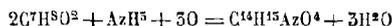
Lac-dye. — Sous le nom de *lac-dye* on connaît une matière colorante rouge extraite de la laque en bâtons ou de la laque en grains et avec laquelle on peut obtenir une teinture presque aussi belle et aussi solide qu'avec la cochenille. La *cochenille du figuier* (*Coccus lacœæ*), qui se rencontre aux Indes orientales, pique les branches de certains figuiers; des piqures s'écoule un

suc laiteux qui entoure l'animal et se durcit. La résine est colorée par la matière colorante rouge contenue dans les insectes. On extrait la lac-dye de la laque en bâtons en traitant celle-ci par du carbonate de sodium, et l'on précipite ensuite par l'alun. Cette matière colorante ne diffère pas beaucoup de celle de la cochenille, et il en est de même pour les pigments fournis par le *kermès* (*Coccus ilicis*), par le *Coccus polonicus* et par le *Coccus fabæ*. Ces derniers contiennent beaucoup de matière grasse, qui peut en être partiellement éliminée par pression.

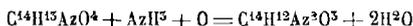
Orseille et persio. — Sous les noms d'*orseille* (archil), de *persio* et de *cudbear*, on désigne des matières colorantes rouges qui se rencontrent dans le commerce sous forme de masses pâteuses. On obtient l'orseille en transformant en une poudre fine plusieurs espèces de lichens (*Roccella tinctoria*, *R. fuciformis*, *R. Montagnei*, *Usnea barbata*, *U. Florida*, *Lecanora parella*, *Urceolaria scruposa*, *Ramalina calicaris*, *Gyrophora pustulata*, etc.), et en laissant se putréfier la poudre délayée avec de l'urine. Le carbonate d'ammonium résultant de la putréfaction de l'urine agit sur les acides contenus dans les lichens : acides lécanorique, alpha-orcellique, bêta-orcellique, érythrique, gyrophorique, évernique, usnique, etc., et avec absorption ou élimination d'eau et le plus souvent avec séparation d'acide carbonique, il

transforme ces substances non azolées en *orcine* $C^7H^8O^3$ ou $C^6H^5 \begin{cases} CH^5 \\ (OH)^2 \end{cases}$, qui par absorption d'azote et d'oxygène, en présence de l'ammoniaque et de l'air, se transforme en deux matières colorantes $C^{14}H^{15}AzO^4$ et $C^{14}H^{12}Az^2O^3$ *, que l'on désigne sous le nom d'*orcéine*. Ces deux corps doivent être considérés comme le principe colorant essentiel de l'*orseille*. L'orcéine se présente sous forme d'une pâte rougeâtre d'une odeur particulière, rappelant celle de la violette, et d'un goût alcalin. Avant la découverte des couleurs d'aniline, la préparation de l'orseille avait lieu principalement en Angleterre et en France, et les lichens dont on se servait étaient récoltés dans les Iles Canaries et dans les Pyrénées, ou étaient apportés de la Basse-Californie, de Lima et de Valparaiso. — Le *persio* (cudbear, indigo rouge) est à peu près le même produit que l'orseille. Il était autrefois préparé en Écosse avec les lichens de ce pays, mais plus tard on l'a fabriqué en grande quantité en Allemagne (Stuttgart), en France et en Angleterre. Il forme une poudre violet rougeâtre. Depuis environ quinze ans, on rencontre dans le commerce deux préparations d'*orseille*, qui contiennent dans un grand état de pureté les

* [Suivant C. Liebermann (1876), la première de ces matières colorantes prend naissance d'après l'équation suivante aux dépens de l'orcine :



la seconde se forme par l'action prolongée de l'ammoniaque et de l'air sur la première :



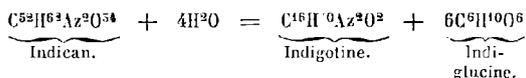
Ces deux matières colorantes se ressemblent beaucoup, elles sont amorphes et présentent l'éclat des cantharides.]

principes colorants de l'orseille et qui portent les noms de *carmin d'orseille* et de *pourpre d'orseille* (*pourpre française*). Depuis le développement acquis par l'industrie des couleurs de goudron, les couleurs rouges et violettes des lichens n'ont plus que peu d'importance.

Parmi les matières colorantes rouges moins importantes que les précédentes nous citerons les suivantes : la *racine d'alkanna* (*Anchusa tinctoria*), le *sang-dragon*, résine rouge fournie par le *Dracæna draco*, le *rouge d'harmala* tiré des graines du *Peganum harmala* et le *rouge de chica* ou *carajuru* extrait des feuilles du *Bignonia chica*, arbre qui croit à Vénézuéla.

Matières colorantes bleues.

Indigo. — Parmi les matières colorantes bleues, l'*indigo* occupe le premier rang; il était connu des Romains et des Grecs, et employé par eux dans la peinture; mais ce n'est que depuis le milieu du seizième siècle qu'il sert en Europe comme matière tinctoriale. L'indigo est une substance très-répandue dans le règne végétal. C'est dans les feuilles de différentes espèces du genre *Indigofera*, de la famille des papilionacées, qu'il se trouve en plus grande quantité. Il est en outre contenu dans l'*Isatis tinctoria*, dans le *Nerium tinctorium*, dans le *Marsdenia tinctoria*, dans le *Polygonum tinctorium*, dans l'*Asclepias tingens*, etc. La matière colorante de l'indigo n'existe pas toute formée dans la plante, elle ne se produit que lorsque le suc fraîchement exprimé est exposé à l'air atmosphérique. Il résulte de nombreuses recherches que le pigment incolore se trouve dans la plante fraîche en combinaison avec une base, de la chaux ou un alcali. D'après *Schunk*, on rencontre dans les plantes à indigo l'*indicin* qui, par fermentation, ainsi que sous l'influence des acides forts, se dédouble en indigotine et en un sucre particulier, l'indiglucine :



L'indigo du commerce est préparé aux Indes orientales et occidentales, dans l'Amérique méridionale, dans l'Amérique centrale, en Égypte, etc., avec les espèces du genre *Indigofera*. Aux Indes orientales on extrait aussi l'indigo du *Nerium tinctorium*. Parmi les *Indigofera* on emploie surtout les espèces suivantes : *Indigofera tinctoria*, *I. anil*, *I. disperma*, *I. pseudotinctoria* et *I. argentea*. Ces plantes exigent un climat chaud et un sol qui soit à l'abri des inondations.

[Voici, d'après *J. Depierre* (1876), comment s'effectuent la culture et la fabrication de l'indigo à Pondichéry et sur la côte de Coromandel. Avant la saison des pluies, le sol est labouré trois fois. L'ensemencement se fait au mois de mars avec environ 14 kilogrammes de graines par hectare; le champ est ensuite bien aplani. Au bout de 3, 4 ou 5 jours les plantes nais-

sent et acquièrent bientôt une hauteur de 6 centimètres; on commence alors à sarcler le champ et l'on continue cette opération jusqu'à ce que l'indigo ait atteint une hauteur de 20 à 24 centimètres. Au mois de juin, au moment de la floraison, on fait une première coupe à 20 centimètres au-dessus du sol; cette première récolte ne fournit pas un indigo de bonne qualité. La seconde coupe, qui a lieu en septembre, est très-abondante, et la troisième, qui s'effectue en janvier, est la plus faible au point de vue de la quantité, mais très-bonne, comme la seconde, relativement à la qualité. Ces trois récoltes fournissent ensemble environ 4,000 kilogrammes de feuilles. Les plantes sont apportées dans la *fabrique d'indigo* (*indigoterie, factorerie*), où elles sont disposées horizontalement dans la *cuve à fermentation* (*trempoire* ou *pourriture*) contenant une quantité d'eau suffisante pour que ce liquide s'élève de quelques centimètres au-dessus des plantes. Celles-ci restent dans la cuve de dix-huit à vingt jours; lorsque les bulles gazeuses, produites par la fermentation qui s'est développée, crèvent aussitôt qu'elles apparaissent à la surface du liquide, lorsque celui-ci présente une couleur vert-jaune quand on l'a agité et une saveur moins agréable, lorsque son niveau s'abaisse peu à peu, on interrompt la fermentation et l'on décante l'eau de la trempoire dans la *cuve à transvaser* (la *batterie*), qui se trouve placée plus bas; on laisse reposer le liquide pendant quelques minutes et dix à douze heures, afin de battre pendant une heure et demie ou trois heures le liquide coloré en vert. Par le battage la liqueur prend peu à peu une coloration d'abord bleu clair et enfin bleu foncé, et se recouvre d'une écume de même couleur. S'il se forme trop d'écume, on la fait disparaître en ajoutant un peu d'huile de sésame. De temps en temps on prend dans la cuve un échantillon du liquide, afin de s'assurer si la séparation de l'indigo en flocons et en granules a lieu régulièrement, et pour suivre la transformation progressive de la couleur, on suspend dans la batterie un petit fragment de tissu attaché à une corde. Lorsque la nuance verte du liquide a tout à fait disparu, on arrête le battage et on laisse le précipité d'indigo se déposer. On peut, d'ailleurs, lorsque cela paraît nécessaire, favoriser le dépôt de l'indigo par une addition d'alcalis, d'acétate neutre de plomb, d'une décoction de noix de galle, de suc de citron et surtout d'eau de chaux. A Pondichéry, on emploie principalement dans ce but une décoction de l'écorce du jambon (*Syzigium jambolanum*)¹. Lorsque l'indigo s'est complètement déposé, on ouvre avec précaution de haut en bas, et l'un après l'autre, les quatre robinets de vidange dont la cuve est munie, on laisse couler le liquide clair, on rassemble la bouillie d'indigo qui reste au fond de la cuve sur des filtres en toile et on la lave avec un peu d'eau. La quantité de l'indigo précipité est égale à un demi ou trois quarts de millième du poids de la liqueur.

¹ [Le *Syzigium jambolanum*, de la famille des myrtacées, est un arbre qui croît dans les Indes Orientales, où il atteint parfois jusqu'à 40 mètres de hauteur; son écorce est de couleur gris clair sale et renferme en moyenne 11 0/0 de tannin, ainsi qu'une matière colorante jaune, qui teint le mordant d'alumine en cachou jaune.]

Du filtre, le dépôt d'indigo est versé dans une chaudière, réduit en bouillie épaisse avec de l'eau et cuit pendant trois ou cinq heures; pendant la cuite, la bouillie est brassée avec soin. On laisse ensuite refroidir la masse, on la fait couler dans des caisses collectrices où on la laisse bien égoutter, enfin on l'introduit dans des sacs et l'on soumet ceux-ci à une pression aussi uniforme que possible, afin d'éviter que les tourteaux se fendent et se brisent lors de la dessiccation. Les tourteaux solides, qui pèsent de 9 à 10 kilogrammes, sont coupés à l'aide d'un fil de laiton en 49 morceaux de 200 à 210 grammes, ceux-ci sont disposés sur des claies recouvertes d'une couche de cendre et desséchés, d'abord lentement à l'abri de tout courant d'air et ensuite plus rapidement; la dessiccation complète exige soixante jours. Suivant *Depierre*, la décoction de l'écorce de jambon n'est pas seulement employée aux Indes pour le battage de l'indigo, elle sert aussi lors de la coction pour donner un meilleur aspect aux indigos de qualité inférieure.]

Propriétés de l'indigo. — L'indigo du commerce est de couleur bleu foncé, à cassure terreuse mate et lorsqu'on le frotte avec un corps dur on y laisse une trace rouge-pourpre brillante. Outre les éléments minéraux, il renferme une substance glutineuse, un corps brun (brun d'indigo), une matière colorante rouge (rouge d'indigo) et le principe colorant proprement dit, l'*indigotine* $C^{16}H^{10}Az^2O^2$. La valeur de l'indigo comme substance tinctoriale dépend seulement de sa richesse en ce dernier principe, qui varie de 20 à 75 et 80 pour 100 et qui est en moyenne de 40 à 50 pour 100.

[*V. Tantin* a essayé récemment (1877) différents indigos du commerce, et y a trouvé les quantités suivantes d'indigotine :

Bengale.	51,48-71,40	p. 100
Madras.	30,79-58,07	—
Java.	64,08-67,05	—
Vellore.	44,46-49,22	—
Kurpah	61,27	—
Guatemala.	65,62	—
Oude.	47,08	—
Nicaragua.	53,47-64,54	—

D'après *G. Leuchs* (1871), il existe entre le poids spécifique de l'indigo et sa matière colorante les relations suivantes :

POIDS SPÉCIFIQUE.	RICHESSE CENTÉSIMALE en matière colorante.
1,334	56-56,5
1,350	53,0
1,371	49,0
1,364	46,5
1,412	40,0
1,455	30,5

On peut, d'après le procédé de *Dumas* (1869), purifier l'indigo par digestion avec de l'aniline, qui dissout et élimine le rouge et le brun d'indigo.

Essai de l'indigo. — On reconnaît la bonté et la pureté de l'indigo à sa couleur bleu foncé, à sa légèreté et à la netteté de sa cassure. Il doit flotter

sur l'eau et se laisser complètement délayer dans ce liquide, sans donner un dépôt terreux et sablonneux. Lorsqu'on le brûle, il ne doit laisser qu'une quantité de cendre blanche proportionnellement faible. Lorsqu'on le chauffe vivement, il doit dégager une vapeur de couleur pourpre; il doit enfin se dissoudre complètement dans l'acide sulfurique fumant en donnant un liquide bleu foncé. L'indigo qui prend un aspect cuivré rougeâtre lorsqu'on le frotte avec un corps dur porte le nom d'*indigo cuivré*. Pour essayer exactement l'indigo, on recherche d'abord sa richesse en eau en desséchant à 100° une quantité pesée de la matière colorante; celle-ci ne doit pas perdre plus de 3 à 7 pour 100. Pour connaître la quantité des éléments minéraux, on brûle une autre portion pesée et l'on détermine le poids du résidu, qui ne doit pas s'élever au-dessus de 7 ou 9,5 pour 100. Mais on ne peut obtenir un résultat exact, relativement à la richesse d'un indigo en indigotine, qu'en procédant à ce qu'on appelle l'*essai de l'indigo*.

[Les différentes méthodes qui ont été proposées dans ce but par *Schlumberger, Mohr, Berzélius, Fritsche, P. Bolley, Penny, G. Leuchs, etc.*, sont décrites dans le *Manuel de Bolley*¹, auquel nous renvoyons.

La détermination de la valeur de l'indigo par la *méthode colorimétrique*, effectuée avec le colorimètre de *J. Salleron* d'après les indications de *V. Tantin* (1877), donne des résultats très-exacts et est en même temps d'une exécution très-facile. Le colorimètre de *Salleron*, est représenté par la figure 385; il se compose d'une boîte C ayant la forme d'une pyramide tronquée et fixée sur un support. A sa partie antérieure cette boîte est terminée par un diaphragme composé de deux plaques métalliques noircies, percées chacune de deux fentes verticales *f* et *f'* parfaitement identiques. Les deux fentes de la première plaque correspondent

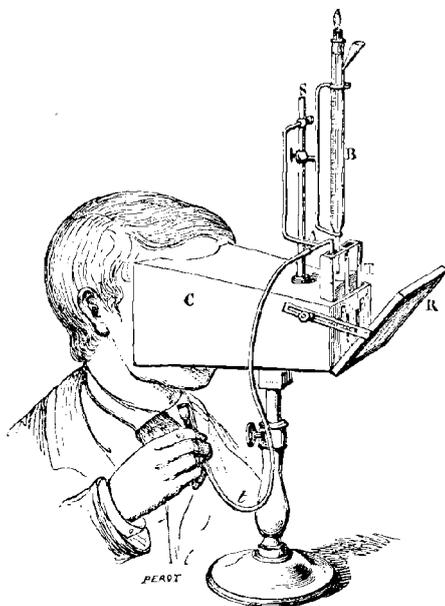


Fig. 385. — Colorimètre de J. Salleron.

à celles de la seconde. En avant de ces plaques se trouve un miroir opaque R, qui sert à réfléchir la lumière diffuse dans l'intérieur de l'instrument. Entre les deux plaques métalliques s'engage une cuvette en verre

¹ *Manuel d'essais et de recherches chimiques*, 2^e édition française, traduite par *L. Gauthier*, p. 612. Paris, 1877.

T, formée de deux glaces séparées par trois cloisons en verre de même épaisseur, de façon à constituer deux tubes à faces parallèles fermés par le bas. Sur sa face supérieure la boîte porte un support en cuivre S, sur lequel on fixe une burette B, divisée en centièmes de centimètres cubes, que l'on remplit d'eau. Au-dessus de la burette vient se fixer sur le même support S un tube en platine A servant d'agitateur et plongeant jusqu'au fond du tube T; ce tube est fixé dans une armature métallique creuse, à l'extrémité de laquelle on adapte un tube en caoutchouc *t*. Pour faire un essai on introduit dans un matras d'essayeur 30 centigrammes de l'indigo à essayer réduit en poudre très-fine, et on ajoute 10 grammes de verre cassé bien lavé et sec, puis 5 centimètres cubes d'acide sulfurique *anglais* chimiquement pur; on chauffe le matras au bain-marie à 60 ou 70°, en ayant soin d'agiter de temps en temps; au bout de quatre heures, toute l'indigotine étant dissoute, on étend le produit avec de l'eau de manière à former le volume de 5 litres. On prépare de la même manière une liqueur type avec de l'*indigotine pure* (voir plus loin *Indigotine*) ou avec un indigo dont on détermine la valeur à l'aide de cette dernière. La liqueur étant préparée, on prend 10 centimètres cubes de la dissolution à essayer, on la verse dans le tube de droite du colorimètre et l'on verse également dans le tube de gauche 10 centimètres cubes de la liqueur type. Les deux dissolutions seront plus ou moins colorées, et ordinairement c'est le type qui l'est le plus. A l'aide de la burette, on verse quelques gouttes d'eau dans le tube de gauche, puis, par le tube en caoutchouc, on insuffle légèrement de l'air pour bien mélanger les liquides. On observe ensuite, en approchant la tête de l'appareil, si les deux dissolutions ont exactement le même ton. Si l'identité des teintes n'est pas encore obtenue, on continue à ajouter de l'eau par petites portions et à insuffler de l'air jusqu'à ce que cette identité se produise. L'opération est alors terminée. On lit sur la burette le nombre de centimètres cubes d'eau ajoutée, et la valeur de l'indigo essayé est en raison inverse des nombres obtenus. Supposons qu'il ait fallu ajouter à la solution-type 2 centimètres cubes d'eau pour obtenir l'identité des teintes. Les solutions contenant le même poids de matière, il est évident que le pouvoir colorant de l'indigo type sera à celui de l'indigo essayé comme 10 + 2 ou 12 est à 10, c'est-à-dire que ce dernier a les 10 douzièmes ou les 5 sixièmes de la valeur du type. Si celui-ci à une valeur réelle de 20 francs le kilogramme, l'indigo essayé ne vaudra que $20 \times \frac{5}{6}$ ou 16 fr. 66 c. le kilogramme. Lorsqu'il arrive que l'indigo essayé donne une solution plus colorée que le type, on le place dans le tube de gauche et l'on étend la solution jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'identité des teintes. S'il a fallu ajouter 1 centimètre cube 8 d'eau, le pouvoir colorant de l'indigo essayé est à celui du type comme 10 + 1,8 ou 11,8 est à 10. La valeur de l'indigo type étant de 20 francs le kilogramme, celle de l'indigo essayé sera de $20 \times \frac{10}{11,8}$ ou 23 fr. 60 c.]

Indigotine. — L'*indigotine* (bleu d'indigo) $C^{16}H^{10}Az^2O^3$ peut être préparée par sublimation de l'indigo, ou par traitement de celui-ci avec de la chaux, du sulfate de fer et de l'eau. [Pour obtenir l'indigotine sublimée, on étend

de l'indigo en poudre sur le fond d'un têt à rotir que l'on recouvre d'un autre têt semblable et l'on chauffe avec précaution; on trouve à la surface du résidu charbonneux une couche d'aiguilles entrelacées, faciles à enlever. On peut se procurer facilement de l'indigotine amorphe en recueillant l'écume (la fleurée) qui se forme continuellement à la surface des cuves de bleu d'indigo et en la traitant par l'acide chlorhydrique étendu qui enlève toutes les substances étrangères; le résidu de ce traitement lavé avec soin sur un filtre avec de l'eau, puis desséché, est de l'indigotine pure. A l'état sublimé, l'indigotine se présente sous forme de prismes rhomboïdaux droits ayant un reflet cuivré et donnant une poudre bleu foncé; à l'état amorphe elle est bleu foncé avec reflet pourpre et prend par le frottement un éclat cuivré. L'indigotine se volatilise vers 290° avec décomposition partielle; elle n'a ni saveur ni odeur, elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles grasses et les huiles essentielles, ainsi que dans les acides et alcalis étendus à froid et à chaud.] Elle se dissout dans l'aniline, la benzine, le toluène, le chloroforme, l'acide phénique, la créosote, l'alcool amylique, la nitrobenzine, l'acétone, l'hydrate de chloral, l'acide stéarique, la paraffine et le pétrole lourd.

Si l'on met l'indigotine en présence d'un alcali libre et de substances qui absorbent facilement l'oxygène, comme le sulfate de fer, les sulfites, les hydrosulfites, la poudre de zinc et la chaux, etc., il se forme, le plus souvent avec décomposition d'eau, de l'*indigo blanc* ou *indigo réduit* $C^{16}H^{12}Az^2O^2$. C'est sur cette réduction que repose en partie son emploi en teinture. Par l'action des agents oxydants comme le permanganate de potassium, le chlore, l'acide chromique, un mélange de prussiate de rouge et de potasse ou de soude, l'oxyde de cuivre, etc., l'indigotine se transforme en *isatiné soluble* $C^{16}H^{10}Az^2O^4$. — L'indigotine se dissout dans l'acide sulfurique concentré et forme avec celui-ci l'*acide sulfindigotique* $C^{16}H^8Az^2O^2$ (HSO^5)². En précipitant ce dernier avec du carbonate de potassium, on obtient sous forme d'un précipité bleu foncé le sulfindigotate de potassium $C^{16}H^8Az^2O^2$ (KSO^5)² ou *carmin d'indigo* (*carmin bleu, indigo soluble*), qui se dissout dans 140 parties d'eau froide. On se sert du carmin d'indigo dans la peinture à l'aquarelle, plus rarement dans la peinture à l'huile; mélangé avec de l'amidon et moulé en tablettes à l'aide d'une substance agglutinante, il constitue le *bleu pour tinge* ou *bleu nouveau* qui, de même que le bleu d'outremer, est employé pour passer le linge au bleu, etc.

La production annuelle de l'indigo s'élève à environ 4,450,000 kilogrammes, ainsi répartis :

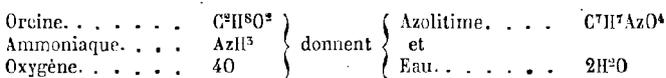
Bengale, Oude, Manille, Madras.	5,500,000 kilog.
Java.	500,000 —
Amérique centrale et Colombic.	550,000 —
Autres pays.	100,000 —

Bois de Campêche. — Le bois employé en teinture sous le nom de *bois de Campêche* ou de *bois bleu*, est le cœur dépouillé d'écorce et d'aubier du tronc de l'*Hematoxylon campechianum*, qui est originaire de l'Amérique centrale et que

l'on cultive aux Antilles. Il est employé sous toutes les formes, sous forme de bois coupé, rapé ou réduit en copeaux très-longs et très-minces appelés aiguilles et sous forme d'extrait liquide ou solide. Le principe colorant du bois bleu est l'hématoxyline $C^{16}H^{14}O^6$, qui cristallise en aiguilles jaune pâle, transparentes et brillantes; l'hématoxyline n'est pas par elle-même une matière colorante, mais une matière colorable qui se colore lorsqu'on la met en contact avec des alcalis forts, avec l'ammoniaque et l'oxygène notamment. La solution aqueuse de l'hématoxyline est incolore, mais elle passe au rouge pourpre si l'on vient à y ajouter la plus petite trace d'ammoniaque. Le corps coloré qui prend naissance aux dépens de l'hématoxyline porte le nom d'hématéine $C^{16}H^{12}O^6$. Lorsqu'on fait fondre l'hématoxyline avec de la potasse caustique, il se forme du pyrogallol (d'après *Fr. Reim*). On emploie le campêche dans la teinture en bleu et en noir. On prépare maintenant sous forme liquide ou solide des quantités considérables d'extrait de bois de Campêche¹; dans cette fabrication il ne faut pas oublier que l'hématoxyline s'oxyde et s'altère sous l'influence de l'air atmosphérique; il faut par conséquent éviter le contact de l'air et effectuer l'évaporation dans le vide à une température aussi basse que possible. L'extrait de campêche est quelquefois falsifié avec de l'extrait de châtaignier et de la mélasse.

L'intéressant rapport entre l'hématoxyline, la brésiline et la résorcine, observé pour la première fois par *E. Kopp*, a déjà été signalé page 605. La préparation artificielle de l'hématoxyline à la manière des couleurs de phtaléine découvertes par *Ad. Baeyer*, se réalisera certainement avec le temps.

Tournesol. — Le *tournesol* n'est pas employé en teinture, mais on s'en sert fréquemment pour bleuir la chaux, pour préparer des papiers réactifs, pour colorer en rouge le champagne, etc. On l'obtient de la même manière et avec les mêmes lichens que l'orseille et le persio, seulement on emploie, outre les liquides ammoniacaux, du carbonate de potassium. La différence dans la préparation consiste seulement en ce que pour le tournesol la fermentation et l'oxydation sont poussées plus loin, ce qui a pour effet de transformer la matière colorante rouge (orcine) en une matière bleue, l'*azolitimine* :



La masse fermentée est mélangée avec du plâtre et de la craie, et livrée au commerce après avoir été moulée en cubes.

Les chiffons teints avec le suc de la maurelle (*Chrozophora tinctoria*), que l'on prépare exclusivement dans le midi de la France, aux environs de Nîmes, sous le nom de *tournesol en drapeaux* ou de *Provence*, renferment une autre matière colorante appelée aussi tournesol; ils sont colorés en rouge pourpre

¹ La ville de Hambourg seule a importé en 1869 plus de 100,000 caisses d'extrait de campêche.

ou en vert foncé par l'ammoniaque. En Hollande, on emploie cette couleur pour colorer le fromage, la pâtisserie, les substances confites et les liqueurs; on s'en sert aussi comme fard et pour colorer en bleu le papier à sucre. [La production du tournesol en drapeaux est d'environ 100,000 à 120,000 kilogrammes; le prix varie de 45 à 50 francs les 100 kilogrammes.]

Matières colorantes jaunes.

Bois jaune. — Le *bois jaune* (bois de Brésil jaune, bois de Cuba, vieux fustic) est le bois du mûrier des teinturiers (*Morus tinctoria*, *Maclura aurantiaca*), et c'est le cœur de cet arbre que l'on importe principalement de Cuba, de Saint-Domingue et de Haïti. Il est jaune avec des veines rouge jaune. La cause de cette couleur est un corps cristallisable et incolore, le *morin* $C^{12}H^{10}O^5$, qui se trouve dans le bois combiné avec de la chaux, et un tannin particulier, l'*acide morintannique* (nommé aussi *maclurine*; sa formule est $C^{15}H^{10}O^6$), qu'on trouve déposé souvent en grande quantité dans la masse du bois, à côté du *morin*. Celui-ci se colore en jaune au contact de l'air et sous l'influence des alcalis. La maclurine se dédouble au contact de la potasse caustique en fusion et par chauffage à 120° avec de l'acide sulfurique étendu en phloroglucine et acide protocatéchique. Le bois jaune est employé pour teindre en jaune et à cause de sa grande richesse en tannin; on s'en sert aussi pour la teinture en noir. L'extrait que l'on rencontre dans le commerce porte le nom d'*extrait de Cuba*.

Fustet. — Le *fustet* ou *fustic* (bois jaune de Hongrie) est un bois jaune verdâtre, veiné de brun, qui est fourni par le *Rhus cotinus* (sumac à perruque, arbre à perruque), arbuste qui croit dans l'Europe méridionale. Il contient une matière colorante particulière, la *fustine* ou *fisetine* (ayant pour formule, d'après J. Koch, de Zurich, $C^{15}H^{10}O^6$), et une grande proportion d'un acide tannique différent du tannin. En se dédoublant la fustine donnerait de la quercétine.

Rocou. — Le *rocou* est une matière colorante rouge jaunâtre, qui est surtout employée pour la teinture de la soie. Il se rencontre dans le commerce sous forme d'une pâte épaisse, et il est préparé en Amérique, dans les Indes orientales et occidentales, avec le fruit du *Bixa orellana*. D'après Chevreul, on trouve dans le rocou deux matières colorantes, dont l'une, qui est jaune (*orelline*), est soluble dans l'alcool et dans l'eau, tandis que l'autre, qui est rouge (*bixine*), se dissout facilement dans l'alcool, mais est insoluble dans l'eau. Cette dernière a, d'après Piccard (de Bâle), la formule $C^8H^6O^4$. [Sous le nom de *bixine commerciale*, on rencontre depuis plusieurs années un produit qui se compose exclusivement de la pulpe extérieure des graines du rocuyer moulée en tablettes; d'après Girardin, ce produit qui est fabriqué à Cayenne, a un pouvoir tinctorial trois ou quatre fois plus considérable que le rocou ordinaire en pâte.]

Graines jaunes. — Les *graines jaunes* (graines d'Avignon, graines de Persée, graines d'Espagne) sont les fruits des *Rhamnus infectorius*, *Rh. amyg-*

dalinus, *Rh. saxatilis* et elles proviennent du Levant ou de la France méridionale et de la Hongrie. La grosseur de ces graines est très-variable, on distingue dans le commerce les graines qui sont grosses, pleines et de couleur olive clair, de celles qui sont petites, ridées et brun foncé. Les premières ont été récoltées avant leur complète maturité, les autres ont été laissées pendant longtemps sur les rameaux. On rencontre dans les graines jaunes une matière colorante d'un beau jaune d'or, la *chrysorhamnine*, et une matière jaune olive, la *xanthorhamnine*. La première est, d'après *Bolley*, identique avec la quercéline. On emploie les graines jaunes dans l'impression des indiennes, pour teindre le papier, pour la fabrication des laques, etc.

Curcuma et gaude. — Le *curcuma* est la racine desséchée du *Curcuma longa* et du *C. rotunda*, plantes de la famille des scitaminées, qui sont cultivées aux Indes orientales, à Java, etc. On le rencontre tantôt sous forme de tubercules ovoïdes, tantôt en morceaux aplatis de couleur jaune sale. Le principe colorant de cette substance est la *curcumine* $C^8H^{10}O^2$; la curcumine est jaune, très-peu solide et colorée en brun rouge par les alcalis. — La *gaude* se compose de la tige, des feuilles et des fleurs du *Reseda luteola*, qui croît à l'état sauvage dans les pays méridionaux, mais qui est fréquemment cultivé pour la teinture. La gaude française passe pour la meilleure. Le principe colorant qu'elle renferme est la *lutéoline*.

Quercitron. — On désigne sous le nom de *quercitron* l'écorce dépouillée d'épiderme et moulue du *Quercus tinctoria*, qui croît spontanément dans l'Amérique du Nord. Il est de couleur claire et, indépendamment d'une matière colorante jaune, le *quercitrin* $C^{33}H^{50}O^{17}$, il contient de l'acide tannique. Au contact des acides étendus le quercitrin se dédouble en sucre (isodulcite de la formule $C^6H^{10}O^5$) et en *quercétin* ou *quercéline* $C^{27}H^{40}O^{12}$, poudre jaunecitron qui se rencontre dans le commerce sous le nom de *flavin* ou de *flavine*. A cause de la beauté de sa couleur, le quercitron est employé avec l'acide picrique dans toutes les branches de la teinture plus fréquemment que toute autre matière colorante jaune. — Parmi les autres matières colorantes offrant quelque importance, nous citerons la *sarrête* (*Serratula tinctoria*), le *genêt des teinturiers* (*Genista tinctoria*), le *wongshy* (gousses de Chine), fruit du *Gardenia florida* de la famille des rubiacées, la *purrhée* ou *jaune indien*, matière colorante de provenance incertaine, importée des Indes orientales et composée du sel magnésien de l'acide euxanthique, et le *jaune de morinda*, provenant du *Morinda citrifolia*. Depuis la naissance de l'industrie des couleurs de goudron, on emploie beaucoup l'acide picrique (voy. p. 581) comme couleur jaune et (mêlé avec la solution d'indigo ou le bleu d'aniline) comme couleur verte pour teindre la laine et la soie. Pour épuiser complètement le bain d'acide picrique il faut y ajouter un peu d'acide sulfurique. On emploie souvent depuis quelque temps, à la place de l'acide picrique, le *jaune de Martius* ou *jaune de Manchester*, ainsi que le *jaune Victoria* (voy. p. 586 et 582).

Couleurs brunes, vertes et noires. — Les couleurs *brunes*, abstraction faite du brun d'aniline, sont produites au moyen d'un mélange de rouge,

de jaune et de bleu ou de jaune ou de rouge avec du noir (brun mêlé). On teint souvent en brun avec des agents oxydants et des pigments fannifères, comme l'écorce de saule, l'écorce de chêne, le brou de noix, et surtout avec le *cachou*, qui est l'extrait du bois de l'*Areca catechu* et de l'*Acacia catechu* (voy. p. 448). Ce dernier brun porte le nom de *brun chimique* ou de *brun havanne*. Le *brun bistre* est produit par l'hydrate de bioxyde de manganèse. On obtient du *noir* avec le tannate ou le gallate de fer, ou avec le chromate de potassium et une décoction de campêche¹, ou enfin avec le noir d'aniline (voy. p. 579). On produit du *vert* en mélangeant du *jaune* et du *bleu*, ou avec le *vert de Chine* ou *lo-kao*² extrait du *Rhamnus chlorophorus* et du *Rhamnus utilis*, avec le *vert de sève* ou *vert de vessie* préparé avec les baies du *Rhamnus catharticus* et enfin avec le *vert d'aniline* (vert à l'aldéhyde et vert à l'iode; voy. p. 577).

BLANCHIMENT

Le *blanchiment* a pour but de ramener à l'état blanc les fibres textiles, les fils et les tissus, qui par eux-mêmes sont blancs, mais qui sont colorés et salis pendant les manipulations nécessaires pour leur extraction et leur fabri-

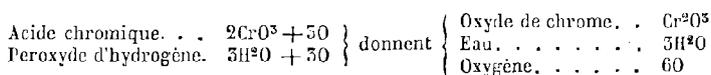
¹ L'*encre ordinaire*, qui se compose essentiellement de gallate de protoxyde et de peroxyde de fer maintenu en suspension dans le liquide avec de la gomme arabique, constitue une véritable matière colorante noire. On peut préparer une très-bonne encre noire d'après la recette suivante : on épuise 1 kilog. de noix de galle concassées et 110 gr. de bois de Campêche avec 5 litres d'eau bouillante, on dissout d'une part 600 gr. de gomme arabique dans 2 litres 1/2 d'eau et d'autre part 500 gr. de sulfate de fer dans quelques litres du même liquide. On mélange l'extrait de noix de galle et de campêche avec la solution de gomme et de sulfate de fer, on ajoute quelques gouttes d'essence d'aillet ou de gaultheria, puis une quantité d'eau suffisante pour obtenir 16 litres de liquide. On obtient l'*encre de tannin* en dissolvant 12 gr. de tannin, 40 gr. de sulfate de fer et 50 gr. de gomme arabique dans 1 litre d'eau distillée bouillante. L'encre de fer présente, outre le défaut d'attaquer les plumes d'acier, cet inconvénient que l'écriture tracée avec elle devient jaune, bien que souvent l'altération ne se produise qu'au bout d'un temps très-long. En 1848, *Runge* a fait souvenir d'une encre qui avait été inventée par *Th. Leykauf*, de Nuremberg, et plus tard perfectionnée et mise en usage par *C. Erdmann*, de Leipzig. Cette encre se compose de 1000 parties de décoction de campêche (1 partie de bois pour 8 d'eau) et de 1 partie de chromate jaune de potassium, additionnées d'une petite quantité de chlorure de mercure. L'encre ainsi composée se recommande par son bas prix, sa beauté et sa solidité; son principe colorant est une combinaison d'*hémaléine* et d'oxyde de chrome. Pour préparer l'*encre d'alizarine* (de *Léonhardi*), on épuise avec de l'eau 42 parties de noix de galle et 3 parties de garance, en ayant soin d'obtenir 120 parties de liquide auxquelles on ajoute 1,2 partie de solution sulfurique d'indigo, 5,2 parties de sulfate de fer et 2 parties de pyrolignite de fer. L'encre bleu rougeâtre de *Rouen*, qui est fréquemment employée en France, notamment comme succédané de l'encre noire, se compose d'une décoction de 750 gr. de bois de Campêche, de 35 grammes d'alun et de 31 gr. de gomme arabique dans 5 ou 6 litres d'eau. Les *encres à copier* ne sont au fond que des encres ordinaires, qui sont plus concentrées et contiennent de plus grandes quantités de gomme et de sucre. On pourrait empêcher l'encre de moisir en y ajoutant un peu de sulfate de quinine ou d'acide salicylique. L'*encre à marquer le linge* est une dissolution d'azotate d'argent (voyez t. I, page 225) ou bien du noir d'aniline (voyez page 579) que l'on produit sur le tissu lui-même.

² Le lo-kao a une grande analogie avec la *cœruleine* C²⁰H¹⁰O⁷, que *Ad. Bayer* a obtenue en faisant agir de l'acide sulfurique concentré sur la galléine, produit du chauffage d'un mélange de pyrogallol et d'acide phtalique.

cation. La fibre végétale résiste à la plupart des agents chimiques, tandis que les matières colorantes étrangères, qui ne se trouvent qu'à la surface de la fibre, sont dissoutes ou complètement détruites par les agents que l'on vient de nommer. Sur ce fait repose le blanchiment des produits qui, comme les tissus de lin ou de coton, se composent de cellulose. Pour la laine et la soie le procédé est différent, parce que les agents dont on peut se servir pour le blanchiment du lin et du coton, ne peuvent pas être employés dans ce cas, car non-seulement les substances étrangères, mais encore les fibres elles-mêmes seraient dissoutes ou tout au moins attaquées.

Le blanchiment s'effectue soit à l'aide de moyens *chimiques*, soit à l'aide de moyens *mécaniques*. Si l'on fait abstraction des lessives alcalines, dont l'emploi précède toujours celui du corps décolorant proprement dit, on peut dire que le blanchiment est produit soit par des procédés dans lesquels l'ozone joue le rôle important, soit par l'emploi de l'acide sulfureux. Le blanchiment usité pour les articles de lin ou de coton, que ce soit le blanchiment naturel ou sur gazon, ou bien le blanchiment artificiel (blanchiment au chlore), est toujours un *blanchiment par l'ozone*, dont le but est de produire sur la fibre végétale l'oxydation des matières colorantes étrangères à l'aide de l'oxygène actif de l'atmosphère ou du bain d'ozone, dont on favorise l'action en communiquant au bain une réaction alcaline. Dans le blanchiment sur gazon la formation de l'ozone a lieu par la décomposition de l'eau sous l'influence de la lumière, tandis que l'hydrogène donne lieu (d'après A. Müller, de Zurich, 1874), avec l'azote atmosphérique, à la formation d'acide azoteux et d'ammoniaque. Bien qu'en ces circonstances tout agent oxydant puisse être employé pour le blanchiment de la cellulose et des corps analogues, la pratique a cependant depuis longtemps déjà donné la préférence à ceux qui lors de leur réduction (de leur oxydation) forment un acide et par suite exigent la présence d'un alcali — agents qui pour cette raison ont été nommés *agents d'oxydation alcalipathiques*. Les agents employés par les blanchisseurs sont, outre l'air atmosphérique ozonisé : 1° le chlore, 2° l'acide hypochloreux, 3° le ferricyanure de potassium et 4° le peroxyde d'hydrogène. Bien que ce dernier corps ne puisse être considéré que comme une substance dont l'application au blanchiment est encore dans l'avenir. Parmi les agents d'oxydation *acidipathiques* dont les produits sont basiques et qui exigent que l'oxydation (c'est-à-dire le blanchiment) ne soit effectuée que dans un liquide acide, il y en a trois qui méritent d'attirer l'attention des blanchisseurs, ce sont l'acide permanganique recommandé il y a quelques années par Tessié du Motay, une solution de peroxyde de fer et l'acide chromique. Pour comprendre le blanchiment et les réactions auxquelles il donne lieu, il est nécessaire de remarquer qu'il existe (d'après une opinion qui, il est vrai, ne manque pas d'antagonistes) deux modifications de l'ozone, en lesquelles peut se dédoubler l'oxygène inactif ordinaire. Une modification, l'*ozone*, est considérée comme de l'oxygène actif-positif; l'autre, l'*antozone*, est opposée à la première et est de l'oxygène actif-négatif. Lorsque les deux modifications viennent à se réunir, elles produi-

sent l'oxygène ordinaire (qui ne blanchit pas). Ces faits ont pour le blanchisseur une grande importance, parce que dans le choix de plusieurs agents d'oxydation, qu'il veut employer en même temps, il doit faire en sorte que ces agents contiennent tous la *même* modification de l'ozone, car dans le cas opposé il ne se produit pas d'oxydation (de blanchiment), mais seulement un dégagement d'oxygène ordinaire. Un exemple fera comprendre ce qui précède : l'acide chromique contient de l'ozone, le peroxyde d'hydrogène de l'antozone ; ces deux corps mis en contact ne donnent par suite que de l'oxyde de chrome et de l'eau avec un vif dégagement d'oxygène ordinaire, et lorsqu'ils sont mélangés, ils sont tout à fait inactifs pour le blanchiment :



Le blanchiment par l'*acide sulfureux* peut être rapporté à deux causes essentiellement différentes l'une de l'autre : dans la plupart des cas la matière colorante est simplement masquée, mais dans quelques cas peu nombreux elle est réellement détruite. Les pigments d'un grand nombre de fleurs bleues ou rouges, de fruits, etc., forment avec l'acide sulfureux des combinaisons incolores ; mais la couleur n'est pas détruite ; des acides étendus, comme l'acide sulfurique, ainsi que les vapeurs des acides chlorhydrique et azotique, de chlore, d'iode et de brome et enfin la chaleur décomposent presque instantanément les combinaisons incolores de l'acide sulfureux et font réapparaître la coloration primitive. Les matières colorantes des fleurs jaunes sont indifférentes-vis-à-vis de l'acide sulfureux et ne sont pas blanchies par cet acide. Le vert (la chlorophylle) n'éprouve pas non plus d'altération. Quelques corps colorés, comme l'indigotine, le carmin, le pigment jaune de la soie, ne sont pas immédiatement blanchis par l'acide sulfureux ; mais ils le sont plus tard, par suite d'une oxydation c'est-à-dire d'une décomposition produite sous l'influence de la lumière par l'oxygène mélangé avec l'acide. Le blanchiment par l'acide sulfureux, tel qu'il est exécuté dans l'industrie, n'est point dans la plupart des cas un blanchiment véritable, mais seulement une sorte de dissimulation qui enlève à la vue le corps colorant. Par une simple exposition à l'air, et notamment lorsque les objets blanchis sont soumis à un moussément, l'acide sulfureux se volatilise peu à peu ; c'est pour cela que les objets traités par cet acide reprennent d'eux-mêmes au bout de quelque temps leur couleur primitive, comme on a fréquemment l'occasion de l'observer, par exemple sur les ouvrages de paille et d'osier, les éponges, etc.

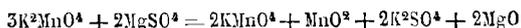
Blanchiment du coton. — Le *blanchiment du coton* a pour but d'éliminer la matière colorante jaune du coton brut, l'encollage (colle, dextrine, amidon), une substance grasse et les saletés qui se sont attachées aux fibres pendant le travail de celles-ci. On commence par tremper d'abord le coton dans l'eau bouillante, qui enlève toutes les parties solubles. On le fait

ensuite bouillir avec un lait de chaux ou avec une solution de carbonate de sodium, qui dissout l'encollage et transforme la matière grasse en une combinaison savonneuse. Pour éliminer ces substances, on soumettait autrefois les tissus de coton à une sorte de fermentation. Lorsque l'encollage et la matière grasse ont été enlevés, on traite le coton par une solution de soude caustique, qui dissout une substance résinoïde sur laquelle les opérations précédentes n'avaient eu aucune action. Enfin, si l'on préfère le *blanchiment au chlore* au *blanchiment naturel* ou *sur gazon*, on introduit l'étoffe dans une solution de chlorure de chaux (ou de chlorure de magnésie, si l'on a affaire à des étoffes fines) que l'on chauffe au moyen d'un courant de vapeur d'eau, et on la lave ensuite dans des cuves contenant de l'acide sulfurique, ou de l'acide chlorhydrique étendu. Il se forme du sulfate ou du chlorure de calcium et du chlore libre, qui au moment de sa mise en liberté produit le blanchiment du tissu. L'acide libre adhérent est éliminé dans un bain alcalin. Il est évident que plus la blancheur du tissu doit être grande, plus ces opérations doivent être répétées souvent. Le traitement des tissus et des fils par la lessive bouillante porte le nom de *coulage*, et on l'effectue dans des appareils particuliers (appareils à lessive). — Pour sécher les tissus blanchis, on se sert maintenant fréquemment des *machines centrifuges*, qui se composent de deux paniers en toile métallique renfermés dans une boîte et fixés aux deux extrémités d'un axe horizontal. Si, lorsque l'étoffe à sécher est placée dans ces paniers, on fait tourner rapidement l'axe à l'aide d'une manivelle en rapport avec celui-ci, par l'intermédiaire d'un engrenage, l'eau est expulsée du tissu par l'action de la force centrifuge et l'étoffe peut de cette manière être séchée en quelques minutes.

Blanchiment du lin. — Pour le blanchiment des *tissus de lin*, qui d'après les recherches de *J. Kolb* (d'Amiens), doit avoir pour but principal l'élimination de deux substances, dont l'une est un corps gris (déjà observé par *Kurrer*) qui a pris naissance pendant le rouissage, et l'autre l'acide pectique, on se sert du blanchiment sur gazon ou du traitement de la fibre par le chlorure de chaux. Le corps gris est oxydé et l'acide pectique passe à l'état soluble (sous forme d'acide libre ou d'acide métapectique). On a recommandé récemment (on ne sait pas encore si c'est à tort ou à raison) la nouvelle méthode de blanchiment indiquée par *Tessié du Motay*¹, méthode qui repose sur l'emploi des manganates et des permanganates alcalins. Le manganate de potassium est dissous dans l'eau, puis mélangé avec une solution de sulfate de magnésium, de chlorure de magnésium ou de chlorure de calcium, et ainsi transformé en permanganate de potassium, peroxyde de manganèse, sulfate de potassium et hydrate de magnésie. L'équation sui-

¹ *Chevreul*, membre du jury de la 51^e classe à l'exposition internationale de 1867, où figurait comme objet d'exposition le procédé *Tessié du Motay*, pense, au sujet de la valeur de la nouvelle méthode de blanchiment, que l'acide permanganique attaque trop fortement les fibres, parce qu'il les blanchit trop rapidement. « Un bon blanchiment laissant les fibres intactes doit avoir lieu lentement. »

vante, dont du reste l'exactitude peut être mise en doute, rend compte de cette transformation :



Le blanchiment d'après ce procédé s'exécute de la manière suivante : La fibre textile (sous forme de fil ou de tissu) débarrassée de l'encollage est d'abord introduite dans un bain contenant un manganate alcalin et du sulfate ou du chlorure de magnésium ; on l'y laisse pendant quinze minutes ; 2 à 6 kilogr. de manganate de sodium suffisent pour blanchir 100 kilogr. de coton, de chanvre ou de lin. La fibre passe ensuite dans une solution alcaline ou dans une solution aqueuse d'acide sulfureux. Dans le premier cas les fibres textiles sont chauffées pendant quelques heures à 100° avec la lessive, jusqu'à ce que les oxydes de manganèse déposés à la surface des fibres soient entièrement ou partiellement dissous. Dans le second cas, elles restent dans le bain d'acide sulfureux, jusqu'à ce que tout l'oxyde de manganèse soit dissous. On répète les mêmes opérations jusqu'à ce que la fibre végétale soit complètement blanchie. S'il s'agit de blanchir de la laine ou de la soie, on remplace la lessive alcaline par un bain de savon, et l'on dissout toujours les oxydes dans l'acide sulfureux. Les résultats obtenus en grand au printemps de 1867, dans la fabrique de *Verlay*, à Comines (Nord), montrent qu'à l'aide du nouveau procédé on peut blanchir complètement en un jour les fils de lin et de chanvre, mais qu'il faut trois jours pour les tissus de lin et de chanvre, et cela sans que la fibre soit plus fortement attaquée qu'en suivant la méthode ordinaire. Pour 100 mètres de toile les frais ne se sont élevés qu'à 6 francs. Le manganate de sodium est livré à 1 franc le kilogr.

[Dans la fabrique de *W. S. Johnston*, à Kiltonga, près Belfast (Irlande), on se sert depuis quelque temps pour le blanchiment du lin d'un procédé imaginé par *Hodges* et basé sur l'emploi de l'hypochlorite de magnésium (voy. t. I, p. 524). Pour préparer économiquement cette combinaison, *Hodges* mélange une solution de kiersérite (sulfate de magnésium de Stassfurt; voy. t. I, p. 375) avec une solution de chlorure de chaux, et par double décomposition il se forme de l'hypochlorite de magnésium (chlorure de magnésie) qui reste en solution, tandis qu'il se précipite du sulfate de calcium que l'on sépare. La solution claire d'hypochlorite de magnésium ainsi obtenue est employée de la manière suivante : les fils à blanchir sont d'abord plongés dans une cuve contenant une dissolution de carbonate de sodium chauffée à la vapeur ; quand ils sont bien imprégnés de carbonate, on les transporte dans une seconde cuve remplie du liquide décolorant également chauffé et on les y manœuvre jusqu'à obtention de la teinte voulue ; enfin, au sortir du bain décolorant, on fait passer les écheveaux dans une troisième cuve renfermant de l'eau chaude, où on les lave avec soin. Le blanchiment est alors terminé. Ce procédé, qui peut également s'appliquer au coton et à

d'autres fibres, et surtout au blanchiment des tissus fins, tels que la mousseline, donne des résultats excellents].

Blanchiment de la soie. — Le décreusage de la soie précède le blanchiment. Dans ce but, on traite la soie grège à froid avec une dissolution de 50 parties de carbonate de sodium dans 100 parties d'eau, et l'on fait ensuite bouillir dans l'eau la soie décreusée (dégommée); voy. p. 435. Ces deux opérations font perdre à la soie grège environ 25 pour 100 de son poids. Pour les tissus de soie, qui doivent rester blancs, on emploie ensuite pour le blanchiment de l'acide sulfureux dont la préparation et le mode d'action ont déjà été décrits. Pour faire mieux ressortir la blancheur de la soie on lui donne un reflet rougeâtre avec une solution de rocou dans l'eau de savon, ou on lui communique un aspect bleuâtre avec de l'indigo.

Blanchiment de la laine. — Le *blanchiment de la laine* commence par le *dessuintage*, c'est-à-dire par l'élimination des savons gras de potassium, que renferme la laine à l'état brut. Cette opération s'effectue en traitant la laine par l'urine putréfiée (carbonate d'ammonium) ou une solution de savon (voy. p. 419). La laine perd dans ce traitement de 20 à 50 pour 100 de son poids. Pour la plupart des couleurs, ce nettoyage préparatoire est suffisant, mais il n'en est pas de même pour les couleurs fines et les tissus qui doivent être imprimés. Dans ce dernier cas un blanchiment à l'acide sulfureux (*soufrage*) est nécessaire. [A cet effet, les laines sont exposées dans une chambre parfaitement close, à l'action des vapeurs sulfureuses, que l'on produit en brûlant de la fleur de soufre; ce soufrage est quelquefois remplacé par une immersion de la laine dans une dissolution de sulfite ou de bisulfite de sodium, dont on dégage l'acide sulfureux en ajoutant de l'acide chlorhydrique. Après le soufrage on passe ordinairement la laine dans l'eau chaude (*désoufrage*), puis dans un léger bain de savon.]

TEINTURE DES FILS ET DES TISSUS

Le charbon (notamment le charbon animal) et la terre végétale peuvent, comme on le sait, absorber et rendre insolubles des matières colorantes et certains corps inorganiques en dissolution; c'est peut-être de la même manière que les fibres animales et végétales sont en état d'absorber des matières colorantes dissoutes (et certains mordants) et, une fois celles-ci absorbées, de les conserver à l'état insoluble. Mais fréquemment la combinaison est si peu solide, que par un traitement répété avec le même dissolvant, surtout à chaud, elle est facilement détruite. Ainsi une fibre qui a été teinte avec du sulfate d'indigo, du bleu de Prusse dissous dans l'acide oxalique, etc., est décolorée par un lavage prolongé. Par conséquent cette fibre n'est véritablement *teinte* que lorsque la matière dissoute a formé avec la fibre, dans la plupart des cas avec le concours d'un troisième corps (d'un mordant), une combinaison *insoluble*, qui n'est plus enlevée par les dissolvants. La couleur ainsi produite porte le nom de *couleur bon teint* (ou solide); elle résiste aux

influences atmosphériques, à la lumière, à l'eau de savon, aux lessives alcalines faibles et aux acides très-étendus. Une couleur qui est détruite par ces agents est une *couleur mauvais teint*. La teinture repose sur des principes chimiques, mais l'absorption de la matière colorante par les fibres n'est, paraît-il, qu'un phénomène physique, car entre le poids des fibres et celui de la matière colorante, il n'y a aucun rapport atomistique; après la fixation, ni les fibres ni la matière colorante n'ont perdu une de leurs propriétés caractéristiques.

La combinaison insoluble de la fibre avec la matière colorante, combinaison qui est nécessaire pour qu'il y ait teinture, peut être produite de différentes manières. Elle peut être préparée : 1° Par élimination du dissolvant; c'est ainsi que de l'oxyde de cuivre, qui se trouve dissous dans de l'ammoniaque, peut être fixé sur la fibre par simple volatilisation de cet alcali; il en est de même pour le chromate de zinc en solution ammoniacale; la précipitation de la carthamine en solution alcaline à l'aide d'un acide et la précipitation de certaines couleurs de goudron de leur solution alcoolique rentrent aussi dans cette catégorie. La combinaison insoluble peut être produite 2° par oxydation; la matière colorante primitivement soluble est rendue insoluble par absorption d'oxygène. Ici se rangent, outre le sulfate de fer et le sulfate de manganèse qui sont transformés par oxydation en hydrates d'oxyde insolubles, les végétaux tannifères renfermant en même temps une matière colorante, comme le quercitron, le sumac, le bois jaune, le fustet, etc. Si l'on imbibe un tissu avec un extrait aqueux ou alcalin de ces substances, et, si on l'expose à l'air, la matière colorante devient brune et ne se dissout plus dans l'eau. La même transformation est produite plus rapidement si le tissu imbibé avec ces matières est traité par des oxydants, comme l'acide chromique (bichromate de potassium). Un exemple de ce mode de teinture est la teinture en noir à l'aide du bois de Campêche et du chromate de potassium, procédé dans lequel l'hématoxyline du bois se transforme en hématine par oxydation, tandis que l'acide chromique est réduit en oxyde de chrome. La teinture en bleu avec l'indigo en cuve, dont il sera question plus loin, appartient jusqu'à un certain point à cette catégorie; mais dans ce cas, outre que de l'oxygène est absorbé, il se sépare aussi de l'indigo blanc de l'hydrogène, qui se combine avec l'oxygène pour donner de l'eau. La production du noir d'aniline sur tissu avec des agents qui abandonnent ou qui forment de l'ozone (chlorate de potassium, ferricyanure d'ammonium, chromate de cuivre, sulfure de cuivre fraîchement précipité) doit également être classée dans cette même catégorie. Dans beaucoup de cas on cherche à produire la combinaison insoluble 3° par double décomposition; ainsi on obtient du *bleu* avec de l'acide ferrocyanhydrique et du peroxyde de fer, du *vert* avec de l'arsénite de cuivre et du sulfate de cuivre, du *jaune* avec du chromate de potassium et un sel de plomb soluble. Cette méthode de fixation des pigments n'est employée que pour les couleurs minérales. Le procédé le plus important et le plus en usage pour la fixation des couleurs repose 4° sur l'emploi des *mordants*. Sous le nom de mordant,

on désigne la solution d'un corps, qui n'est point par lui-même une matière colorante, mais qui a de l'affinité pour la fibre de même que pour le pigment et qui permet la combinaison de ces deux dernières substances. Les plus importants des corps, que l'on emploie comme mordants, sont l'alumine sous forme d'alun ¹, le sulfate et l'acétate d'aluminium, l'hyposulfite d'aluminium, l'aluminate de sodium, l'acétate de fer ², les sels d'étain, l'acide chromique ³, les graisses, l'acide tannique (notamment pour les pigments de la garance, le pigment de la cochenille et les couleurs d'aniline pour laine et coton), l'albumine, le gluten, la caséine, la colle et les huiles grasses. Les tissus à teindre sont passés dans ces mordants, et ceux-ci sont ensuite fixés; la fixation des mordants s'effectue, suivant leur nature par exposition à l'air, par bousage, par traitement au bain de son ou à l'eau de savon; et ce n'est qu'après cette opération que le tissu est introduit dans le bain de teinture. La plupart des pigments organiques ne peuvent être employés en teinture qu'avec des mordants.

Bankroft divise les couleurs en *substantives* et *adjectives*; les couleurs substantives sont celles qui passent à l'état insoluble sur la fibre végétale sans le secours d'un mordant; à cette classe appartiennent tous les pigments minéraux, et, parmi les végétaux, l'indigo, le curcuma, le rocou, le carthame, et il en est de même pour la plupart des couleurs de goudron, bien que pour la fuchsine et les couleurs analogues on se serve aussi, comme on l'a dit précédemment, de l'acide tannique comme moyen fixateur. Les couleurs *adjectives* sont au contraire celles qui exigent un intermédiaire pour devenir insolubles sur la fibre. Ces intermédiaires sont les *mordants*. Ceux-ci ne sont pas seulement destinés à produire la combinaison de la fibre avec la matière colorante, ils peuvent aussi dans certains cas donner naissance, sur les tissus préalablement imbibés de sels métalliques ou terreux, à une modification telle que les parties munies de ces substances paraissent blanches au sortir du bain de teinture. Les mordants de ce genre portent le nom de *mordants décolorants*, auxquels appartiennent l'acide phosphorique, l'acide tartrique, l'acide oxalique, l'acide arsénieux, etc. Les *réserves*, dont il sera question à propos de l'impression des tissus, se rangent également dans cette classe de mordants. Mais les mordants ont aussi fréquemment pour but de donner un autre ton à une couleur déjà appliquée, de lui communiquer plus de vivacité et de pureté, et par suite de rehausser (*d'aviver*) la couleur du tissu; l'avivage s'effectue en faisant passer l'étoffe déjà teinte dans des liquides faiblement acides ou alcalins, dans une solution de

¹ La modification soluble dans l'eau de l'hydroxyde d'aluminium (alumine dialysée) découverte par *W. Crum* en 1853, offre une grande importance pour la teinture et l'impression des tissus.

² *M. Reimann* a montré récemment (1870) que l'acide silicique amorphe peut aussi être employé pour la fixation d'un grand nombre de matières colorantes.

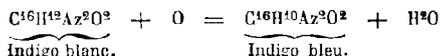
³ *E. Jacquemin* a observé (1874) que l'acide chromique se fixe directement sur la laine et la soie, et teint ces fibres en jaune, tandis qu'il est sans action sur le coton. La fibre teinte avec l'acide chromique prend encore d'autres matières colorantes, et il se produit ainsi des tons différents; elle prend par exemple les couleurs d'aniline, l'alizarine, le morin et la brésiline, mais pas le pigment de la cochenille.

savon ou dans un autre bain de teinture. On nomme ces mordants *mordants modificateurs*.

Teinture de la laine. — La laine est teinte soit sans être filée, sous forme de laine en flocons, soit après avoir été filée, sous forme de fil ou de tissu. Comme dans le tissage, le foulage et la tonte il se produit toujours des déchets, il est avantageux de teindre la laine à l'état filé. Lorsque la couleur que l'on veut obtenir doit être bon teint, les étoffes de laine à teindre sont préalablement mordancées. Le mordantage s'effectue en faisant bouillir la laine dans une dissolution d'alun et de bitartrate de potassium, ou de bitartrate de potassium et de sulfate de protoxyde de fer. Pour certaines couleurs on emploie aussi le bichlorure d'étain ou le pinksalt (voyez t. I, page 162).

La partie la plus importante de la teinture sur laine est la *teinture en bleu*. On obtient le plus souvent le bleu avec l'indigo, qui donne les couleurs les plus belles et les plus solides, ou bien on emploie pour le mérinos et les étoffes analogues le bleu de Prusse, ou enfin on se sert pour les tissus ordinaires du bois de Campêche et du sulfate de cuivre. On peut reconnaître de la manière suivante si une étoffe est teinte avec l'indigo, le bleu de Prusse ou un sel de cuivre. La laine teinte avec l'indigo ne change pas de couleur lorsqu'on la fait bouillir avec une lessive de potasse ou qu'on l'humecte avec de l'acide sulfurique concentré. Si c'est du bleu de Prusse qui a été employé, la laine prend une couleur rouge lorsqu'on la fait bouillir avec une lessive de potasse, et elle se décolore lorsqu'on la touche avec de l'acide sulfurique. Enfin la laine teinte avec des sels de cuivre est rougie par l'acide sulfurique étendu et elle laisse une cendre contenant du cuivre.

Teinture de la laine en bleu d'indigo. — Pour teindre la laine en bleu d'indigo, on commence toujours par la faire passer dans une solution d'indigo blanc dans un liquide alcalin et ensuite on l'expose au contact de l'air. L'équation suivante peut servir à faire comprendre le principe de la teinture à l'aide de la cuve d'indigo :



Cuves d'indigo. — Le vase dans lequel on fait la dissolution de l'indigo porte le nom de *cuve*. Ce nom a été aussi appliqué à ce procédé de teinture, de sorte que sous le nom de *cuve d'indigo* on désigne la méthode en usage pour dissoudre l'indigo. On dissout l'indigo soit en le réduisant, soit en le traitant par l'acide sulfurique. On divise les cuves en *cuves à froid* et *cuves à chaud*. Au nombre des cuves à chaud on compte la *cuve de pastel* et la *cuve à la potasse*; parmi les cuves froides on trouve la *cuve à la couperose*, la *cuve à l'urine*, la *cuve au zinc*, la *cuve à l'hydrosulfite de soude*, la *cuve à l'orpiment* et la *cuve au protoxyde d'étain*.

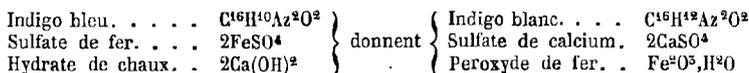
Cuve de pastel. La *cuve de pastel* ou cuve froide sert principalement pour teindre la laine à cardes et le drap; de toutes les cuves, c'est celle qui donne les couleurs les plus belles, les plus brillantes et les plus solides, et

lorsqu'elle a été montée avec la meilleure espèce de pastel, on obtient des teintes particulièrement vives et nourries. Autrefois, lorsque l'indigo n'était pas connu, cette cuve était montée avec le pastel et alors elle devait uniquement à ce dernier sa propriété tinctoriale ; plus tard, afin d'augmenter le pouvoir colorant, on remplaça une partie du pastel par de l'indigo. On ajoute maintenant du pastel à la cuve non pas précisément à cause de l'indigo qu'il renferme, mais plutôt pour provoquer une fermentation par laquelle l'indigo est réduit en indigo blanc et dissous. Pour monter une cuve, qui est ordinairement en fer ou en cuivre, on la remplit d'abord avec de l'eau tiède et l'on ajoute par chaque volume d'eau de 500 litres 1 kilogr. d'indigo en poudre fine, 15 kilogr. 500 de pastel, 500 gram. de garance, 500 gram. de son et 500 gram. de carbonate de potassium ; on porte le mélange à la température de 80 ou 90° et on l'y maintient pendant 2 heures. On ajoute ensuite 500 grammes de chaux éteinte et réduite en lait, on cesse de chauffer et on laisse refroidir la cuve lentement. Au bout d'un certain temps, qui suivant les circonstances peut varier de 12 heures à quelques jours, il s'établit une fermentation, sous l'influence de laquelle l'indigo est peu à peu réduit et dissous. On voit apparaître à la surface du liquide des bulles bleues et des stries de même couleur avec un reflet rouge cuivre (*fleurée*) et il se développe une odeur ammoniacale particulière. Le liquide doit contenir un léger excès de chaux. Lorsque la réduction de l'indigo est terminée, la liqueur est claire et de couleur jaune vineux. On ne peut pas donner une explication satisfaisante relativement au rôle que jouent la garance et le son dans la cuve de pastel. Il est probable que certains éléments du son et de la garance, par exemple le sucre de celle-ci, les corps pectiques et gommeux et l'amidon, que contient le son, donnent d'abord naissance à de l'acide lactique et que ce dernier se transforme ensuite en acide butyrique, transformation accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène, qui se trouvant à l'état naissant réduit l'indigo bleu en indigo blanc. Le pastel éprouve de son côté un autre mode de fermentation, qui peut être désignée sous le nom de putréfaction lente et dans laquelle il se forme comme produit essentiel de l'ammoniaque, sous l'influence de laquelle l'indigo blanc entre en dissolution. Ces deux fermentations paraissent être indispensables pour la réussite de la cuve. En ajoutant à celle-ci seulement du pastel, la putréfaction serait trop rapide et l'indigo totalement détruit. Sous l'influence de l'acide libre qui se forme pendant la fermentation du son et de la garance, la putréfaction du pastel est modérée de telle sorte qu'il se dégage la quantité d'ammoniaque nécessaire pour la dissolution de l'indigo blanc, mais sans que l'indigo soit détruit. La chaux est destinée à saturer l'acide produit par la fermentation, acide qui sans cela neutraliserait l'ammoniaque et enlèverait par suite à l'indigo blanc son dissolvant ; elle agit dans le même sens que l'acide pour empêcher que la marche de la fermentation ne soit trop rapide, et elle contribue par conséquent pour sa part à mettre obstacle à la destruction de l'indigo.

Cuve à la potasse. Pour préparer la cuve à la potasse ou à la soude (cuve

d'Inde), on prend pour 12 parties d'indigo, 8 parties de garance, 8 parties de son et 24 parties de potasse (carbonate de potassium), on chauffe à 50°, au bout de 36 heures on ajoute encore 12 parties de potasse et après 48 heures une égale quantité du [même sel. Au bout de 3 jours la fermentation est assez avancée pour que la cuve soit prête pour la teinture. Cette cuve teint mieux et plus rapidement que la cuve de pastel, elle est aussi beaucoup plus facile à conduire. On l'emploie à Elbeuf et à Louviers en France, ainsi qu'en Allemagne pour la teinture du drap. Depuis quelque temps la *cuve à la soude*, préparée avec le carbonate de sodium et la chaux caustique, est de plus en plus en faveur.

Cuve à la couperose. Dans la *cuve à la couperose* (cuve à froid) on mélange l'indigo avec de l'eau, du sulfate de fer et de la chaux (ou de la potasse et de la soude). Le liquide est décoloré très-promptement et il est surtout employé pour teindre rapidement. La réduction de l'indigo se produit de la manière suivante : la chaux sépare du sulfate de fer, avec formation de sulfate de calcium, de l'hydrate de protoxyde de fer, qui se transforme peu à peu en peroxyde. Par suite de cette transformation, de l'eau est décomposée ; l'oxygène de celle-ci convertit le protoxyde en peroxyde, tandis que l'hydrogène s'unit à l'indigo bleu et forme de l'indigo réduit :



La cuve au vitriol est plus fréquemment employée pour teindre les étoffes de coton et de lin que dans la teinture sur laine.

Depuis quelque temps on remplace quelquefois, suivant l'indication de *Leuchs*, le sulfate de fer par du zinc en poudre et l'on obtient alors la *cuve au zinc*, qui est maintenant très-employée pour la teinture du coton.

Cuve à l'urine. La *cuve à l'urine* se prépare en dissolvant l'indigo dans de l'urine putréfiée. La réduction de l'indigo est produite par les matières organiques de l'urine, et la dissolution de l'indigo réduit par le carbonate d'ammonium résultant de la fermentation de l'urine. On se sert, quoique très-rarement, de la cuve à l'urine pour teindre la laine et le lin.

Cuve à l'hydrosulfite de soude. La cuve à l'hydrosulfite de soude de *P. Schützenberger* (1873) se prépare de la manière suivante : On mélange une dissolution concentrée de bisulfite de soude avec du zinc ; le zinc se dissout sans dégagement d'hydrogène et il se forme des hydrosulfites ($\text{SO}^2 + \text{H}^2\text{O} + \text{Zn} = \text{ZnSO}^2 + \text{H}^2$ et $\text{SO}^2 + \text{H}^2 = \text{H}^2\text{SO}^2$). L'oxyde de zinc est séparé par addition d'un lait de chaux. Le liquide filtré à l'abri de l'air est mélangé avec de l'indigo et de la soude ou de l'hydrate de chaux, et l'on obtient au bout de peu de temps une solution d'indigo blanc.

Cuve à l'orpiment. La *cuve à l'orpiment* s'emploie plutôt dans l'impression des tissus que dans la teinture sur laine. On la prépare en dissolvant de l'orpiment (sulfure d'arsenic As^2S^3) et de l'indigo dans une lessive de po-

tasse, et l'on applique la dissolution épaissie avec de la gomme. La réduction a lieu de la manière suivante : au contact de l'orpiment et de la potasse, de l'eau est décomposée et il se forme de l'arséniate et de l'hyposulfite de potassium ; l'hydrogène mis en liberté se combine avec l'indigo bleu qu'il transforme en indigo blanc.

Cuve à l'étain. Pour monter la *cuve à l'étain*, on mélange l'indigo avec une dissolution de protoxyde d'étain dans la potasse caustique, ou bien on fait bouillir de la soude caustique avec de l'indigo et de l'étain métallique. Dans ces deux cas il se forme de l'indigo blanc et un stannate alcalin. Cette cuve est aussi surtout employée dans l'impression des tissus.

Depuis quelque temps, on emploie quelquefois la *cuve au sucre*, dans laquelle du sucre de lait ou du sucre de fécule, mis en présence d'alcalis, agit comme corps réducteur.

Bleu de Saxe. — Comme on l'a dit page 614, l'indigo se dissout dans l'acide sulfurique concentré et forme avec celui-ci l'*acide sulfindigotique*. Ce dernier sert pour la teinture de la laine en bleu de Saxe. Pour préparer la dissolution d'indigo (la composition d'indigo), on dissout une partie d'indigo dans 4 ou 5 parties d'acide sulfurique fumant, on verse la solution dans une chaudière avec de l'eau de rivière et l'on introduit dans le liquide de la laine en flocons, que l'on y laisse pendant 24 heures. Au bout de ce temps, durant lequel l'acide sulfindigotique s'est précipité sur la laine, on laisse égoutter celle-ci, puis on l'introduit dans une chaudière avec de l'eau, qui a été mélangée avec un peu de carbonate d'ammonium, de sodium ou de potassium et l'on fait bouillir pendant quelque temps. La solution ainsi obtenue (improprement appelée *bleu de Saxe distillé*) est employée pour teindre en bleu. Lorsque de la laine doit être teinte avec cette dissolution, ou la fait bouillir avec de l'alun et on la traite ensuite par ce liquide. Il se forme sur la laine du sulfindigotate d'aluminium.

Révivification de l'indigo. — Pour extraire l'indigo des déchets, des chiffons de drap, etc., qui sont teints avec cette matière colorante, on traite les tissus par l'acide sulfurique étendu, que l'on chauffe à 100°. La laine se dissout, tandis que l'indigo se précipite à l'état insoluble. Les draps d'uniformes militaires peuvent donner jusqu'à 2 ou 3 pour 100 d'indigo. La solution acide de la laine est neutralisée avec de la craie ; le sulfate de calcium qui prend naissance constitue un excellent engrais à cause de la substance azotée qui s'y trouve mélangée. [*C. Bouhon*, d'Ensival, près Verviers, imprègne les fils et les tissus teints en indigo avec une solution de carbonate de sodium, puis il les traite par l'acide chlorhydrique ; l'acide carbonique qui se dégage entraîne l'indigo à la surface du liquide, où on le recueille.]

Teinture au bleu de Prusse. — Avec le *bleu de Prusse* on teint la laine de deux manières différentes. La première manière consiste à imbiber la matière avec une dissolution de peroxyde de fer et ensuite à la passer dans une solution de ferrocyanure de potassium, qui a été acidulée avec de l'acide sulfurique. Le deuxième procédé (*bleu de France*) repose sur l'emploi de l'action décomposante de l'air sur les acides ferrocyanhydrique et ferri-

cyanhydrique. On plonge les tissus dans une dissolution aqueuse de ferrocyanure ou de ferricyanure de potassium, d'acide sulfurique et d'alun, et on les expose ensuite au contact de l'air atmosphérique; l'acide ferrocyanhydrique ou ferricyanhydrique se décompose en acide cyanhydrique qui se dégage et en ferrocyanure ferrique, qui reste sur la fibre. Le nouveau procédé de *Meitzendorf*, pour obtenir des nuances de bleu de Prusse aussi belles que celles produites avec le bleu de Saxe, repose sur l'emploi du ferricyanure de potassium. D'après cette méthode, on prend une solution de ferricyanure de potassium, de bichlorure d'étain (SnCl_4), d'acide tartrique et d'acide oxalique, dans laquelle on chauffe la laine. L'acide oxalique dissout le bleu de Prusse, dont l'effet utile comme matière tinctoriale ne peut se produire que lorsqu'il est à l'état de dissolution. L'acide tartrique rehausse l'éclat et la vivacité de la couleur.

Teinture en bleu avec le bois de Campêche et le sulfate de cuivre. — Pour teindre en bleu avec le bois de Campêche et le sulfate de cuivre, on prépare un bain dans lequel on fait bouillir du bois de Campêche et l'on y ajoute ensuite de l'alun, du bitartrate de potassium et du sulfate de cuivre. On fait bouillir la laine dans ce bain. Lorsque la teinture est achevée, on avive les tissus en les faisant bouillir dans un bain de bois de Campêche de protochlorure d'étain, d'alun et de bitartrate de potassium. Les draps teints au bois de Campêche et ensuite avivés ont, sur ceux qui sont teints en pièce avec l'indigo, l'avantage de ne jamais blanchir par le frottement et par l'usage. A la place du bois de Campêche, on emploie maintenant fréquemment pour les couleurs demi bon teint l'*orseille* et le *persio*. Le bleu d'*aniline* est plus rarement employé pour la teinture du drap que pour celle des étoffes de laine unies.

Teinture de la laine en jaune. — La substance la plus fréquemment employée pour teindre la laine en jaune est la *gaude*, qui au contact des alcalis a la propriété de devenir moins rouge que les autres matières colorantes jaunes. Les couleurs de *gaude* résistent assez longtemps à l'action de l'air, bien que leur solidité ne puisse pas être comparée avec celle des couleurs d'indigo. On fait bouillir la laine d'abord avec une solution d'alun et de bitartrate de potassium et ensuite dans un bain frais de *gaude*. En ajoutant un peu de *fustet* ou de *garance* on obtient un *jaune-rouge*, et avec un peu d'acide sulfindigotique on a un *jaune-citron*. Le bois jaune s'emploie moins pour la préparation d'un jaune pur que pour des couleurs mélangées. La grande quantité de tannin contenue dans le bois jaune fait que l'on peut teindre avec ce bois sans mordants, bien que la laine en flocons teinte de cette façon acquière une roideur très-nuisible pour le filage. La proposition que l'on a faite de précipiter le tannin du bois jaune avec des rognures de peau est irrationnelle, parce que l'acide tannique contenu dans ce bois est une matière tinctoriale jaune, et par l'élimination de cet acide on enlèverait au bois jaune la majeure partie de son principe colorant. On emploie le bois de *fustet* principalement pour la teinture du mérinos en jaune. On produit du jaune d'or sur laine à l'aide du *jaune de Martius* ou de l'acide

picrique. La proposition que *Jacquemin* a faite en 1874 de teindre la laine en jaune avec l'acide chromique n'est pas sans intérêt.

Teinture de la laine en rouge. — Pour *teindre la laine en rouge* on emploie le plus ordinairement la *garance* ou ses dérivés (fleur de garance, garance, extraits de garance, etc.; voy. p. 604). La teinture en garance ou le *garançage* comprend deux opérations, le *bouillon* et la *rougie*. L'eau que l'on emploie pour la préparation des bains doit être aussi pure que possible, parce que les sels calcaires, surtout, donnent à la couleur un ton violet particulier. La première opération (le bouillon) consiste à faire bouillir la laine dans une dissolution d'alun et de crème de tartre, et dans la deuxième (la rougie) on plonge la fibre textile dans un bain de garance, dont la richesse en cette dernière substance doit s'élever au moins à la moitié du poids de la matière à teindre. Après le bouillon, on lave la laine avec soin, afin de la débarrasser de toutes les particules de bois qui y adhèrent. Depuis quelques années l'alizarine artificielle tend de plus en plus à se substituer à la garance. La teinture en rouge avec la *cochenille* exige comme le *garançage* les deux opérations précédentes, le *bouillon* et la *rougie*. Les nuances avec reflet jaune portent le nom d'*écarlate*, celles avec reflet rouge sont connues sous le nom de *ponceau*. On fait bouillir dans un bain de cochenille, de crème de tartre et de sel d'étain et l'on teint avec la cochenille et le sel d'étain. Avec les matières colorantes (rouges, bleues, vertes, grises, jaunes, violettes) dérivées de l'*aniline*, de la *naphtaline*, de l'*acide phénique* et de la *résorcine*, on peut facilement teindre la laine, dont l'affinité pour les couleurs d'aniline est si développée, que la solution d'une matière colorante de ce genre peut être presque complètement décolorée par cette fibre textile. Toutes ces couleurs de goudron, principalement la *coralline* et les *violetts d'aniline*, sont maintenant très-employées pour la teinture des étoffes de laine unies.

Teinture en vert. — On obtient du *vert* en combinant du bleu et du jaune. Ordinairement on teint d'abord la laine en bleu, puis on la fait bouillir avec de la crème de tartre et de l'alun et on la teint ensuite au bois jaune ou à la gaude. Le drap vert employé pour garnir les tables de jeu, les billards, etc., est teint de la manière suivante : On prépare une décoction légère de bois jaune, on ajoute dans le bain un peu de bleu de Saxe et l'on y fait dissoudre de l'alun et de la crème de tartre. On plonge ensuite la pièce dans le bain, que l'on maintient en ébullition pendant deux heures. Après le lavage on teint le drap dans un bain de bois jaune frais auquel on a ajouté une petite quantité de bleu de Saxe. On teint aussi la laine (fil de laine, étoffes de laine unies, demi-laine, etc.) en vert avec le *lo-kaô* (voy. p. 618) et le vert d'aniline, notamment avec le *vert de méthyle* et autrefois avec le vert à l'iode. Comme le vert à l'iode se décompose à une température élevée en violet à l'iode et iodure de méthyle, il ne faut pas lors de l'apprêt des tissus teints au vert à l'iode employer des cylindres fortement chauffés. — D'une manière analogue, on produit avec la cochenille, le bois de fustet, la garance, le bois jaune, etc., toutes sortes de couleurs mixtes.

Teinture en noir. — La *teinture de la laine en noir* s'effectue ordinairement, si l'on fait abstraction de l'application du noir d'aniline, à l'aide d'une combinaison de peroxyde de fer avec l'acide tannique et l'acide gallique. On mordance la laine avec le vitriol vert et l'on teint ensuite dans une décoction de bois de Campêche, de noix de galle, de sumac, etc. Pour le noir bon teint (*noir de Sedan*) on donne aux draps un pied d'indigo bleu foncé à la cuve au pastel, on les lave ensuite avec soin, on les met dans un bain de sumac et de bois de Campêche, on les y fait bouillir pendant trois heures et ensuite on ajoute du sulfate de fer. Cette opération est répétée jusqu'à ce que le drap ait acquis une couleur noir intense. Pour le noir moins bon teint, on donne au drap un pied de bleu de Prusse et l'on teint comme précédemment. Pour le noir mauvais teint (*noir de Bédarieux, noir de Tours, noir de Genève*) on passe d'abord le drap dans un bain contenant du bois de Campêche, du sumac et un peu de bois jaune, et l'on emploie pour la teinture du sulfate de fer et du sulfate de cuivre. La teinture en noir avec le chromate de potassium (*noir de chrome*) — découverte faite par *Th. Leykauf* de Nuremberg — se pratique de la manière suivante : On donne un bouillon dans une solution de bichromate de potassium et de crème de tartre et l'on teint avec une décoction de bois de Campêche. A la place du vitriol vert, on emploie aussi avec avantage l'acétate de fer préparé avec le vinaigre de bois (pyrolignite de fer).

Pour obtenir le *drap blanc*, on passe le drap préalablement soufré dans la craie, et après dessiccation, on le bat et on le brosse.

Teinture de la soie. — La soie est ordinairement teinte à l'état grège, après qu'elle a été décreusée, blanchie ou soufrée. Les bains en usage dans la teinture de la soie ne doivent pas être employés bouillants, mais froids.

Pour teindre la soie en *noir* on emploie l'un des moyens suivants :

- 1° Bois de Campêche et mordant de fer (rouille) ;
- 2° Bois de Campêche et bichromate de potassium ;
- 3° Tannin, noix de galle et autres substances tannantes et sels de fer ;
- 4° En noir d'aniline, d'après le procédé de *Persoz junior* et d'autres.

Les deux premiers noirs sont appelés improprement *noirs de bois* et le troisième *noir chargé*. Le noir de bois avec mordant de fer s'obtient en mordançant la soie avec du nitrate de fer (*rouille*) et en teignant au bois de Campêche ; il est peu coûteux et surtout employé pour les étoffes légères, les rubans, etc. ; cette couleur offre l'inconvénient de rougir au contact des acides, même étendus. Le noir chargé est plus cher et d'une préparation plus compliquée, mais il a l'avantage de ne pas être altéré par les acides, et en outre la soie absorbe dans le noir chargé une quantité de substances tinctoriales, qui s'élève à 60, 80 et même à 100 pour 100 de son poids¹. Le teinturier doit, suivant la demande, livrer pour 100 kilog. de soie grège. 160, 200, 300 et même (d'après *E. Kopp*) 450 kilog. de soie teinte en noir

¹ La soie destinée à la confection des cordons de souliers donne même jusqu'à 225 pour 100 de soie teinte.

chargé. En Allemagne, on emploie comme substance tannifère de l'extrait de châtaignier ou de l'extrait de gallons ou l'extrait très-astringent préparé, en Bohême, sous le nom de *piéd-de-noir pour soie*. La soie noire est souvent très-fortement imprégnée de teinture, ce qui donne au tissu une grande épaisseur apparente, mais la couleur n'est pas solide et le tissu déteint. Une couleur de ce genre porte le nom de *couleur chargée*. Au microscope on remarque que la couleur n'adhère que faiblement aux fibres de la soie. Pour teindre en noir chargé, on commence par *engaller* la soie, c'est-à-dire qu'on la passe dans un bain contenant du tannin et ensuite on la teint avec des sels de fer (*noir de Mailander*); on donne quelquefois au noir une nuance bleue en passant d'abord l'étoffe dans du prussiate de potasse et l'azotate de fer.

Aucune autre couleur que le noir chargé n'a jusqu'à présent autant exercé la spéculation, parce que le but que l'on se propose dans le cas dont il s'agit est double, on veut teindre en noir et l'on veut aussi augmenter le poids du tissu. On atteint le premier but à l'aide des matières tannifères qui, comme la noix de galle, etc., renferment du tannin bleussant les sels de fer, et pour arriver au second on se base sur la propriété que possèdent les matières tannifères de pouvoir se combiner facilement et complètement avec les substances animales, et par conséquent aussi avec la soie. Sous l'influence du tannage la peau augmente en poids et en volume, l'acide tannique agit de la même manière sur les fibres de la soie, qu'il gonfle, qu'il rend plus volumineuses et par suite plus pesantes. Plus le bain est riche en acide tannique, plus la soie devra augmenter de poids (jusqu'à une certaine limite). Il n'est pas indifférent d'employer pour la teinture un sel de protoxyde ou de peroxyde de fer; la soie engallée passée dans un bain de peroxyde devient immédiatement noire, tandis que dans un bain de protoxyde elle est d'abord simplement violet-noir, mais, au contact de l'air, elle noircit peu à peu. Bien que l'action du sel de protoxyde donne finalement un résultat semblable à celui que fournit le sel de peroxyde, chacun de ces sels a cependant pour certains usages déterminés ses avantages particuliers: avec de petites quantités de tannin on peut se servir, et utilement, du peroxyde, tandis que avec de grandes quantités d'acide tannique on ne peut employer que l'oxydure. Le nouveau procédé proposé récemment pour teindre la soie en *noir d'aniline* avec le chromate de cuivre et l'oxalate d'aniline donne d'excellents résultats.

On teint la soie en *bleu* à l'aide de l'*indigo*, du *bleu de Prusse*, du *bois de Campêche* et du *bleu d'aniline*. On emploie la cuve d'indigo plus rarement que le sulfate d'indigo purifié (*bleu de Saxe distillé*). Pour teindre au bleu de Prusse, on plonge d'abord le tissu dans un mélange d'eau, de liqueur de Raymond ¹ et de protochlorure d'étain, on lave avec de l'eau et l'on passe

¹ La liqueur de Raymond est une dissolution de sulfate de fer dans l'acide azotique et elle est identique avec la *rouille*. Le bleu produit avec ce liquide porte le nom de *bleu-Raymond*. Le *bleu-Napoléon*, beaucoup plus brillant que le bleu-Raymond, s'obtient en plongeant le tissu dans un bain de fer avec sel d'étain, puis dans un bain de ferrocyanure de potassium acidulé avec l'acide sulfurique.

dans une solution de savon bouillante. Après le lavage on le plonge dans une dissolution de ferrocyanure de potassium, qui a été acidulée avec un peu d'acide chlorhydrique. On rehausse la couleur en passant la soie teinte à l'eau ammoniacale. Pour teindre la soie avec les couleurs bleues préparées avec l'*aniline* et la *diphénylamine* (voy. p. 577), l'opération est très-simple : il suffit d'introduire la soie à teindre dans une solution de la matière colorante (dans l'alcool, l'esprit de bois, ou dans l'eau, si l'on se sert du bleu d'aniline soluble dans ce liquide) et de l'y laisser, jusqu'à ce que l'on ait obtenu la nuance désirée. Jusque dans ces derniers temps, la teinture en *rouge* de la soie a été effectuée avec le carthame, la cochenille et l'orseille, notamment avec la pourpre française, mais maintenant on emploie généralement dans ce but la fuchsine, la coralline (aurine), la safranine, l'éosine et le rouge de Magdala. L'opération avec toutes les couleurs rouges de goudron est extrêmement simple : on laisse séjourner la soie dans la solution de la matière colorante, jusqu'à ce que l'on ait la nuance désirée. Le rouge d'aniline, relativement à la vivacité, l'intensité et la pureté, est la plus belle de toutes les couleurs, il est cependant dépassé pour la solidité par le rouge de Magdala. L'*orseille* est aussi fréquemment employée dans la teinture de la soie, bien que les couleurs violettes de goudron (violet méthylé et violet benzylé) tendent de plus en plus à la remplacer, notamment depuis 1873. On teint en *jaune* avec la gaude, à laquelle on ajoute un peu de rocou, lorsqu'on veut avoir une teinte tirant sur l'orange, ou comme dans la teinturerie moderne avec le *jaune de Martius*. On produit quelquefois sur soie, par formation d'*acide picrique*, un *jaune clair* en faisant agir sur cette fibre de l'acide azotique ; le jaune ainsi obtenu est ensuite rendu plus foncé par l'action des alcalis. Pour produire du jaune orange, on passe la soie dans une solution alcaline de rocou. Pour le *vert ordinaire* on teint d'abord en jaune avec la gaude, le quercitron, le bois jaune ou l'acide picrique et ensuite en bleu avec la composition d'indigo, le carmin d'indigo ou le bleu d'aniline. Pour le *vert solide* on teint d'abord en bleu avec le *bleu-Raymond*, puis en vert avec le bois jaune. On emploie maintenant presque exclusivement dans la teinture de la soie en vert le vert d'aniline (éméraldine), le vert à l'iode et le vert de méthyle. Pour le *lilas* on se sert du violet d'aniline, de l'orseille, ou du bois de Campêche et du bichlorure d'étain (bain physique pensée).

Teinture du coton. — On teint le coton sous forme de fil ou de tissu, mais le plus souvent sous forme de fil. Il est beaucoup plus difficile à obtenir bon teint que la laine et il a besoin d'un mordant beaucoup plus énergique. On produit du *bleu* sur coton à l'aide de la cuve au vitriol, du bleu de Prusse (bleu chinique), du bois de Campêche et du sulfate de fer, et d'une solution d'oxyde de cuivre dans l'ammoniaque, qui par la dessiccation donne un beau bleu clair. On obtient du *jaune* avec la graine d'Avignon, la gaude, le bois jaune, l'écorce de quercitron, le rocou, l'acétate de fer et le jaune de chrome, du *vert* avec la cuve au vitriol et le quercitron, du *brun* avec un sel de fer, le quercitron et la garance ou avec l'hydrate

d'oxyde de manganèse. On teint en *noir* bon teint soit avec le noir d'aniline, soit en donnant d'abord un pied de bleu de cuve au vitriol, puis en mordant avec le pyrolignite de fer et en teignant ensuite dans un bain de noix de galle et de bois de Campêche. Les *couleurs de goudron*, notamment celles qui dérivent de l'aniline, ne sont pas absorbées telles quelles par les fibres du coton, mais elles peuvent être fixées sur celles-ci à l'aide des mordants, parmi lesquels une solution de tannin est le meilleur. On emploie aussi l'*animalisation* des fibres du coton avec de l'albumine ou de la caséine, procédé dans lequel les fibres végétales sont en quelque sorte enveloppées dans une couche de substance animale et ainsi rendues semblables aux fibres de laine et de soie vis-à-vis des couleurs d'aniline. On se sert aussi pour le mordantage du coton du mordant huileux ou de savon mou. Le *cachou de Laval de Croissant et Bretonnière* (voy. p. 600) est maintenant beaucoup employé dans la teinture du coton. [Les nuances qu'il donne sont très-solides à l'air et au savonnage; il peut également servir de mordant pour les matières qui ne teignent pas directement le coton, telles que les couleurs d'aniline et les extraits de bois.]

Dans la *teinture en rouge du coton* la garance est surtout importante. [L'alizarine artificielle (alizarine à 10 et à 15 pour 100 pour violet et rose, alizarine pour rouge, mélange d'alizarine et d'isopurpurine) et la purpurine artificielle de *de Lalande* sont maintenant très-employées à la place de la garance et de ses dérivés, aussi bien dans la teinture que dans l'impression du coton]. On distingue le *rouge ordinaire* et le *rouge turc*; le premier se fait sur un fond non huilé et le second sur des fils ou des tissus qui ont été préalablement traités par des mordants huileux.

Teinture en rouge turc. Le *rouge turc* (rouge d'Andrinople, rouge indien), qui, après le lavage des fils ou des tissus, devient encore plus beau et plus vif, s'obtient au moyen des cinq opérations suivantes : 1° Le *mordantage* du fil s'effectue au *bain de fiente*, qui est un mélange d'une huile d'olives acide particulière (huile tournante), avec du carbonate de potassium, de la fiente de mouton et de l'eau, et au *bain blanc*, qui se compose d'un mélange d'huile tournante, de carbonate de potassium et d'eau. On abandonne ensuite le tissu au contact de l'air, sous l'influence duquel une partie de l'huile tournante, qui a été absorbée par le coton, se modifie et mordance celui-ci. L'huile non combinée est éliminée au moyen d'une solution de carbonate de potassium ou de sodium; 2° L'*engallage* est pratiqué avec une décoction de noix de galle ou de sumac; 3° Le coton engallé est *aluné*, c'est-à-dire foulardé dans une solution d'alun neutralisée par le carbonate de sodium, puis séché et encore aluné; 4° La *teinture* ou le *garantage* s'effectue avec une décoction de garance ou d'une préparation de garance appropriée, ou dans une solution d'alizarine artificielle; 5° L'*avivage* et le *rosage*, sous l'influence desquels le fil teint prend la nuance rouge-écarlate, se font par chauffage avec une solution de savon, du protochlorure d'étain et de l'acide azotique. Dans cette opération une partie de l'alumine combinée avec la matière colorante est remplacée par de l'oxyde d'étain. Bien que la teinture en rouge turc soit en

usage en Europe depuis plusieurs siècles, et qu'elle ait beaucoup été perfectionnée, aucune explication satisfaisante n'a jusqu'à présent été donnée sur les réactions qui s'y produisent et sa théorie est encore assez obscure. Il est probable que par l'action de la fiente (qui peut jusqu'à un certain degré être remplacée par un mélange de phosphates et de colle) l'étoffe éprouve une sorte d'animalisation, qui lui communique la propriété de prendre des couleurs plus belles et plus brillantes; que si elle n'avait été mordancée qu'avec des substances minérales. Des recherches récentes ont en outre montré que l'huile employée en grande quantité dans ce genre de teinture se décompose au contact de l'air et se combine avec la fibre animalisée, peut-être de la même manière que dans le chamoisage, l'huile de poisson s'unit avec la fibre animale. *Persoz, Jenny*, etc., sont d'avis que l'huile joue le rôle principal dans la teinture en rouge turc. Malgré cela, il semble qu'une combinaison d'oléate d'aluminium et de tannate d'aluminium unie avec les composés correspondants d'étain favorise la fixation de la matière colorante de la garance sur la fibre de coton animalisée, et en quelque sorte tannée. L'éclat particulier du rouge turc est dû, d'après *Wartha* (1870), à une combinaison particulière d'un acide gras, qui cependant n'adhère pas fortement à la fibre et qui peut en être enlevée par l'éther et la ligroïne.

[*A. Rosenstiehl*¹ a étudié récemment (1875) le rôle que jouent, en teinture, les divers pigments de la garance, l'alizarine, la pseudo-purpurine, la purpurine et l'hydrate de purpurine; il est arrivé aux résultats suivants: *L'alizarine chimiquement pure* (voy. p. 602), délayée dans l'eau distillée, ne sature pas en teinture les mordants de fer et d'alumine; pour arriver à la saturation il faut la présence d'un peu de carbonate de calcium. Les mordants d'alumine prennent, avec l'alizarine pure, une nuance rouge violacé, les mordants de fer se teignent en une nuance voisine du violet bleu. Ces nuances résistent très-bien au soleil et à l'eau de savon. La *purpurine* teint facilement les mordants dans l'eau distillée. Le rouge violet et le rose qu'elle donne aux mordants d'alumine perdent à l'ébullition dans l'eau seule ou dans l'eau de savon ce qu'ils avaient de violacé; le premier devient franchement rouge et acquiert beaucoup d'éclat; le rose se rapproche d'un orange rouge, clair; cette modification est due à la transformation sur le tissu de la purpurine en *purpurine hydratée* (matière orange), qui se comporte comme la purpurine, mais avec cette différence que les rouges ont, au sortir du bain, la nuance rouge franc que présente le tissu teint en purpurine après ébullition dans l'eau. La *pseudo-purpurine* ne teint les mordants que dans l'eau distillée; avec l'alumine elle donne un violet rouge, avec le fer un gris violacé; ces teintes sont rapidement dégradées par les passages au bain de savon; la présence du carbonate de calcium est nuisible. Dans la teinture en garance ou fleur d'Avignon, qui contient du carbonate de calcium, la pseudo-purpurine combinée à la chaux restant dans le bain, l'alizarine et la purpurine sont seuls utilisées. Avec la garance d'Alsace, qui n'est

¹ *Bulletin de la Société chimique*, t. XXIII, p. 153 et 204.

pas calcaire, la laque formée sur le tissu contient beaucoup de pseudo-purpurine, c'est ce qui explique pourquoi les teintures obtenues ne résistent ni au savon ni à la lumière ; mais si l'on ajoute de la craie au bain de teinture, la pseudo-purpurine est éliminée et l'on obtient des couleurs solides. La pseudo-purpurine étant transformée par l'ébullition avec l'acide sulfurique en purpurine (voy. p. 603), elle est remplacée dans la garance et le garan- ceux par une quantité équivalente de purpurine. De l'étude que nous venons de résumer on peut tirer les conclusions suivantes : L'alizarine pure produit de très-beaux violets, mais ne teint pas en rouge pur ; plus un dérivé de la garance contient de purpurine libre, moins il est apte à produire du violet ; pour les violets on choisira donc la fleur de garance, un extrait de garance riche en alizarine, l'alizarine artificielle ou l'alizarine commune ou pinkof- fine qui ne renferme qu'une quantité très-faible de purpurine. Pour obtenir les rouges et les roses, il faut le concours de l'alizarine, de la purpurine ou de la purpurine hydratée ; les plus beaux rouges résultent de l'emploi d'un mélange formé de 45 parties d'alizarine et 55 parties de purpurine.]

Teinture des tissus de lin. — La *teinture des tissus de lin* s'effectue de la même manière que celle des étoffes de coton ; mais, par suite de la nature particulière des fibres du lin, l'affinité de celles-ci pour les matières colorantes est beaucoup moindre que celle des fibres de coton.

IMPRESSION DES TISSUS.

L'*impression des tissus* a pour objet de produire par impression des des- sins colorés sur des étoffes de coton, de lin, de laine et de soie. La partie la plus importante de cette branche d'industrie est l'*impression du coton* ou des *indiennes*. Elle repose sur les mêmes principes que la teinture, bien qu'elle ait à surmonter des difficultés beaucoup plus grandes, soit parce que certaines parties des étoffes doivent seules recevoir les couleurs, tandis que d'autres doivent rester incolores ou être décolorées, soit aussi parce que fréquemment plusieurs couleurs doivent être produites les unes à côté des autres. Il s'agit en outre de distribuer les couleurs d'une manière élégante et gracieuse. Les couleurs employées pour l'impression des indiennes se divisent en deux catégories : celles qui sont appliquées directement sur le tissu au moyen de plaques gravées (*couleurs d'application*), et celles que l'on produit en immergeant le tissu dans un bain de teinture (*genre teinture* ou *genre garancé*). Aux premières appartiennent les couleurs de fer, le bleu de Prusse, la laque de garance, l'indigo, la cochenille et la plupart des cou- leurs de goudron ; aux dernières la garance, la cochenille, le bois de Cam- pêche, la gaude, le sumac, etc.

Il y a plusieurs manières d'imprimer les tissus :

1° On applique sur le tissu la couleur suffisamment mélangée avec un épaississant et le mordant, ou bien :

2° On n'applique que le mordant épaissi sur les endroits du tissu qui doivent recevoir la couleur et l'on passe ensuite l'étoffe dans un bain de teinture ; ou

5° On teint tout le tissu à l'exception des endroits qui doivent recevoir une autre couleur ; ces endroits sont recouverts avec une substance (*réserve*, *réserve*) qui n'a aucune affinité pour la matière colorante du bain de teinture ;

4° Enfin, on peut obtenir des dessins colorés en teignant uniformément le tissu et en enlevant ensuite la couleur sur les endroits qui doivent être colorés différemment ; dans ce but, on emploie des substances qui agissent chimiquement (*rongeants*, *enlevages*).

Pour un grand nombre de couleurs on a besoin d'employer l'action de la vapeur d'eau pour opérer la fixation ; les couleurs de ce genre portent le nom de *couleurs vapeur*. Si les matières colorantes imprimées sont des matières inorganiques (comme l'outremer) ou des laques (comme la laque de garance), que l'on fixe sur le tissu par voie mécanique (avec de l'albumine, de la caséine, du gluten) et qui adhèrent seulement à la surface du tissu, les couleurs ainsi obtenues se nomment *couleurs d'application mécanique*.

Mordants. — Dans l'impression des tissus on emploie des *mordants* facilement solubles, dont l'acide se sépare facilement de la base, de manière que cette dernière puisse se combiner avec la fibre. On se sert généralement comme mordants de l'acétate d'aluminium (voyez t. I, page 629) et de l'acétate de fer. L'alun ou une dissolution d'alumine dans la soude (aluminat de sodium ; t. I, p. 627) sont plus rarement employés. Pour produire du chromate de plomb, on emploie comme mordant de l'acétate de plomb ; on se sert aussi quelquefois comme mordants de combinaisons d'étain (voyez t. I, page 161). Dans ces derniers temps on a proposé d'employer comme mordant la caséine combinée avec la chaux. Dans ce but, on dissout de la caséine dans de l'ammoniaque étendue et l'on mélange avec cette dissolution un lait de chaux fraîchement préparé. Avec le liquide ainsi produit (caséinate de chaux) on imbibe le tissu à teindre. En chauffant, la combinaison devient insoluble et le tissu est mordancé de telle sorte qu'il résiste au lavage avec des liquides alcalins. Pour empêcher que le mordant de caséinate de chaux ne rende roide et dur le tissu, on a proposé de mélanger la combinaison, avant son emploi, avec de l'huile tournante et de l'appliquer ensuite sur le tissu. Les tissus de coton se comportent en présence de ce mordant comme les tissus de laine et ils deviennent aptes à recevoir les mêmes couleurs.

Épaississants. — Avant d'appliquer les mordants et les couleurs on leur communique une consistance un peu épaisse. Comme *épaississants*, on emploie la gomme du Sénégal, la gomme adraganthe, l'amidon, la leïocomme, la dextrine, le salep, la farine, le gluten, la terre de pipe avec la gomme du Sénégal, la colle, le sulfate de plomb, le sucre, la mélasse, la glycérine, quelquefois aussi le chlorure et le nitrate de zinc. La qualité de la couleur

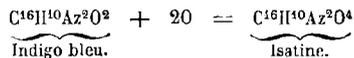
dépend de la nature de l'épaississant ; on emploie maintenant le plus généralement la fécule grillée ou létiocomme (voyez page 67), plus rarement l'alumine. Relativement au choix de l'épaississant, il ne faut pas oublier que la fécule ne peut pas être employée en présence de mordants très-acides, parce que au contact des acides elle perd sa consistance, et qu'en outre on ne doit pas se servir de la gomme comme épaississant en présence de certaines solutions métalliques, comme par exemple l'acétate de plomb basique, la solution d'étain, le mordant de rouille (nitrate de fer) et l'azotate de cuivre, qui coagulent la gomme.

Réservages. — Comme on l'a déjà dit, on applique quelquefois avant l'impression du tissu certaines substances sur les parties qui doivent rester blanches. On nomme ces substances *réserves* ou *réserveges*. Ordinairement le réservage est un mélange, qui est destiné à empêcher l'indigo bleu d'agir à l'état soluble sur certaines parties du tissu, de telle sorte qu'il reste blanc dans les parties où se trouve le réservage, ou qu'au moins il se transforme en indigo bleu et qu'il passe par conséquent à l'état insoluble avant le contact avec le tissu. Les réserveges sont composés de substances susceptibles de former une pâte, comme la terre de pipe, la graisse, l'huile, le sulfate de plomb, et de corps qui cèdent facilement de l'oxygène comme le sulfate et l'acétate de cuivre ou un mélange de prussiate de potasse et de lessive de soude. On ajoute aussi fréquemment un mordant aux réserveges pour certaines autres couleurs (mordant d'argile ou mordant de fer), afin de teindre ensuite dans un autre bain (de garance ou de quercitron) les parties qui restent blanches dans la cuve sous l'influence du réservage. On nomme *lapis* ce genre d'impression, à cause de la ressemblance éloignée qu'ont quelques-uns de ces dessins avec le *lapis-lazuli*. Le *réservege blanc* pour l'impression au rouleau se compose par exemple de verdet ou de sulfate de cuivre, d'acétate de plomb, que l'on épaissit avec une solution de gomme ou de dextrine et que l'on applique ensuite sur le tissu. Le lendemain on passe celui-ci dans la cuve d'indigo, jusqu'à ce qu'il ait acquis l'intensité voulue. On le passe ensuite dans un bain d'acide sulfurique étendu, jusqu'à ce que le réservage soit blanc. La réaction qui se produit dans ce cas est la suivante : aussitôt que l'indigo réduit arrive au contact de l'oxyde de cuivre, il se transforme aux dépens de l'oxygène de ce dernier en indigo bleu, qui se précipite à l'état insoluble sur le réservage. Le traitement par l'acide sulfurique étendu a pour but d'éliminer l'hydrate de protoxyde de cuivre qui se trouve dans le réservage et d'enlever l'indigo bleu insoluble.

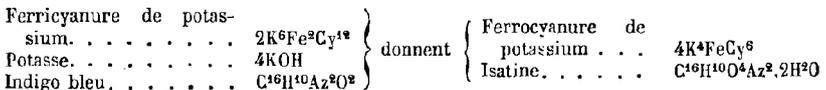
Indépendamment des sels de cuivre, on emploie aussi pour réserveges blancs le *bichlorure de mercure* et le *sulfate de zinc* ; le premier agit comme le sel de cuivre ; le sulfate de zinc donne avec l'indigo blanc une combinaison insoluble, qui se précipite sur les parties réservées.

Rongeants. — Les *rongeants* sont destinés à produire par voie chimique des parties blanches sur des tissus déjà imprimés. Dans ce but, on dissout les mordants (*impression avec enlevage sur mordant*), ou l'on détruit la cou-

leur (*impression à l'enlevage*). Dans le premier cas on se sert d'un acide, qui se combine avec la base (acides phosphorique, arsénique, lactique, oxalique, fluosilicique); pour détruire la couleur par impression à l'enlevage, on emploie des agents qui abandonnent de l'ozone comme le chlorure de chaux, l'acide chromique, un mélange de prussiate rouge de potasse et de lessive de soude, le permanganate de potassium, une bouillie de brome et d'argile, l'acide azotique, substances qui toutes agissent (comme oxydantes) en abandonnant de l'oxygène ozonisé, ou du protochlorure d'étain et du sulfate de fer, qui agissent (comme corps réducteurs) en absorbant de l'oxygène. Un des rongeurs acides les plus employés est l'acide tartrique, qui sert surtout pour dissoudre l'alumine et l'oxyde de fer des mordants. On l'emploie quelquefois mélangé avec du bisulfate de sodium. Un tissu teint en rouge ou en bleu, qui sur les parties à blanchir a été recouvert avec un mélange d'acide tartrique, de terre de pipe et de gomme, perd immédiatement sa couleur dans les parties imprimées, lorsqu'on le plonge dans un bain de chlorure de chaux. Comme enlevage sur bleu de Prusse, on a proposé dans ces derniers temps le fluorure de potassium. L'enlevage de l'indigo bleu par les *rongeurs oxydants* repose sur ce fait, que l'*indigo bleu* insoluble dans l'eau se transforme par absorption d'oxygène en *isatine*, qui est soluble et qui peut être facilement éliminée par des lavages à l'eau :



On emploie pour la destruction de l'indigo bleu de l'*acide chromique*, qui en abandonnant de l'oxygène est réduit en oxyde de chrome. Dans ces derniers temps, *Mercer* a proposé pour blanchir l'indigo dans l'impression des tissus l'emploi d'un mélange de potasse et de ferricyanure de potassium. Dans ce but, on imbibe le tissu teint en bleu dans la cuve d'indigo avec une solution de prussiate rouge de potasse, et l'on imprime ensuite avec de la potasse caustique épaissie avec de la leïocomme. Le ferricyanure de potassium est transformé en ferrocyanure par la potasse et l'indigo bleu est converti en isatine par l'oxygène devenu libre :



Parmi les *rongeurs réducteurs*, le *protochlorure d'étain* est le plus important; on l'emploie pour les tissus teints avec le peroxyde de fer. Si l'on met du protochlorure d'étain en contact avec du peroxyde de fer, il se forme du protochlorure de fer facilement soluble, qui est enlevé par le lavage, et de l'acide stannique (plus exactement une combinaison de protoxyde et de bioxyde d'étain), qui sert comme mordant pour le rouge et le jaune.

Impression sur coton ou fabrication des Indiennes. — L'impression sur coton peut être effectuée : 1^o par teinture ; 2^o par application ; 3^o par enlavage.

Impression genre teinture. — Dans l'impression par teinture (genre teinture, genre garancé), le mordant épaissi et ordinairement mélangé avec un peu du bain de teinture, afin qu'on puisse le voir lorsqu'il est imprimé, est appliqué au moyen d'un bloc ou à l'aide d'une planche gravée ou d'un rouleau. Pour l'impression à la main on emploie une table à imprimer, qui est recouverte avec une étoffe de laine (le doublier). Sur cette table on étend le tissu, et sur celui-ci on imprime le mordant à l'aide d'un bloc. Les blocs sont en bois (bois de poirier, de buis, de sapin), ou ils consistent en pointes métalliques et figures, qui sont fixées dans le bois du bloc. Les premiers se nomment *blocs* ou *planches de bois*, les seconds *blocs* ou *planches à pointiller* ; dans les *blocs mixtes* les parties les plus larges du dessin sont gravées en relief dans le bois, mais les portions les plus fines sont produites au moyen de pointes métalliques qui sont enfoncées entre les parties en relief. Afin que les mordants soient uniformément appliqués, on emploie un *châssis*, sur lequel on cloue un morceau de drap blanc, et une caisse rectangulaire qui est remplie à moitié avec une solution très-épaisse de gomme ou un mucilage de graine de lin, que l'on désigne sous le nom de *fausse-couleur*. Sur ce liquide flotte au-dessous de ce châssis un cadre garni d'une toile cirée, qui a été préalablement enduite d'une légère couche de graisse. Au moyen d'une brosse ou d'un pinceau on étale le mordant sur le châssis. L'imprimeur pose le bloc sur celui-ci, de manière à ce que les parties en relief absorbent le mordant ; il le porte ensuite sur le tissu qui se trouve sur la table à imprimer, et il frappe avec le poing ou un marteau de bois sur le bloc afin que toutes les parties de celui-ci s'impriment. Si sur le châssis on applique en même temps à l'aide de brosses particulières plusieurs mordants, et si ensuite on imprime le tissu, on obtient les nuances les plus variées (genre irisé, genre fondu).

Pour rendre plus rapide l'opération de l'impression on emploie différentes machines : ainsi, par exemple, la *perrotine* imaginée par Perrot, de Rouen, en 1833 ; cette machine est munie de 3 ou 4 planches de bois plates de la largeur de l'étoffe (et sur lesquelles est fixé le dessin sous forme de plaques analogues aux planches stéréotypes et composées d'un alliage facilement fusible d'étain, de bismuth et de cadmium) ; ces planches reçoivent le mordant ou la couleur qu'elles impriment sur l'étoffe. A la place des planches plates, on emploie très-fréquemment depuis longtemps des cylindres ou rouleaux. Dans les *machines à rouleaux* le dessin est gravé sur un cylindre en cuivre, qui est mis en rotation par la machine. Au-dessous de ce cylindre se trouve un rouleau en bois recouvert de drap, qui plonge en partie dans la couleur et qui alimente avec celle-ci le cylindre en cuivre. Tout près de ce dernier se trouve une sorte de couteau (le docteur ou râcle), qui sur les parties en relief enlève l'excès de couleur et n'en laisse que dans les creux qui représentent le dessin.

Lorsque l'impression du mordant est terminée, il est nécessaire d'abandonner l'étoffe à elle-même pendant quelque temps, avant de procéder à la *teinture* ; cela est surtout nécessaire avec les mordants d'alumine et de fer, afin qu'il puisse se produire entre le mordant et le tissu une combinaison intime. Après la dessiccation du mordant, l'étoffe doit, avant d'être teinte, être dépouillée de l'épaississant, de la couleur mélangée avec le mordant (voyez plus haut), et surtout de la portion de mordant non combinée. Mais pour les tissus qui doivent être teints en garance, il est nécessaire de passer l'étoffe au *bain de bouse* (bousage). On ajoute ordinairement un peu de craie, pour saturer l'acide acétique ou le mordant. Bien que l'on n'ait pas encore une théorie satisfaisante relativement à l'action de la bouse, tous les indienneurs s'accordent cependant à dire que son emploi est indispensable. D'après *Mercer* et *Blyth*, la bouse peut être remplacée par certains phosphates et arséniates ; ces chimistes prescrivent un mélange de phosphate de sodium et de phosphate de calcium. Récemment on a aussi proposé d'employer le silicate de sodium comme sel de bousage. Après le traitement au bain de bouse, le tissu mordancé est lavé, puis teint. Les matières colorantes facilement solubles sont employées en dissolution, c'est ce qui a lieu pour la cochenille, le quercitron, la gaude, le carthame, etc. ; les autres, qui ne se dissolvent que difficilement dans l'eau, comme les principes colorants de la garance, sont introduites non dissoutes dans le bain de teinture sous forme de garance ou de garancine. Lorsque différents mordants ont été imprimés, il est aisé de comprendre que l'on pourra obtenir différentes couleurs avec un seul bain de teinture. Ainsi on peut avec la garance teindre en rouge de toutes nuances, en noir, en brun et en violet, si l'on a imprimé de l'alumine et un mordant de fer ou un mélange des deux. Comme la couleur n'adhère que dans les parties où se trouve le mordant, la matière colorante peut être facilement enlevée du reste de l'étoffe ; ce que l'on fait au moyen de lavages, de traitements par le son et le savon, et en exposant l'étoffe sur le gazon. Pour les tissus teints avec la garance on blanchit avec une solution de chlorure de chaux ou avec de l'eau de Javel. Les couleurs dont l'éclat et la nuance se ternissent, au sortir du bain de teinture, sont soumises à l'avivage. Pour le rouge turc l'avivage est produit au moyen d'une longue ébullition avec une solution de savon et de bichlorure d'étain.

Impression genre application. — Le procédé qui consiste à appliquer en même temps des couleurs épaissies et des mordants porte le nom d'*impression genre application*, et les couleurs employées pour cela s'appellent *couleurs d'application* (couleurs topiques). On connaît deux sortes de couleurs d'application : l'une est imprimée à l'état dissous, et elle passe peu à peu sur la fibre sous forme insoluble ; on imprime l'autre espèce à l'état insoluble, et on l'épaissit avec des substances plastiques, au moyen desquelles elle adhère sur la fibre. A cette dernière espèce appartiennent les couleurs d'application mécanique (par exemple l'impression en outremer). On fixe sur coton et on rend plus claires un grand nombre de couleurs d'application en traitant le tissu teint par la vapeur d'eau bouillante. Les couleurs ainsi produites

portent le nom de *couleurs-vapeur*; leur production joue un rôle important dans l'impression des tissus. Dans ce but, on laisse sécher les tissus imprimés pendant 2 ou 3 jours, et ensuite on les étend dans une chambre qui est chauffée à 100 degrés avec de la vapeur d'eau. La durée de la fixation par la vapeur dépend de la température et de la nature du dessin; elle varie entre 20 et 45 minutes. On ne sait pas exactement de quelle manière la vapeur produit la fixation des couleurs. Pour obtenir du bleu (couleur d'application), on applique du bleu de cuve à l'orpiment (voyez page 628) épaissi avec du carbonate de sodium et de la gomme en poudre, et on lave le tissu 24 heures après l'application de la couleur. Pour produire le *bleu vapeur* on imprime avec une solution de ferrocyanure de potassium, d'acide tartrique et d'un peu d'acide sulfurique épaissi avec de l'amidon, on fait sécher, on expose à l'air et on vaporise. On produit le *jaune* suivant la manière ordinaire en imprégnant le tissu avec une dissolution d'acétate de plomb et le passant ensuite dans une solution de bichromate de potassium. Pour le *vert* on prend un mélange de chromate de plomb et de bleu de Prusse.

Impression avec rongeurs ou enlevages. — Dans ce genre d'impression on cherche, comme il a été dit précédemment, à enlever au moyen de rongeurs la couleur de certaines parties du tissu. L'opération à l'aide de laquelle on recouvre toute la surface de la pièce d'étoffe avec un mordant se nomme *placage*. Elle s'effectue en imprégnant l'étoffe avec une dissolution du mordant et ensuite en la faisant passer entre deux rouleaux enveloppés de drap, opération qui a pour effet, d'une part, d'imprégner le tissu uniformément avec le mordant, et d'autre part d'enlever l'excès de celui-ci. Après que le mordant a été appliqué le tissu est teint. Tandis que les *rongeurs* ont pour but d'enlever le mordant dans certaines parties du tissu mordancé, afin que celui-ci ne prenne pas de couleur lors du passage dans le bain de teinture, les *enlevages* ont pour effet de détruire la couleur elle-même. Les acides, comme l'acide oxalique, l'acide citrique, l'acide tartrique, l'acide lactique, l'acide phosphorique, l'acide arsénique, l'acide fluosilicique, ainsi que le bichlorure d'étain appartiennent par conséquent aux rongeurs, et l'acide hypochloreux, l'acide chromique, la liqueur de *Mercer* et en général les agents qui abandonnent de l'ozone font partie des enlevages. Pour les *mordants à base de fer* on se sert comme rongeur d'une dissolution d'acide oxalique et d'acide tartrique dans de l'eau à laquelle on ajoute du suc de citron et de l'amidon grillé ou de la dextrine comme épaississants et une petite quantité de solution d'indigo dans l'acide sulfurique pour colorer légèrement le rongeur; pour les *mordants à base d'alumine* on emploie une solution aqueuse de bioxalate de potassium (sel d'oseille), de tartre, d'acide tartrique et de sel de Glauber, à laquelle on ajoute de l'empois comme épaississant. Mais l'emploi des rongeurs n'a pas seulement pour but de détruire les couleurs ou de produire des blancs, on s'en sert aussi pour obtenir sur des tissus teints des parties avec des couleurs mélangées. Pour produire ce dernier effet, on ajoute des couleurs au rongeur; si l'on emploie comme rongeur des enlevages de chlore, ces couleurs doivent être des couleurs minérales, comme

le chromate de plomb, le bleu de Prusse, etc. Pour produire des couleurs mélangées sur un fond uni, on se sert, par exemple, pour des tissus teints en rouge turc, du procédé suivant : pour obtenir du *blanc* on applique un rongeur composé d'acide tartrique, d'eau, de gomme arabique et d'amidon grillé ; pour du *bleu* un mélange d'acide tartrique, de bleu de Prusse, de sel d'étain, d'amidon et d'eau ; pour du *jaune* du nitrate de plomb, de l'acide tartrique, de l'amidon et de l'eau ; pour du *vert*, un mélange de jaune et de bleu ; pour du *noir* une décoction concentrée de bois de Campêche mélangée avec du nitrate de fer. Si l'on passe dans une solution de chlorure de chaux ou d'eau de Javel les tissus imprimés avec ces différents mordants, la couleur du fond est détruite aux endroits imprimés, et la couleur du mordant prend la place de celle du fond. Pour détruire les couleurs du fond, on emploie aussi l'acide chromique, qui en se transformant en oxyde de chrome donne lieu à la production de nuances brunes.

Impression avec les couleurs d'aniline. — Les *dérivés colorés des éléments du goudron de houille*, considérés dans leur application à l'impression des tissus, sont presque toujours des couleurs-vapeur. L'impression et la fixation sur le tissu s'effectuent de différentes manières : 1° on imprime le mordant épais et on le fixe par dessiccation et exposition à l'air ou par vaporisation, et on teint dans la dissolution de la couleur de goudron (rouge, violette, bleue, verte, jaune, brune) ; la couleur adhère dans les parties mordancées ; ou bien 2° on épaisse le mordant, qui a été préalablement mélangé avec la couleur de goudron, on imprime le mélange, on sèche et on vaporise. Les substances employées comme *mordants* dans l'impression en couleurs d'aniline sont assez nombreuses ; nous mentionnerons d'abord l'albumine des œufs, puis l'albumine du sang, notamment celle qui a été blanchie au moyen de l'essence de térébenthine (qui agit en vertu de son rôle ozonifiant) ; on emploie en outre les différentes préparations de gluten : ainsi le gluten dissous, d'après l'indication de *W. Crum*, dans une lessive faible de soude, ou, d'après *Scheurer-Rott*, une solution de gluten dans un acide faible, ou bien encore, d'après *Liès-Bodard*, une solution de ce corps dans le saccharate de calcium, ou enfin, d'après le procédé de *Hanon*, du gluten rendu soluble par un commencement de putréfaction. A la place du gluten, on peut aussi employer la caséine dissoute dans de la soude caustique ou de l'acide acétique, ou bien de la gélatine ou du tannate de gélatine, d'après la méthode proposée par *Kuhlmann* et *Lightfoot*. Aux corps azotés mentionnés se rattachent le tannin, les huiles grasses, certaines préparations d'huile comme les acides sulfolique, sulfopalmitique et sulfoglycérique, et certaines résines, par exemple, la gomme laque dissoute dans les alcalis, le borax, etc.

L'impression des couleurs d'aniline à l'aide du *gluten* s'effectue de la manière suivante : Du gluten de froment, préparé suivant la manière ordinaire en malaxant de la farine de froment avec de l'eau et en éliminant l'amidon par des lavages, est abandonné à lui-même dans un vase approprié, jusqu'à ce que, par suite de la formation d'un acide, il soit devenu visqueux et suffisamment fluide. En été, le gluten est ordinairement assez

fluide au bout de 5 ou 6 jours, en hiver au bout de 8 ou 10. On purifie ensuite la masse en faisant repasser à l'état insoluble le gluten qu'elle renferme; dans ce but, on sature l'acide avec une solution de carbonate de sodium; 5 kilogr. de gluten exigent ordinairement dans cet état 560 gram. d'une solution de carbonate de sodium d'un poids spécifique de 1,15. Le gluten précipité à l'état insoluble est lavé et dissous dans une lessive de soude d'un poids spécifique 1,080 (pour 5 kilogr. on emploie 455 gram. de lessive) et la dissolution est étendue avec 5 litres 1/2 d'eau. Lorsque le tissu a été imprimé avec ce mélange et plaqué et ensuite séché, il est vaporisé et dégorgé. On se sert maintenant de la solution de la couleur d'aniline comme bain de teinture, dans lequel on passe le tissu mordancé, ou bien on imprime la couleur sur l'étoffe imprégnée de mordant au gluten et ensuite vaporisée et lavée, après quoi on vaporise de nouveau pour fixer la couleur. Le gluten peut du reste être employé sans avoir été préalablement purifié, si on le conserve assez longtemps pour acquérir le plus haut degré de fluidité; dans ce cas, on le mélange avec environ le tiers de son poids d'une lessive de soude du poids spécifique de 1,08. Si l'on doit employer la *caséine* comme mordant, on la mélange avec de la soude, et lorsque le tissu a été imprimé ou imprégné avec ce mélange, on l'imprime avec la couleur d'aniline.

3° Le procédé de *Gratrix* et *Javal* diffère complètement de la méthode précédente par le mode de préparation de la couleur destinée à l'impression; ils opèrent de deux manières différentes: α . Ils forment une combinaison de la couleur d'aniline avec le tannin, ils épaississent avec de la gomme du Sénégal et impriment ce mélange sur le tissu imprégné avec un mordant d'étain ou un autre mordant; ou bien β : ils impriment une décoction épaissie de noix de galle sur le tissu préparé comme il est dit plus haut, ce qui donne lieu à une combinaison de taunate d'étain, etc., et après le séchage ils passent l'étoffe dans une solution acide de la couleur d'aniline. Pour produire (d'après α) la combinaison de tannin avec la matière colorante, on ajoute à une dissolution de la couleur d'aniline autant de décoction de noix de galle fraîchement préparée ou mieux de solution de tannin qu'il en faut pour la précipitation complète de la matière colorante. Le précipité est rassemblé sur un filtre, lavé et dissous dans l'acide acétique, l'alcool ou l'esprit de bois. La solution est épaissie avec de la gomme et ensuite imprimée. Après l'impression, l'étoffe est vaporisée et lavée avec ou sans savon, ce qui dépend de la nuance que l'on désire; la couleur rouge exige un bain de savon. D'après le deuxième procédé (β), l'étoffe est imprégnée avec du stannate de sodium et ensuite on imprime avec une solution de tannin ou d'une substance analogue épaissie avec de la gomme du Sénégal. Le tissu est ensuite vaporisé, et le mordant est fixé par un bain fixateur ordinaire. La teinture a lieu dans une chaudière ordinaire, qui est remplie avec de l'eau acidulée avec de l'acide acétique, et chauffée à environ 50 degrés. On introduit le tissu et l'on ajoute peu à peu la matière colorante nécessaire, dissoute dans l'acide acétique. Dès que toute la matière colorante a été ajoutée, on chauffe peu à peu à l'ébullition.

Le noir d'aniline (voyez page 579) n'est produit que sur le tissu (avec du chlorate de potassium, du perchlorure de cuivre, du ferricyanure d'ammonium ou du sulfure de cuivre fraîchement précipité); depuis quelque temps on produit d'une manière analogue le violet de naphthylamine (voyez page 588), le rouge de Magdala, la coralline, la safranine et l'éosine. L'alizarine artificielle (alizarine pour rouge [mélange d'alizarine et d'isopurpurine], alizarines pour violet et rose à 10 ou 15 pour 100) et la purpurine artificielle de de Lalande sont maintenant très-employées pour l'impression des tissus ¹; et on a aussi tenté de se servir dans le même but du cachou de Laval de Croissant et Bretonnière.

Apprêt des tissus imprimés. — Lorsque les tissus ont été imprimés, on termine le travail par l'apprêt, qui consiste à les imprégner avec une solution d'amidon, qui leur donne plus de solidité, puis à les sécher, à les plier et à les presser. Pour l'apprêt des indiennes pour ameublement on ajoute un peu de cire blanche à la solution d'amidon. Afin que les mousselines imprimées produisent au toucher la sensation du velours que l'on recherche, on ajoute à l'amidon pendant la coction avec l'eau une petite quantité de blanc de baleine.

Impression de la toile et de la laine. — L'impression sur la toile se limite à la confection de toiles colorées en bleu indigo avec des figures bleu clair ou blanches, ou d'articles analogues très-simples.

Dans l'impression sur laine on emploie surtout le genre application et l'impression sur le tissu préalablement traité avec un bain de bichlorure d'étain. La fixation des couleurs s'effectue à l'aide de la vapeur. On distingue en outre dans l'impression sur laine : 1^o le genre golgas et 2^o le genre béryl. Dans le premier genre, qui maintenant n'est plus que rarement usité, on mordance le golgas, qui est un tissu léger analogue à la flanelle, avec de l'alun et du tartre et ensuite on le presse (au moyen de la presse écossaise) entre des planches de bois ou de plomb, qui sont percées à jour de manière à limiter les parties du tissu qui doivent être imprégnées par la couleur; c'est pourquoi deux planches sont nécessaires pour chaque pièce d'étoffe. Les bains de teinture sont versés par les ouvertures de la planche. La partie qui ne se combine pas avec la fibre traverse le tissu et se rassemble dans un vase sous-jacent. Dans le genre golgas on produit par conséquent le dessin en empêchant par pression les parties de l'étoffe de laine correspondant au dessin d'absorber la couleur. Dans le genre béryl on imprime sur de la flanelle légère, au moyen de planches de laiton, les couleurs d'application épaissies avec de l'amidon, et l'on n'enlève pas l'épaississant.

Impression de la soie. — Le procédé employé pour l'impression de la soie est en général le même que celui dont on se sert dans l'impression des indiennes. On imprime des couleurs d'application, que l'on fixe par la

¹ Voyez pour les recettes relatives à l'emploi de l'alizarine artificielle dans l'impression des tissus : P. Bolley et F. Kopp, Traité des matières colorantes artificielles, traduit par L. Gautier, p. 553. Paris, 1874.

vapeur d'eau, ou bien on imprime différents mordants et l'on teint ensuite dans le bain de la teinture.

Un procédé particulier de l'impression sur soie est basé sur la propriété que possède l'acide azotique de colorer en jaune solide les étoffes de soie et de laine, de détruire la plupart des matières colorantes, mais de n'agir qu'au bout d'un long temps sur les résines et les graisses. On nomme ce genre d'impression *mandarinage* et les étoffes imprimées de cette manière s'appellent *mandarins*. Pour imprimer en jaune avec l'acide azotique sur un fond indigo, on applique par impression sur le tissu de soie un réservoir de résine et de graisse, on plonge ensuite l'étoffe pendant 2 ou 3 minutes dans un bain acide chauffé à 50 degrés et composé de 1 partie d'eau et de 2 parties d'acide azotique et on la porte dans l'eau courante. Après cette opération on fait bouillir le tissu dans une solution de savon mélangée avec du carbonate de potassium. Les parties non réservées sont d'un beau jaune.

Dans l'impression *genre bandanas*, au moyen de laquelle on produit des figures blanches sur des mouchoirs de poche teints en rouge garance bon teint, les étoffes sont pressées comme dans le genre golgas entre deux planches de plomb percées à jour. Une solution de chlorure de chaux mélangée avec un peu d'acide sulfurique pénètre dans le tissu aux endroits qui correspondent aux trous de la planche et enlève le rouge dans ces points. Les endroits décolorés peuvent être teints, en jaune par exemple, de la même manière en versant dans les trous de la planche supérieure une solution d'acétate de plomb, puis une solution de chromate de potassium.

CHAPITRE VII

MATIÈRES ET APPAREILS EMPLOYÉS POUR L'ÉCLAIRAGE

DE L'ÉCLAIRAGE EN GÉNÉRAL

Parmi les corps nombreux qui dégagent une lumière durable à une haute température, que ce soit par suite d'une combustion avec flamme ou simplement d'une ignition, il n'y en a que peu qui soient propres à être employés comme *matières éclairantes*. Un petit nombre seulement remplit les conditions qui rendent possible ou avantageux leur emploi pour l'éclairage; ces conditions sont les suivantes :

1° Le corps doit dégager en brûlant une quantité de chaleur suffisante pour pouvoir continuer à brûler; 2° si le corps en question est solide, il doit avant la combustion prendre la forme d'un gaz ou d'une vapeur, parce qu'autrement le phénomène lumineux que nous nommons la flamme et qui est indispensable pour l'éclairage, ne se produit pas; 3° le corps qui brûle doit donner lieu dans la flamme à la séparation de corps solides ou de vapeurs d'une grande densité (d'après *Frankland*), parce que c'est uniquement de ce phénomène que dépend le pouvoir éclairant de la flamme; 4° il faut que le corps lui-même ou la matière brute qui sert à le préparer se trouve en grande quantité dans la nature et que l'on puisse se les procurer à peu de frais; 5° les produits de la combustion doivent être gazeux et sans influence nuisible sur la santé et la vie de l'homme. Il est à supposer que l'on sait généralement que toute accumulation de grandes quantités de chaleur communique à un corps la propriété de répandre de la lumière; aussi pour les corps solides et les corps liquides, dont les molécules sont rapprochées les unes des autres, remarque-t-on qu'ils possèdent le pouvoir de répandre de la lumière à un plus haut degré que les corps gazeux ou à l'état de vapeur. A environ 500 ou 600 degrés un corps solide prend une teinte rouge, qui vers 1000 degrés passe au blanc. Un corps gazeux chauffé aux températures indiquées ne luit au contraire que très-faiblement. Pour qu'un corps gazeux éclaire, et comme on l'a dit plus haut, il n'y a qu'un corps dans ce genre qui puisse servir pour l'éclairage, il est nécessaire que sa combustion ait lieu en présence de vapeurs de combinaisons hydrocar-

bonées supérieures (par exemple des vapeurs de benzine, d'acétylène, de naphthaline, etc.), ou bien qu'un corps solide soit introduit dans la flamme ne possédant pas par elle-même de pouvoir éclairant et y soit porté au rouge : ainsi par exemple une spirale de fil de platine dans une flamme d'hydrogène, un fragment de chaux caustique dans la flamme du gaz oxyhydrogène, un cylindre de magnésie ou de zirconie dans une flamme d'hydrogène ou de gaz d'éclairage qui est alimentée par de l'oxygène, un fil de magnésium qui en brûlant se transforme en magnésie, etc. Si pour le moment nous faisons abstraction des modes d'éclairage nommés en dernier lieu (le gaz au platine, la lumière à la chaux, à la magnésie et à la zirconie, et la lumière de magnésium), qui ont peut-être un grand avenir, et de l'éclairage électrique, et si nous ne considérons que ce mode d'éclairage dans lequel le rayonnement lumineux de la flamme est dû à la présence dans cette flamme d'hydrocarbures denses, il suit *a priori* que tous les corps qui sont employés comme matières éclairantes doivent contenir des combinaisons du carbone avec l'hydrogène. Et dans le fait ces hydrocarbures se trouvent dans toutes les substances qui sont employées comme matières éclairantes ou qui servent à leur fabrication : ainsi on les trouve dans le suif, l'huile de palme, et dans les acides stéarique et palmitique préparés avec ces corps, dans la cire, le blanc de baleine, la paraffine, l'huile de navette, l'huile solaire, le photogène et le pétrole, la camphine, dans la houille, dans les schistes bitumineux comme le boghead, dans le bois, les graisses et les résines.

De la flamme. — Tout corps liquide ou solide qui se volatilise ou se gazéifie en se décomposant à une température inférieure à celle qui est nécessaire pour sa combustion, ne peut, on le comprend, brûler que sous forme de gaz. On nomme *flamme* le phénomène lumineux que l'on observe dans ce cas. La flamme prend la forme que l'on connaît par suite de la pression de l'air ambiant : ce dernier, étant un corps gazeux et étant devenu plus léger sous l'influence de la chaleur, est déplacé et sollicité à s'élever. La matière éclairante, si elle consiste en paraffine ou en acide stéarique fondu ou en huile (huile de navette ou pétrole), est attirée dans les petits intervalles de la mèche comme par des tubes capillaires, et dans le voisinage de la flamme elle est décomposée en produits gazeux et en vapeurs, dont la nature offre dans ce qu'elle a d'essentiel de grandes analogies avec le gaz d'éclairage purifié.

Nous devons à *H. Davy* les premières et les plus importantes observations sur la nature de la flamme et sur son éclat, et notamment sur la cause de l'inégalité de son intensité lumineuse. Dans ces derniers temps plusieurs chimistes se sont occupés de l'étude de la flamme, et les travaux de *Hilgard*, de *H. Landolt*, de *Pitschke*, de *R. Blochmann*, de *Kersten*, et surtout ceux de *H. Deville*, de *Volger*, de *G. Lunge*, de *Frankland*, de *E. v. Meyer*, de *K. Knapp*, de *W. Stein*, de *F. Wibel* et d'autres n'ont pas beaucoup élargi le champ de nos connaissances relatives à la nature de l'éclat de la flamme. Si l'on examine attentivement une flamme, on peut y distinguer trois parties :

1° une enveloppe extérieure brillante *b c d* (fig. 384), 2° une partie moyenne très-éclairante *e f g*, et 3° un noyau central obscur *a*, dans lequel



Fig. 384.
Structure de la
flamme d'une
bougie.

s'échauffent les corps gazeux avant de venir brûler dans les autres parties de la flamme. Jusque dans ces derniers temps on admettait, relativement à la nature de l'éclat de la flamme, que du carbone se séparait des hydrocarbures qui forment la flamme, sous l'influence de la haute température et de l'oxygène atmosphérique arrivant de l'extérieur pour se combiner avec de l'hydrogène principalement, et que ce carbone porté au rouge dans la flamme rendait celle-ci éclairante. Les travaux mentionnés plus haut, notamment ceux de *Hilgard*, qui opéra avec la flamme d'une bougie, et ceux de *Landolt* et de *H. Deville*, qui avaient pour objet l'étude de la nature de la flamme du gaz, nous apprennent avec quelle rapidité l'air atmosphérique se diffuse dans la flamme avec les produits de la combustion et comment s'effectuent dans l'intérieur de celle-là la disparition des gaz combustibles et l'augmentation

des produits de la combustion. Cependant toutes ces recherches ne sont pas encore suffisantes pour expliquer un grand nombre des phénomènes les plus ordinaires que présentent les flammes éclairantes. Par exemple, on ne sait pas encore quelle relation existe entre la composition chimique d'une matière éclairante et son intensité lumineuse, de telle sorte que les analyses, qui maintenant sont fréquemment pratiquées dans le but de déterminer la valeur du gaz d'éclairage, ne donnent encore sur ce point que peu d'éclaircissements. Ce que l'on sait sur la nature de la flamme est en grande partie le résultat d'une série de recherches effectuées par *O. Kersten* et *F. Wibel*, qui ont confirmé l'opinion émise pour la première fois par *O. L. Erdmann*; d'après ce dernier, dans la combustion du gaz d'éclairage l'oxygène ne se rend pas tout d'abord sur l'hydrogène, mais il arrive immédiatement et surtout au contact du carbone libre qui est suspendu dans la flamme et qui est une condition de sa propriété éclairante. *O. Kersten* émet l'opinion suivante sur la nature de la flamme éclairante : la combustion ne s'effectue pas à l'intérieur, mais dans la partie extérieure et dans la portion de l'enveloppe éclairante qui la touche immédiatement; car on ne peut pas admettre que la moindre quantité d'oxygène puisse pénétrer à travers une couche d'hydrogène et de carbone chauffés au rouge; les produits de la combustion que l'on observe à l'intérieur ne se sont pas formés dans cette partie, ils n'y sont arrivés que par diffusion. C'est par conséquent de l'enveloppe extérieure, qui est le centre proprement dit de la combustion, que provient toute la chaleur de la flamme. La température de l'intérieur et de l'enveloppe extérieure augmente naturellement de haut en bas dans de fortes proportions, et c'est pour cela que la partie éclairante, dans laquelle le carbone se sépare sous l'influence de la chaleur, forme inférieurement une enveloppe mince au noyau obscur, mais que plus bas, où la température à laquelle se dédoublent les hydrocarbures en leurs élé-

ments s'étend jusque dans le milieu, elle remplit tout l'intérieur : aussi a-t-on ici une flamme éclairant dans toute son épaisseur. Le carbone libre se rapproche de l'enveloppe extérieure riche en oxygène, il brûle en se transformant en acide carbonique, et il éclaire surtout pendant cette combustion, et d'autant plus que celle-ci est plus vive. Par conséquent dans l'enveloppe externe l'oxyde de carbone et l'hydrogène brûlent tout d'abord ; si cette partie de la flamme ne forme pas encore inférieurement une enveloppe éclairante, cela tient à ce que la masse de gaz intérieur est encore trop froide pour que des hydrocarbures puissent se séparer. Il peut arriver qu'une flamme n'éclaire pas, même celle du gaz oléfiant pur, par suite de la propagation trop faible de la haute température de l'enveloppe externe, si l'on réduit une flamme de gaz à un volume aussi petit que possible ; dans ce cas la combustion se produit en général avant qu'une décomposition ait pu avoir lieu, comme dans la partie supérieure bleue d'une flamme éclairante. L'éclat dépend donc de la composition du gaz avant la combustion et non pas d'une combustion ultérieure du carbone. La forme de la flamme et de ses parties et toutes les particularités qu'elle présente s'expliquent par conséquent avec facilité. Relativement à la *flamme du gaz* on a admis jusqu'ici que ce sont les particules de charbon portées au rouge et séparées momentanément qui produisent la lumière ; mais d'après les recherches de *Frankland* et de *Tyndall* (1867) ce seraient, dans ce cas, les vapeurs denses des hydrocarbures supérieurs, et non le carbone solide. Nous avons dans le gaz des combinaisons d'une très-grande densité, qui sous forme de vapeurs, comme par exemple la vapeur d'arsenic, sont en état de rendre la flamme éclairante ; à cette catégorie de corps appartiennent les vapeurs de la benzine, de la naphthaline et certainement d'un grand nombre d'autres éléments, que nous trouvons aussi dans le goudron de gaz ; ces vapeurs se maintiennent dans la flamme sans se décomposer, jusqu'à ce qu'elles aient atteint l'enveloppe externe de celle-ci et qu'ensuite elles brûlent au contact de l'oxygène de l'air atmosphérique. Comme preuve de l'opinion admise jusqu'ici, opinion d'après laquelle ce serait le carbone solide porté au rouge qui rendrait la flamme éclairante, on cite ordinairement ce fait, que le carbone peut être recueilli sur un fragment de porcelaine que l'on introduit dans la flamme. Mais on n'a pas démontré que le carbone est pur. En effet, si l'on analyse le précipité, on trouve qu'il contient toujours de l'hydrogène ; que si l'on veut avoir du carbone pur, il faut encore chauffer longtemps au rouge la matière noire, puis éliminer l'hydrogène. Et même dans ce but *Frankland* emploie du gaz chlore qu'il fait arriver sur la masse contenue dans un tube où elle est chauffée au rouge. Le noir de fumée n'est probablement rien autre chose qu'un conglomérat des hydrocarbures les plus denses qui rendent la flamme lumineuse et dont les vapeurs se condensent sur la surface froide de la porcelaine. Comment une flamme pourrait-elle être aussi transparente qu'elle l'est si elle était remplie de particules de carbone solide ? Ou bien encore comment pourrait-il être indifférent, lorsqu'il s'agit de mesures photométriques, de présenter une flamme par son

côté plat ou par son côté étroit, si c'étaient les particules charbonneuses qui donnent la lumière? Il se peut qu'il se produise aussi à un faible degré une décomposition des hydrocarbures et une séparation de carbone solide; mais c'est surtout à la combustion des vapeurs elles-mêmes des hydrocarbures très-denses que la flamme du gaz doit son intensité lumineuse. Il est aisé de comprendre que la température de la flamme exerce en même temps sur le pouvoir éclairant de celle-ci une certaine influence. En outre, d'après les recherches de *H. Deville* (1869), le degré de l'intensité lumineuse d'une flamme est en relation intime avec la densité des vapeurs qu'elle renferme. La dissociation paraît aussi ne pas être sans influence sur la manière dont se comporte la flamme.

Dans les circonstances ordinaires, une matière éclairante qui doit brûler dans un air tranquille, sans produire une flamme fuligineuse, doit être composée de telle sorte que pour 6 parties de carbone elle contienne 1 partie d'hydrogène, comme cela a lieu pour le gaz oléfiant, la paraffine, la cire et l'acide stéarique. Déjà l'essence de térébenthine, qui renferme pour 1 partie d'hydrogène 7 parties $\frac{1}{2}$ de carbone, brûle en donnant une flamme fuligineuse, ce qui a lieu à un degré beaucoup plus élevé avec la benzine qui se compose de 1 partie d'hydrogène et de 12 de carbone, ou pour la naphthaline dans laquelle la proportion est comme 1 : 15. Si le carbone en excès, qui se sépare sous forme de noir de fumée (lequel, d'après *Frankland*, ainsi qu'on l'a dit plus haut, n'est pas du carbone pur, mais un conglomerat d'hydrocarbures denses), doit brûler, cela ne peut arriver que par suite de l'apport d'une grande quantité d'air, que l'on obtient, par exemple, dans la lampe en entourant la flamme d'un cylindre de verre. Les flammes qui ne séparent pas de charbon comme celle de l'hydrogène proto-carboné et de l'alcool, brûlent en ne répandant que peu de lumière. Le pouvoir éclairant d'un gaz est immédiatement détruit si on y mêle de l'air atmosphérique, comme cela a lieu par exemple dans les brûleurs employés pour le chauffage dans les laboratoires de chimie, ou bien lorsqu'on le mêle avec des vapeurs ou des gaz indifférents. Cette destruction du pouvoir éclairant d'une flamme n'est pas produite, comme l'ont montré les expériences de *F. Wibel* (1874), par une dilution des gaz, mais elle est due au refroidissement de l'intérieur de la flamme par les gaz qui y pénètrent; si l'on chauffe ceux-ci, la flammé devient éclairante. Le pouvoir éclairant d'une flamme d'hydrocarbure dépend, par conséquent, de la température qui règne dans son intérieur, laquelle rend possibles les phénomènes d'association et de dissociation aux dépens desquels se forme le corps éclairant proprement dit.

L'éclairage s'effectue :

I. Au moyen de substances *solides* à la température ordinaire, que l'on emploie sous forme de *chandelles* ou de *bougies*; à ces substances appartient le suif, l'huile de palme, les acides stéarique et palmatique, l'acide oléique, la cire, le blanc de baleine et la paraffine;

II. Au moyen de substances *liquides*, que l'on emploie surtout pour l'éclairage avec les *lampes* et qui se divisent :

- a. En *huiles non volatiles* ou *fixes*, comme l'huile de colza, l'huile d'olive, l'huile de poisson;
- b. En *huiles volatiles*; celles-ci sont :
- α. Des huiles éthérées comme la camphine (essence de térébenthine purifiée), ou ce sont :
 - β. Des huiles minérales, mélanges d'hydrocarbures liquides obtenus par traitement du goudron (de tourbe, de lignite, de schiste feuilleté, de boghead), et elles se trouvent dans le commerce sous les noms d'huile solaire, de photogène, de ligroïne, de kérosine, ou enfin :
 - γ. Le pétrole fourni par la nature qui, à l'état raffiné, est employé comme matière éclairante sous le nom d'huile pétrosolaire.

III. Au moyen de substances *gazeuses* qui se forment par distillation sèche de la houille, des schistes bitumineux, de la tourbe, du bois, des résidus de pétrole, des résines et des graisses, qui à une température élevée se décomposent en un résidu solide riche en carbone, en goudron et en gaz, ou qui, comme le gaz à l'eau, prennent naissance aux dépens de charbon et de vapeurs aqueuses.

Dans les substances éclairantes gazeuses, le corps qui développe la lumière est :

- a. Fourni par la flamme elle-même, comme cela a lieu pour le gaz d'éclairage ordinaire, ou :
- b. Il vient de l'extérieur, comme dans le gaz au platine, dans la flamme duquel on introduit un fil de platine, la lumière à la chaux, la lumière à la magnésie et la lumière à la zirconie, dans lesquelles le corps producteur de la lumière est de la chaux, de la magnésie et de la zirconie; ou enfin on introduit dans le corps éclairant des carbures d'hydrogène liquides (carburation du gaz), ou bien on dissout des hydrocarbures solides (comme la naphthaline) dans des hydrocarbures liquides, comme l'éther de pétrole (cette dernière dissolution porte le nom de carboléine et sert pour la production de la lumière *oxycarbonée*).

ECLAIRAGE A L'AIDE DES BOUGIES ET DES CHANDELLES

Si l'on fait abstraction des torches de bois résineux dont on se sert pour l'éclairage dans les contrées pauvres, la *bougie* ou la *chandelle* est la seule forme sous laquelle on emploie les matières éclairantes solides. Une bougie ou une chandelle se compose d'une matière éclairante (acide stéarique, acide palmitique, paraffine, cire, suif) moulée en forme d'un cylindre, dans l'axe duquel se trouve une mèche de coton. La grosseur de la mèche doit être parfaitement proportionnée au diamètre de la bougie (ou de la chandelle). Nous décrirons dans les pages suivantes la fabrication :

- | | | |
|--|---|---|
| 1° Des bougies stéariques;
2° Des chandelles; | } | 3° Des bougies de paraffine;
4° Des bougies de cire. |
|--|---|---|

1° **Fabrication des bougies stéariques.** — [L'industrie des bougies stéariques, créée en 1831 par *de Milly* et *Motard*¹, offre maintenant une très-grande

¹ [La première fabrique de bougies stéariques a été établie à Paris, dans le voisinage de la barrière de l'Étoile, en 1831, par *de Milly* et *Motard*; de là vient le nom de *Bougies de l'Étoile*, connu dans le monde entier; quelques années après, *Fr. Fournier* s'associa aux travaux de *de Milly* et fonda à Marseille, en 1836, une succursale de la fabrique de Paris, qui acquit bientôt une très-grande importance et devint indépendante de l'usine de *de Milly*.]

importance. D'après la statistique de 1873, il existe en France 156 fabriques de bougies stéariques¹ réparties dans 43 départements et ayant produit, en 1873, 30,257,900 kilogr. d'acide stéarique, soit une valeur d'environ 52,328,259 francs. A lui seul, le département de la Seine fabrique 8,052,200 kilogr. de bougies stéariques et produits accessoires (glycérine, oléine, etc.), ce qui équivaut à peu près au quart de la production totale; les départements des Bouches-du-Rhône (3,000,000 de kilogr.), de l'Hérault (3,000,000 de kilogr.), du Rhône (2,975,000 kilogr.) et du Nord (1,290,000 kilogr.) sont ceux qui, après le département de la Seine, produisent le plus de bougies. La France a exporté, en 1873, pour 7,067,291 francs de produits stéariques.]

Les matières premières de la fabrication des bougies stéariques sont maintenant le suif et l'huile de palme, ainsi que la graisse de porc que l'on emploie aux États-Unis (à Cincinnati). Il résulte des recherches de *Chevreul* et de *W. Heintz* (de Halle sur la Saale) que les graisses que l'on vient de nommer se composent d'acide stéarique, d'acide palmitique, d'acide oléique et de glycérine. On a trouvé que l'acide qui a été nommé par *Chevreul* acide margarique, consiste en un mélange d'acide palmitique et d'acide stéarique. Très-fréquemment les bougies dites stéariques sont faites avec un mélange de stéarine (le mélange des acides palmitique et stéarique) et de paraffine molle. On nomme ces bougies *bougies d'Apollon* ou *de mélanyle*. La fabrication des bougies stéariques comprend deux opérations principales :

- A. La préparation des acides gras ;
- B. La transformation de ceux-ci en bougies.

A. La *préparation des acides gras* peut avoir lieu par saponification des matières grasses à l'aide de l'une des méthodes suivantes.

I. Saponification des graisses par la chaux. — On emploie comme substances grasses le suif de bœuf ou de mouton et l'huile de palme. Le suif de mouton contient plus d'acides gras solides que le suif de bœuf, mais il est plus difficile à travailler. Le suif provenant de la Russie est ordinairement un mélange de suif de bœuf et de suif de mouton. [Le suif destiné à la fabrication de l'acide stéarique est d'abord débarrassé par fusion du tissu cellulaire qui le renferme, à l'aide des procédés qui ont été décrits à propos de la préparation des savons (t. I, p. 569). Ordinairement la fusion du suif n'est pas effectuée par le fabricant d'acide stéarique, qui l'achète tout fondu et n'a plus qu'à le transformer en acides gras; La Plata, Montévidéo, Buenos-Ayres, la Russie, l'Australie expédient en France des quantités considérables de suifs fondus.]

¹ [Ce chiffre de 156 fabriques s'applique aux établissements dans lesquels on moule l'acide stéarique en bougies; mais il n'existe que 52 stéarimeries ou établissements dans lesquels on transforme les matières grasses en acides gras solides propres à la confection des bougies.]

Depuis que l'on importe en Europe à bas prix de grandes quantités d'huile de palme, cette substance est devenue dans un grand nombre de fabriques de bougies stéariques la matière brute principale de la préparation des acides gras. [L'huile de palme est traitée par la distillation, tandis que les suifs sont décomposés par saponification.]

La stéarine fournit	95,7	parties d'acide stéarique	(qui fond à 70°)	$C^{18}H^{36}O^2$
La palmitine	— 94,8	— palmitique	(— 62°)	$C^{16}H^{32}O^2$
L'oléine	— 90,3	— oléique	(— à — 12°)	$C^{18}H^{34}O^2$

La stéarine, la palmitine et l'oléine sont des glycérides; la stéarine est de la tristéarine $C^{57}H^{110}O^6$, la palmitine de la tripalmitine $C^{48}H^{96}O^6$ et l'oléine de la trioléine $C^{54}H^{108}O^6$. Dans la saponification par la chaux, il se forme les savons de calcium des deux acides gras stéarique et oléique, en même temps que la glycérine se sépare. D'après la théorie et en admettant que 3 molécules d'acides gras se trouvent dans la graisse neutre combinées avec 1 molécule de glycérine, on ne devrait employer pour la saponification de 100 parties de graisse que 8,7 parties de chaux vive; mais, dans la pratique, pour mieux assurer les réactions, on élève généralement la proportion de la chaux à 14 centièmes. [L'opération est effectuée en vase ouvert. Afin d'éviter ce grand excès de chaux, qui entraîne lors de la décomposition du savon calcaire une grande dépense en acide sulfurique, L. Droux, de Paris, à qui l'industrie stéarique est redevable de nombreux perfectionnements, a modifié ce procédé primitif en effectuant la saponification dans un appareil clos à une pression moyenne, et il est ainsi parvenu à n'employer que 11 p. 100 de chaux, tout en obtenant une saponification complète. Enfin, si, comme l'a fait *Melsens* et ensuite *de Milly*, on opère en vase clos et sous une pression considérable, on arrive à produire le dédoublement des matières grasses avec une quantité de chaux bien inférieure à celle exigée par la théorie (2 à 3 p. 100).

La saponification des graisses par la chaux peut donc être effectuée par trois procédés différents: 1° en vase ouvert avec 14 pour 100 de chaux; 2° en vase clos à une pression moyenne avec 11 pour 100 de chaux, et 3° en vase clos à haute pression avec 3 pour 100 de chaux.

Premier procédé. — Dans une cuve en bois, ou dans un bassin en maçonnerie (fig. 585), dont le fond est muni d'un serpentín à vapeur percé de trous, on introduit d'abord 500 litres d'eau, puis 1000 kilogrammes de suif en pains. On ouvre le robinet du serpentín à vapeur, et lorsque tout le suif est fondu, on projette sur ce dernier un lait de chaux composé 140 kilogrammes de chaux vive éteinte dans 1000 litres d'eau (= 14 pour 100 du poids du suif) et l'on agite la masse avec un râble. Le savon se forme immédiatement, la masse prend un aspect uniforme gris blanchâtre. Au bout de quelques heures, l'eau en excès se sépare et après environ 6 à 8 heures d'ébullition, tout le savon calcaire se trouve converti en une masse ayant

l'aspect de cailloux roulés, qui tombent au fond de la cuve. L'eau qui surnage contient la glycérine en dissolution. Par le refroidissement, les morceaux de savon calcaire acquièrent une grande résistance; on les extrait

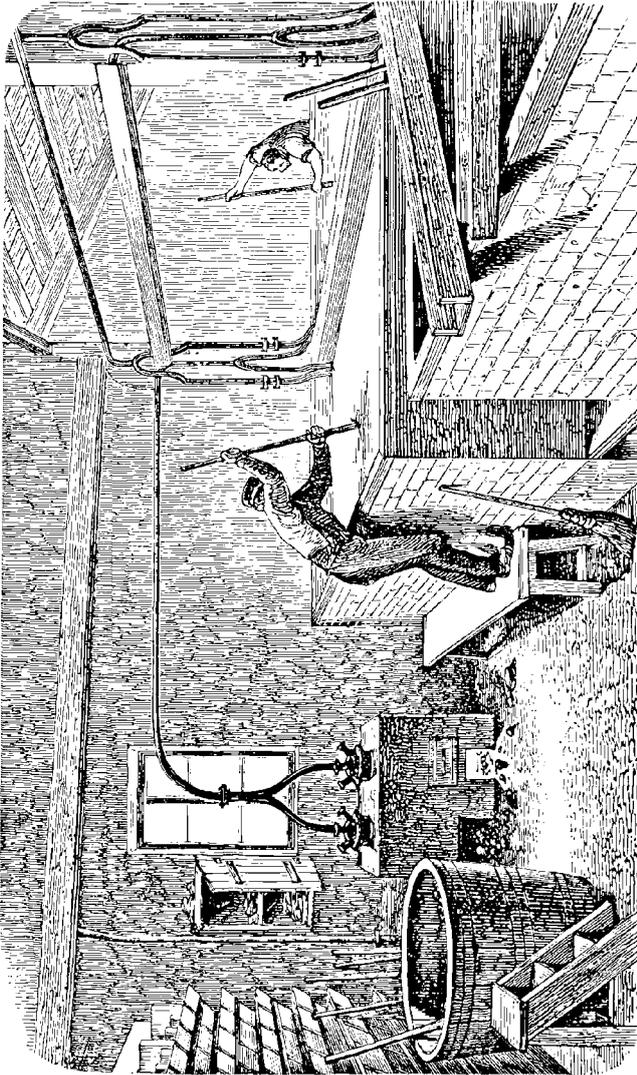


Fig. 583. — Saponification calcaire, ancien procédé.

de la cuve à saponifier, puis on les concasse à l'aide d'un moulin à noix, afin de les décomposer par l'acide sulfurique.]

Pour décomposer le savon calcaire, on emploie l'acide sulfurique, sous

forme d'acide des chambres, ramené à la densité de 25 à 30° Baumé. L'opération s'effectue dans la cuve où a eu lieu la saponification (qui, dans ce cas, doit être garnie de plomb) ou dans des cuves particulières (cuves en bois garnies de plomb), sur le fond desquelles se trouve également un serpentín à vapeur. La quantité de l'acide sulfurique nécessaire pour la décomposition du savon calcaire s'élève, pour 1000 kilogr. de suif et 140 kilogr. de chaux, à 214 kilogr. — [Dans les localités où l'acide chlorhydrique est à bas prix, on emploie cet acide, qui a l'avantage de former du chlorure de calcium, liquide facile à évacuer au ruisseau.]

L'acide sulfurique est étendu avec de l'eau jusqu'à 12° Baumé (dans cet état il contient encore 30 pour 100 H^2SO^4), puis mis en contact avec le savon dans la cuve à décomposition ; on chauffe en faisant arriver de la vapeur, et l'on brasse pendant 3 heures. Lorsque les acides gras se sont séparés, on suspend l'arrivée de la vapeur et on laisse reposer le liquide pendant quelque temps : les acides gras fondus se rassemblent à la surface, et une grande partie du sulfate de calcium produit se dépose au fond de la cuve¹. On fait passer les acides fondus dans une cuve doublée de plomb, et, afin d'éliminer les dernières portions de chaux et de sulfate de calcium, on lave d'abord en employant la vapeur d'eau avec de l'acide sulfurique d'un poids spécifique de 1,089 (= 12° Baumé) et ensuite deux fois avec de l'eau pure. [Il ne reste plus maintenant qu'à opérer, comme il sera dit plus loin, la *solidification* ou *crystallisation* des acides gras dans des moules en tôle étamée afin d'en isoler les acides gras liquides à l'aide de la presse hydraulique. — Les usines qui travaillent par ce procédé forment maintenant une rare exception.

Deuxième procédé. — Le saponification calcaire en vase clos avec 10 à 11 pour 100 de chaux et sous une pression de 3 ou 4 kilogrammes, était

¹ Pour séparer les acides gras du savon calcaire, on transforme en sulfate de calcium sans valeur des quantités considérables d'acide sulfurique. Cette circonstance a fait naître l'idée d'employer pour la saponification du suif ou de l'huile de palme de la *baryte caustique* ; avec cette substance on a l'avantage que l'on peut utiliser presque à sa valeur, sous forme de blanc de baryte, l'acide sulfurique employé pour la décomposition du savon, et en outre du liquide séparé du savon de baryum, qui est lourd et qui se dépose facilement, on peut isoler beaucoup plus complètement la glycérine que si l'on s'était servi de la chaux pour la saponification. Dans une méthode de saponification avec l'*alumine*, proposée en 1855 par *Cambacères*, on a aussi l'intention d'obtenir, lors de la décomposition du savon insoluble par l'acide sulfurique, un produit accessoire ayant plus de valeur que le sulfate de calcium. L'alumine ne saponifie pas les graisses, mais il n'en est pas de même de l'aluminate de sodium (qui, depuis quelques années, est beaucoup employé pour la saponification dans l'Amérique du Nord, sous le nom de *natrona refined saponifier*) ; il se forme un savon d'aluminium, tandis que la soude devient libre et peut être employée pour la dissolution de nouvelles quantités d'alumine. Depuis que par le traitement des deux minéraux, la cryolithe et la bauxite, on obtient l'aluminate de sodium comme produit accessoire, que l'on traite ensuite pour sulfate d'aluminium et pour soude, le procédé proposé pour produire dans la préparation de l'acide stéarique un savon d'aluminium, à la place du savon calcaire, est digne de toute attention, parce que le liquide qui résulte de la décomposition du savon par l'acide sulfurique, peut être traité immédiatement pour sulfate d'aluminium pur ou pour alun. En outre, il ne faut pas oublier que le savon d'aluminium peut être décomposé, même à froid, par l'acide acétique, et l'on peut ainsi obtenir de l'acétate d'aluminium (voy. t. I, p. 629).

encore en usage il y a quelques années dans les fabriques les plus importantes ; mais maintenant elle n'est plus employée que par quelques usines. Dans ce procédé, imaginé par *L. Droux* (1865), la saponification est opérée dans un grand cylindre en tôle monté sur quatre pieds en fonte et muni de soupapes, d'appareils de sûreté et de deux trous d'homme, l'un sur le haut et l'autre vers la partie inférieure. La préparation du lait de chaux et la fusion du suif ont lieu dans deux bassins jaugés ; les matières s'écoulent ensuite dans un monte-jus, qui les remonte dans le cylindre, et elles pénètrent dans ce dernier par sa partie supérieure, après s'être déjà mélangées. Deux injecteurs lancent au fond de l'appareil de la vapeur directe ; celle-ci se répand dans la masse et la brasse sans interruption, tout en opérant la cuisson. Par le fait de la formation du savon calcaire, la séparation de l'eau glycérolineuse se fait facilement au bout de quelques heures de pression. Lorsque le savon est bien séparé de son eau, la vapeur qui servait à la cuisson n'est pas perdue, elle est reprise par un robinet placé au sommet de l'appareil et employée au chauffage des opérations suivantes ou à celui des presses hydrauliques. La vapeur ne fait plus alors que traverser la masse savonneuse, en ne lui cédant que le calorique nécessaire à l'entretien de la température ; de cette façon, le savon conserve dans l'intérieur de l'appareil une consistance assez molle pour pouvoir être chassé par la pression à travers une ouverture d'un assez petit diamètre. La saponification terminée, on procède au soutirage de l'eau glycérolineuse par des robinets placés au fond de l'appareil, puis à l'évacuation du savon calcaire. Ce dernier est refoulé par la pression dans un tuyau et projeté sous un cône renversé, d'où il tombe en poussière dans la cuve à décomposition contenant de l'acide sulfurique étendu. Les acides gras mis en liberté sont séparés du dépôt de sulfate de calcium, puis lavés à l'eau acidulée et ensuite à l'eau pure, et enfin soumis, après leur solidification, à l'action de la presse hydraulique.

Avec la méthode primitive de saponification à air libre, la glycérine est complètement perdue : elle reste combinée avec l'eau de composition nécessaire à la formation du savon de chaux, tandis que dans le procédé qui vient d'être décrit la séparation de l'eau glycérolineuse est complète, le savon calcaire ne prenant que peu d'eau de composition. L'introduction de l'appareil de *L. Droux* dans l'industrie doit donc être considérée comme un fait considérable, car c'est de cette introduction que date la fabrication industrielle de la glycérine.]

Troisième procédé, saponification calcaire en autoclave avec 5 pour 100 de chaux. — Pour expliquer ce mode particulier de saponification calcaire, imaginé par *Melsens* et mis en pratique par *de Milly, Payen*, se basant sur les recherches de *Bouis* et de *Berthelot*, pense que la chaux en agissant sur la tristéarine, la tripalmitine et la trioléine commence un mouvement moléculaire, qui est achevé par l'eau à la température de 172°. *Pelouze* avait observé que du savon calcaire (obtenu en précipitant une solution aqueuse de chlorure de calcium par une solution aqueuse de savon du commerce) introduit dans un digesteur avec son poids d'eau et de l'huile d'olive, saponifiait celle-ci

à la température de 155 à 165°, en mettant en liberté de la glycérine. De ces expériences et d'autres analogues, il croit devoir conclure que dans le procédé de *de Milly* la réaction a lieu en plusieurs périodes : il se forme d'abord un savon basique ou neutre, qui ensuite se transforme en un savon acide. Mais, si l'on considère que *de Milly* en opérant la saponification avec 2 pour 100 de chaux emploie une température de 182° (correspondant à une pression de 10 atmosphères), qu'en outre *Wright* et *Fouché* ont décomposé presque complètement la graisse avec l'eau seule à la même température, et qu'enfin *Cloëz* a vu se produire à 200° la saponification complète de la graisse avec l'eau seule, il semble que ce qu'il y a de plus simple, c'est d'admettre dans le cas présent que l'eau est le seul élément décomposant et que la présence de 2 ou 3 pour 100 de chaux favorise et simplifie la saponification, en détruisant l'affinité agissant en sens opposé, affinité qui, d'après les expériences de *Berthelot*, se manifeste lorsque des acides gras et de la glycérine sont en présence et qui tend à les réunir pour reconstituer le corps gras neutre qui existait primitivement. On produit encore mieux ce résultat avec une petite quantité d'alcali caustique.

[Le vase ou autoclave dans lequel, *de Milly* effectue la saponification, consiste en une chaudière verticale close et cylindrique en cuivre terminée inférieurement et supérieurement par des calottes sphériques et offrant 15 millimètres d'épaisseur, 1 mètre de diamètre intérieur et une hauteur de 5 mètres. Cette chaudière est munie d'une soupape de sûreté fixée à son sommet, d'un trou d'homme placé près de ce dernier et d'un manomètre ; elle est en outre pourvue dans sa partie supérieure de trois tuyaux : le premier pour le chargement des matières grasses et de la chaux, le second pour la vidange de l'appareil et le troisième pour l'introduction de la vapeur ; les deux derniers tuyaux descendent jusqu'au fond de l'autoclave ; le tube de vapeur se divise dans sa partie extérieure en deux branches munies chacune d'un robinet, et dont l'une communique avec un générateur à basse pression et l'autre avec un générateur à haute pression. Pour mettre cet appareil en activité, on y introduit par le tuyau de charge 2000 kilogrammes de matières grasses fondues et 1000 litres d'eau contenant 60 kilogrammes de chaux pure ; on fait arriver de la vapeur à basse pression, jusqu'à ce que le manomètre indique une pression intérieure de 4 atmosphères ; après quoi on introduit de la vapeur à haute pression, de façon à obtenir dans l'autoclave une pression de 8 atmosphères (= une température de 172°), que l'on maintient pendant 6 heures. Pendant toute la durée de l'opération, qui est de 8 à 10 heures, on laisse échapper constamment par la soupape un léger courant de vapeur, afin de maintenir l'activité du barbotage indispensable pour l'agitation de la masse. La saponification terminée, on cesse l'introduction de la vapeur et, lorsque la température est descendue à environ 150°, on évacue le contenu de la chaudière. A cet effet, on ouvre le robinet à trois voies dont est muni le tuyau de vidange ; sous l'influence de la pression qui existe encore dans l'appareil, l'eau glycérineuse et le savon calcaire sont successivement expulsés et reçus dans des réservoirs séparés, le dernier dans

une cuve doublée de plomb, où doit s'effectuer la décomposition par l'acide sulfurique.] Le procédé de *de Milly* est employé dans les grandes fabriques de bougies stéariques de Vienne¹.

[Avec l'appareil qui vient d'être décrit la saponification des graisses est souvent incomplète, notamment dans les autoclaves de grandes dimensions, où l'agitation produite par la vapeur est insuffisante pour obtenir un mélange intime entre les matières grasses, l'eau et la chaux. C'est pour cela que l'appareil vertical *de Milly* n'est plus employé en France que dans quelques usines, et il est maintenant remplacé dans un grand nombre de fabriques par les dispositifs à agitation mécanique imaginés récemment par *L. Droux*, et dans lesquels l'opération est d'ailleurs conduite à peu près comme dans l'autoclave de *de Milly*.

L. Droux a d'abord donné à ses appareils la forme de cylindres horizontaux, mais s'étant aperçu que ces derniers finissaient par se courber sous l'influence des hautes pressions, il a adopté la forme sphérique, que maintenant il construit exclusivement.

L'appareil cylindrique (fig. 386), dont 32 fonctionnent chez différents fabricants, consiste en un cylindre horizontal A en cuivre rouge, ayant généralement 8 mètres de long sur 1^m,05 à 1^m,10 de diamètre et terminé à chacune de ses extrémités par une calotte sphérique. Ce cylindre est muni intérieurement d'un arbre en cuivre sur lequel sont adaptés huit agitateurs de même métal; l'une des extrémités de l'arbre se trouve à l'intérieur du cylindre et est pourvue d'une lame double en hélice qui contribue aussi à l'agitation du liquide; l'autre extrémité est au dehors et porte une poulie P, au moyen de laquelle l'appareil agitateur reçoit une vitesse de rotation de 30 tours à la minute. Le cylindre est en outre pourvu : 1° à sa partie supérieure, d'un trou d'homme B, au niveau duquel se trouve un tube à robinet, pour établir la communication avec un manomètre enregistreur, d'un robinet C, pour l'introduction de la matière grasse et du lait de chaux, d'un autre robinet D pour l'échappement de l'air au moment du chargement, et enfin d'une soupape de sûreté S; 2° à sa partie inférieure, de deux injecteurs V et V' pour l'entrée de la vapeur fournie par le générateur H et d'un tuyau T pour l'évacuation de la matière saponifiée; et enfin 3°, à l'une de ses extrémités, de deux robinets de prise d'échantillon (non visibles dans la figure), permettant de soutirer la matière en traitement sans avoir de projection.

L'appareil sphérique (fig. 387) consiste en une sphère en cuivre rouge pourvue intérieurement d'un agitateur composé de deux lames de cuivre en hélice et adaptées sur l'arbre horizontal N, qui reçoit son mouvement à l'aide de la poulie I. Comme l'appareil cylindrique, la sphère est munie d'un tube

¹ *Sarg*, dans sa grande fabrique de Liesing, saponifie avec 3 pour 100 de chaux et sous pression de 10 atmosphères; il obtient ainsi 95 pour 100 d'acides gras et 50 pour 100 d'eau glycérineuse à 5 ou 6° Baumé. Les acides gras pressés à froid et à chaud donnent 25 pour 100 d'acide stéarique et 35 pour 100 d'acides gras, qui sont repressés avec les acides bruts, de sorte qu'en définitive le rendement s'élève à 45 pour 100 d'acide stéarique et à 50 pour 100 d'acide oléique. L'eau glycérineuse est évaporée et distillée plusieurs fois, ce qui fournit 5 à 6 pour 100 de glycérine.

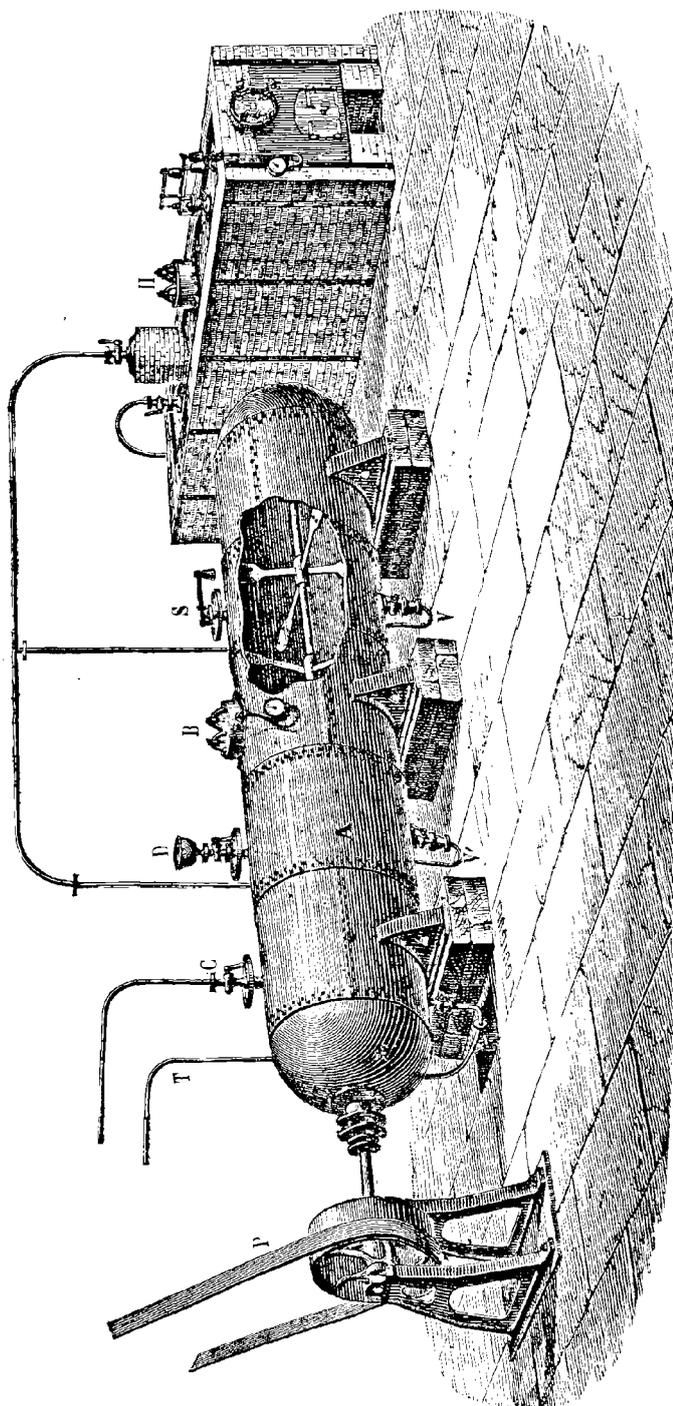


Fig. 586. — Appareil cylindrique de L. Bronx pour la saponification avec 3 0/0 de chaux.

de chargement A, d'un trou d'homme B, d'un robinet C pour l'évacuation de l'air et des vapeurs, d'un manomètre E communiquant par le tube D

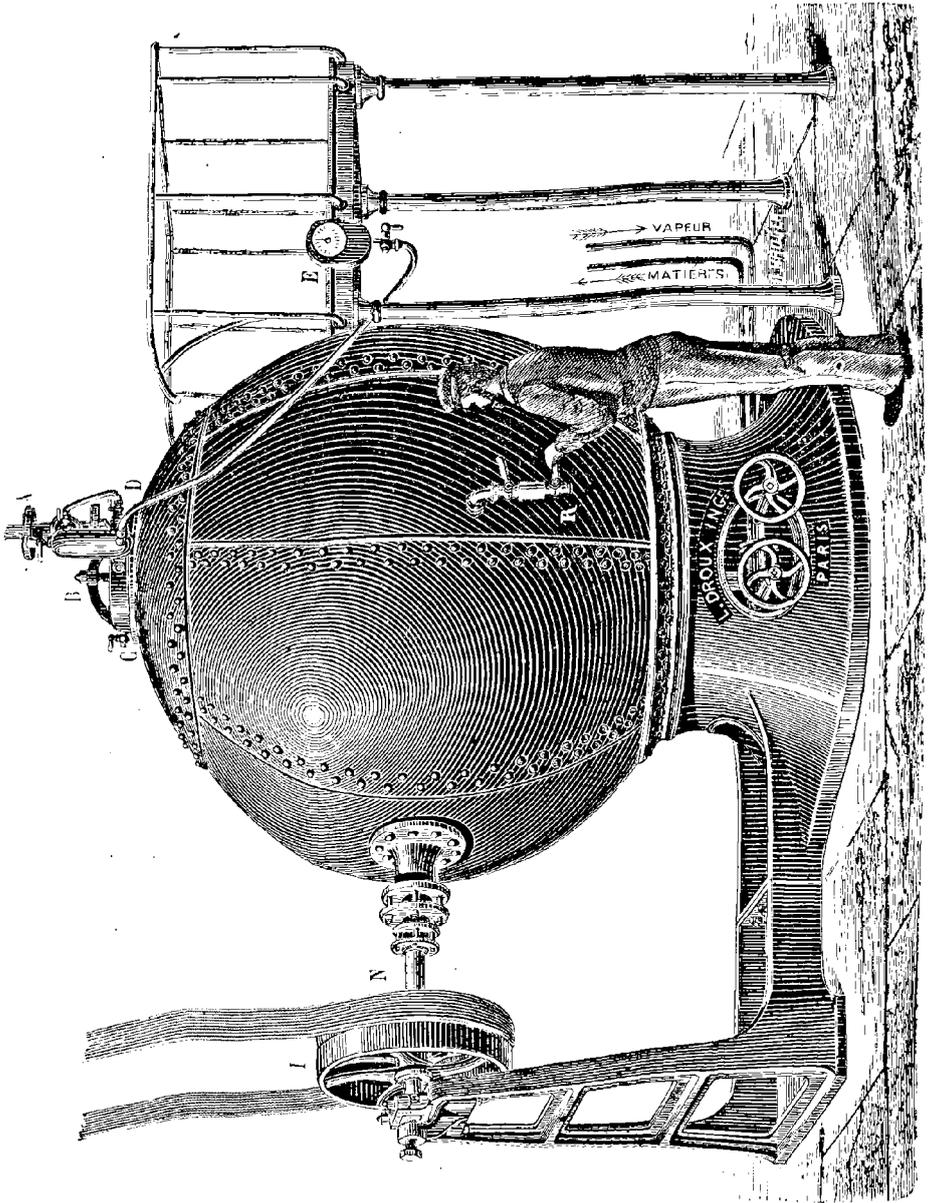


Fig. 387. — Appareil sphérique de L. Droux pour la moutonisation avec 3 pour 100 de chaux.

avec l'intérieur de l'appareil, d'un robinet de prise d'échantillon R, et enfin à sa partie inférieure de deux tuyaux, dont l'un sert pour l'entrée de la va-

peur et l'autre pour l'évacuation de la matière saponifiée. Une sphère pour saponifier en une seule fois 2500 kilogrammes de matières grasses a un diamètre de 2^m,30 et une capacité de 6 mètres cubes 400.

Les appareils de *L. Droux* produisent, comme on l'a dit précédemment, la saponification complète des matières grasses, par suite de l'agitation continue à laquelle celles-ci y sont soumises; en outre, ils exigent une quantité de combustible moindre, et, comme les matières ont au début une température moins élevée, elles sont moins attaquées, ce qui est très-important, lorsque l'acide oléique est destiné à la fabrication des savons. — Le procédé de saponification avec 3 pour 100 de chaux donne en moyenne comme rendement 50 pour 100 d'acide stéarique, 44 pour 100 d'acide oléique et 8 pour 100 de glycérine à 28°.]

I. Cristallisation et pressage des acides gras.— Les acides gras obtenus par l'une ou l'autre des trois méthodes qui viennent d'être décrites, sont maintenus pendant 15 à 20 heures à l'état fondu, afin de donner à l'eau la facilité de se séparer complètement; on les laisse ensuite se *solidifier* ou *cristalliser*, puis on exprime au moyen d'une forte presse hydraulique, d'abord à froid et ensuite à chaud, la partie qui ne s'est pas solidifiée et qui se compose essentiellement d'acide oléique. La *solidification* des pains a

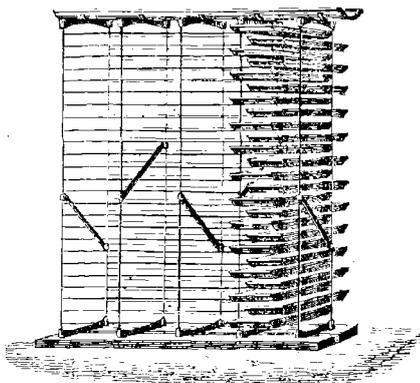


Fig. 588. — Moulage en pains des acides gras.

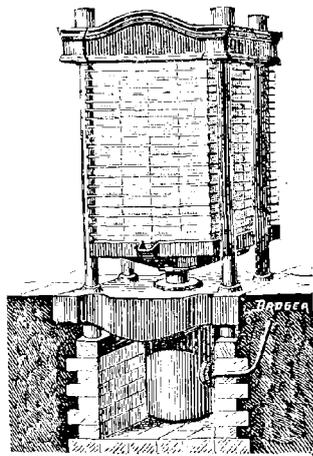


Fig. 589. — Presse hydraulique pour le pressage à froid des acides gras; système P. Morane.

lieu dans des capsules ou dans des moules en fer-blanc, qui, comme les moules à chocolat, sont plus larges en haut qu'en bas et qui peuvent contenir environ 5 kilogr. d'acides gras. Dans quelques fabriques on emploie aussi maintenant des moules en tôle émaillée ou en cuivre mince étamé. [Afin d'opérer le moulage des acides gras aussi rapidement que possible, les moules sont étagés sur un bâti et disposés de telle sorte que le liquide, arrivant par une rigole établie à la partie supérieure du bâti, vienne remplir

les moules de la rangée supérieure et tombe ensuite naturellement dans ceux qui sont au-dessous ; la figure 388 représente le dispositif qui vient d'être décrit et tel que le construit P. Morane, de Paris.] Les acides gras sont abandonnés dans les moules à une cristallisation lente, pour laquelle il faut en hiver 12 heures et en été 24 heures. Plus est lente la cristallisation et plus est parfaite la forme des cristaux, plus les parties liquides sont faciles à séparer complètement par expression.

Lorsque la solidification de la masse contenue dans les moules est complète, on procède à la *séparation des acides gras solides d'avec les acides gras liquides*. C'est ce que l'on fait au moyen de deux *pressions* successives, la première à froid et la seconde à chaud. Pour effectuer la *pression à froid*, on renverse les moules sur des étoffes croisées de laine très-fortes et très-tenaces, auxquelles on donne le nom de *mal fils* ; on enveloppe dans ces tissus les pains d'acides gras jaune-brun, on dispose sur le plateau d'une presse hydraulique ordinaire les sacs ainsi formés en les séparant par des plaques de fer (fig. 589), et on les soumet à une pression de 200 000 kilog. L'*acide oléique* qui s'écoule est reçu dans des entonnoirs, qui se trouvent sous le plateau de la presse, et il est conduit dans des réservoirs. Il est employé dans la fabrication des savons et pour le graissage de la laine, et mélangé avec de l'argile, il constitue, sous le nom d'*ether oléique*, une excellente *huile pour le cuir* (employée pour donner de la souplesse au cuir). Comme l'acide oléique contient en dissolution, notamment en été, de grandes quantités d'acide stéarique, on amène cet acide par un refroidissement artificiel à la température de $+8$ à $+10^{\circ}$ et la masse solidifiée, enveloppée dans un tissu de laine, est soumise à l'action d'une presse qui expulse l'acide oléique et retient l'acide stéarique. Lorsque la presse hydraulique verticale ne donne plus d'acide oléique, on procède à la *pression à chaud*. On se sert généralement dans ce but de presses hydrauliques horizontales, dont la construction a été souvent modifiée depuis la fondation de l'industrie des bougies stéariques. Primitivement elles se composaient d'une auge dans laquelle s'effectuait la pression, d'un cylindre compresseur et de plaques de fonte pleines qu'à chaque opération on plongeait dans l'eau bouillante, et que l'on plaçait ensuite entre les pains d'acides gras. Ce procédé exigeait beaucoup de travail. Plus tard on plaça une double paroi autour de l'auge contenant les pains d'acides gras, et on chauffait en faisant arriver de la vapeur entre les deux parois. Dans les presses dont on se sert actuellement (fig. 590), les plaques en fer ne sont jamais retirées de la presse, elles sont creuses et chauffées à l'intérieur au moyen de vapeur amenée par des tuyaux articulés. [Les pains sortant de la presse à froid sont placés avec le sac de laine qui les contient, dans des tissus en crin désignés sous le nom d'*étreindelles*, puis disposés au nombre 25 à 30 entre les plaques de la presse. Celle-ci étant chargée, on fait arriver dans l'intérieur des plaques de la vapeur pour les chauffer à environ 70° ; le piston est alors mis en mouvement, et le liquide ainsi expulsé, qui est de l'acide oléique contenant de l'acide stéarique, se rassemble dans une cuvette, d'où il se rend

dans un réservoir ; il est ensuite ramené dans la fabrication générale et dans ce but mélangé avec des acides gras neufs. La presse horizontale doit pouvoir aller jusqu'à 500 000 kilogrammes. Par le pressage à froid, on expulse environ 45 pour 100 d'acide oléique du poids des acides gras ; le reste, soit environ 10 pour 100 est retiré par le pressage à chaud.]

Les tourteaux d'acides gras solides obtenus par pression à chaud sont maintenant soumis à l'épuration. Dans ce but, on les fait fondre à la vapeur avec de l'acide sulfurique très-étendu (à 5° Baumé) dans une cuve garnie de plomb, et on répète cette opération sur de l'eau pure jusqu'à ce que tout l'acide sulfurique soit éliminé ; on les maintient ensuite pendant

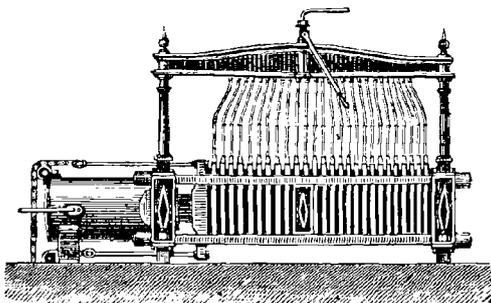


Fig. 390. — Presse hydraulique pour le pressage à chaud des acides gras ; système P. Morane.

longtemps en fusion, jusqu'à ce que toute l'eau se soit séparée, et enfin on les verse dans des moules. L'eau employée pour le lavage doit être exempte de chaux ; si l'on n'a à sa disposition qu'une eau calcaire, on élimine la chaux en la précipitant par l'acide oxalique ou l'acide stéarique. Quelquefois on clarifie les acides gras en y ajoutant, pendant la dernière fusion sur l'eau, des blancs d'œufs battus en mousse (deux œufs pour 100 kilogr. d'acides gras), ou bien on fait refondre l'acide stéarique sur de l'eau acidifiée avec de l'acide oxalique. L'acide gras ainsi obtenu est versé dans des moules en fer-blanc pour être expédié sous forme de pains plats dans les fabriques de bougies ou bien il est immédiatement transformé en bougies dans la fabrique elle-même.

II. Saponification par l'acide sulfurique suivie de distillation. — Dès l'année 1771, *Achard*, de Berlin, savait que les graisses subissent sous l'influence de l'acide sulfurique une décomposition analogue à celle que leur font éprouver les alcalis ; ce fait fut de nouveau mentionné en 1821 par *Caventou* et en 1824 par *Chevreul*, mais il ne fut expliqué scientifiquement qu'en 1856, par *Frémy*, qui soumit à une étude exacte l'influence de l'acide sulfurique concentré sur les graisses. La saponification sulfurique ne devint importante pour l'industrie que lorsque *Dubrausaut* introduisit en 1856 la distillation des acides gras. Cette méthode permet de traiter des matières grasses qui, à cause de leur nature et des impuretés qu'elles renferment, ne peuvent être soumises à la saponification calcaire, telles sont : l'huile de palme, l'huile de cocos, la graisse d'os, les déchets des abattoirs et des cuis-

nes, les produits de la décomposition par l'acide sulfurique des eaux savonneuses des filatures de laine et des fabriques de drap (bien que ces dernières soient employées avec plus d'avantage pour la préparation du *gaz de suint* ou la fabrication des savons ; (voy. t. I, p. 572), les résidus de la fabrication du savon, du raffinage de l'huile, de la fonte du suif, etc. [Mais dans tous les cas il est convenable de traiter séparément chaque espèce de matière grasse, le degré d'acidification variant avec la nature de la substance. Si, comme on vient de le dire, la saponification sulfurique présente des avantages, elle a aussi certains inconvénients : les produits sont de moins bonne qualité, l'acide oléique est attaqué et impropre à la fabrication des savons durs de bonne qualité.

La saponification sulfurique s'effectue actuellement (1878) de la manière suivante et se divise en trois phases :

1° Traitement des matières grasses par l'acide sulfurique ou acidification ;

2° Décomposition des produits de l'acidification ;

3° Distillation des acides gras.

1° *Traitement des matières grasses par l'acide sulfurique ou acidification*. — On commence par débarrasser la matière grasse de toutes les impuretés qu'elle renferme ; dans ce but, on la fait fondre, puis on la lave pendant une heure à la vapeur dans un bassin en bois doublé de plomb avec de l'eau acidulée à 4 ou 5 degrés de densité. Après un repos de deux ou trois heures, on soutire la matière grasse, puis on l'envoie dans un bac en fonte, en bois doublé de plomb ou en cuivre et muni d'un serpentín à vapeur offrant une assez grande surface ; dans ce bac, la matière est desséchée, afin de chasser toute l'eau qu'elle renferme, laquelle aurait l'inconvénient de diluer l'acide employé pour la décomposition et de rendre son action beaucoup moins énergique ; l'opération ne consiste qu'à faire arriver dans le serpentín un courant de vapeur à la température de 120 à 140° et elle dure deux ou trois heures. Il se produit une légère ébullition, qui va toujours en diminuant, jusqu'à ce que la matière grasse atteigne la température de 120 à 125° ; on facilite la dessiccation en battant la masse avec une pelle ou avec un agitateur mécanique. Quand on a maintenu la température à 125° pendant une heure, la dessiccation est complète ; les ouvriers ont un moyen pratique pour reconnaître si l'on est arrivé à ce point : *ils crachent* dans la masse, et si celle-ci produit une crépitation, due à la salive, cela indique qu'elle est desséchée. La matière grasse ainsi purifiée et desséchée est acidifiée, c'est-à-dire soumise à l'action de l'acide sulfurique.

Suivant les usines, on emploie pour cette opération trois appareils différents. L'un de ces appareils consiste en une cuve en fonte ou en bois doublé de plomb, dont le fond est garni d'un tuyau en cuivre ou en plomb, dans lequel on fait passer un courant de vapeur ; cette cuve est munie d'un agitateur formé d'un disque horizontal en tôle percé de trous, ayant à peu près la surface de la cuve et pourvu à son centre d'une tige verticale, à l'aide de laquelle il est mis en mouvement de haut en bas, afin de mélanger la graisse

avec l'acide sulfurique. Dans d'autres usines, l'appareil à acidifier est également une cuve en fonte ou en bois doublé de plomb, mais munie dans le fond de deux serpentins ; l'un est un serpentin ordinaire renfermant de la vapeur ; l'autre est percé de petites ouvertures par lesquelles on envoie, à l'aide d'une pompe foulante, de l'air comprimé qui, se dégageant dans la masse liquide, la maintient en agitation continue. Avec ces deux appareils on obtient difficilement un mélange complet de l'acide sulfurique avec la matière grasse ; c'est pour cela que dans un grand nombre d'usines ils ont été remplacés par l'acidificateur à agitateur hélicoïdal imaginé par *L. Droux*. Cet appareil se compose d'un vase demi-cylindrique en fonte surmonté d'une hausse mobile, sur laquelle est adaptée une hotte conduisant au dehors les vapeurs produites pendant la réaction ; un peu au-dessus de l'axe du demi-cylindre se trouve un arbre horizontal muni de lames hélicoïdales descendant presque jusqu'au fond du vase et qui reçoit un mouvement de rotation suffisant pour assurer le mélange complet des matières ; la vapeur de chauffage est introduite au moyen de quatre tubes à joints extérieurs disposés au fond de l'appareil, qui en ce point est également muni d'un tuyau de vidange pour la sortie des matières acidifiées. Enfin, l'acide sulfurique est amené par un tuyau en plomb placé sur la longueur du vase, dans lequel il coule par 5 ou 6 petites ouvertures et se distribue également dans toute la masse. Avec ce dispositif l'opération est plus rapide et surtout plus régulière.

Quel que soit l'appareil employé, la manière d'opérer l'acidification est toujours à peu près la même. La matière grasse desséchée à 120 ou à 125°, ne doit pas avoir à son arrivée dans l'appareil une température supérieure à 110 ou 115°. L'acide sulfurique, à 66° Baumé, est employé dans la proportion de 5 à 8 G/0 suivant la nature des graisses (8 pour le suif, 5 à 6 pour l'huile de palme) ; il est mesuré dans un petit bassin en plomb muni d'un serpentín à vapeur pour l'amener à la température de 80 à 100 ou 105°, suivant les cas et la saison (on le chauffe moins en été qu'en hiver). La masse de matière grasse étant mise en mouvement, pour lui communiquer une température uniforme, que l'on peut régler au besoin par l'introduction de vapeur dans les serpentins, on la porte suivant la nature des graisses, à 105 ou 110°, puis on y fait arriver lentement et par petits filets l'acide sulfurique, dont l'introduction pour le traitement de 1500 kilogr. de matières grasses doit durer $\frac{3}{4}$ d'heure à 1 heure. Au contact de l'acide sulfurique, la masse dégage beaucoup d'acide sulfureux, qui se forme par l'action de l'acide sulfurique concentré sur une partie de la glycérine, ainsi qu'aux dépens des corps qui altèrent la pureté de la graisse ; la graisse neutre se transforme en un mélange d'acide sulfogras et d'acide sulfoglycérique et souvent la formation de ces acides est accompagnée d'une élévation de température. L'agitation et la température doivent être maintenues constantes pendant toute la durée de l'acidification qui est de 2 à 3 heures. La matière prend d'abord une teinte marron, puis de plus en plus noire, le dégagement d'acide sulfureux augmente pendant la première heure, puis demeure

constant jusqu'à la fin de l'opération. Après deux heures d'agitation, on prend des échantillons sur une plaque de verre (2 ou 3 gouttes) afin d'observer avec la loupe les progrès de la cristallisation, ensuite dans une capsule de porcelaine qu'on refroidit; on n'arrête l'opération que lorsque la matière bien cristallisée présente des lamelles blanchâtres, qui ne sont que des cristaux d'acide stéarique tout formés; l'échantillon pris dans la capsule doit avoir une teinte noir gris (noir marron indique une acidification incomplète) et présenter à la surface et à la cassure des cristallisations bien nettes d'acide stéarique.]

2° *Décomposition des produits de l'acidification.* — Lorsque l'acidification est terminée, on procède à la décomposition des acides sulfogras. Dans ce but, on fait couler la matière acidifiée dans une grande cuve en bois doublée de plomb. Dans ce récipient, au tiers rempli d'eau, se trouvent des tubes à vapeur, qui portent promptement le mélange à l'ébullition. La combinaison de l'acide sulfurique avec les acides gras est décomposée et ces derniers surnagent après avoir acquis une richesse en hydrogène et en oxygène plus grande que celle des acides aux dépens desquels ils se sont formés, ou bien après s'être séparés sans avoir subi d'altération. Les acides gras sont ensuite lavés à plusieurs reprises dans une autre cuve avec de l'eau bouillante, puis soutirés dans un vase où on laisse se déposer, à la température de 60 à 80°, l'eau et les corps étrangers; après qu'ils se sont ainsi clarifiés, on les dessèche en procédant exactement comme il a été dit précédemment (p. 665) pour la dessiccation des matières grasses avant leur traitement par l'acide sulfurique; enfin, ils sont envoyés à l'appareil à distiller. — [Les eaux du premier lavage des acides sulfogras sont acides et renferment la glycérine; on les sature par la craie, on filtre et on évapore pour obtenir une glycérine de deuxième qualité.]

3° *Distillation des acides gras.* — La distillation des acides gras exige l'observation de plusieurs précautions; si l'on distillait à feu nu, ces acides seraient décomposés en majeure partie, en laissant un abondant résidu charbonneux, et en même temps il se formerait du goudron et il se dégagerait une grande quantité de gaz combustibles. Mais si l'on règle la température de manière à préserver la matière grasse contre l'action du feu, et si surtout on élimine aussi complètement que possible l'air atmosphérique de l'appareil distillatoire, la distillation s'effectue régulièrement et la majeure partie des acides gras se sublime sans altération. On remplit ces conditions en employant de la vapeur d'eau surchauffée à 250 ou 350°. Les acides gras sont introduits dans une grande chaudière en fonte établie dans une maçonnerie. Avec la chaudière communiquent, d'une part un tube qui amène la vapeur d'eau surchauffée, et d'autre part un réfrigérant ordinaire.

[Les appareils à distiller ont été dans ces derniers temps considérablement modifiés et perfectionnés. Aux anciennes chaudières en fonte difficiles à chauffer également on a substitué des chaudières en cuivre, et L. Droux a muni ces appareils d'injecteurs de vapeur produisant un vide partiel, qui permet de distiller à plus basse température et d'opérer plus rapidement.]

Grâce à ces perfectionnements, on perd moins d'acides gras, il se produit moins de goudrons, on obtient des acides oléiques ayant subi une moins haute température et par suite moins altérés (moins résinifiés); enfin, les dangers d'incendie sont atténués, les fuites de l'appareil ne pouvant plus se produire du dedans au dehors, mais bien au contraire, par suite du vide, du dehors au dedans et par conséquent sans danger.

Dans l'appareil distillatoire à vide partiel construit récemment (1878) par *L. Droux*, la chaudière, de forme à peu près ovoïde, est en cuivre rouge et d'une capacité de 2500 litres; on peut y distiller 1500 kilogrammes de matières grasses en 12 heures; elle n'a pas de foyer particulier; mais les gaz de la combustion venant du foyer du surchauffeur de vapeur passent à volonté autour de la chaudière ou se rendent directement dans la cheminée, afin de ne pas chauffer la chaudière à la fin de l'opération. La vapeur venant du surchauffeur avec une température maxima de 300° se rend au-dessous des matières à distiller, dans un cône de diffusion, qui la lance dans la masse du liquide gras. Des thermomètres indiquent la température de la vapeur surchauffée et celle des matières en vapeurs; celles-ci sortent de la chaudière par une allonge, qui les conduit dans un grand serpentin en cuivre rouge, où elles se condensent. En sortant du serpentin, les acides gras liquéfiés arrivent dans un réservoir quadrangulaire au-dessus duquel se trouve une boîte dans laquelle on fait le vide au moyen d'un aspirateur à jet de vapeur, analogue à un injecteur *Giffard*, mais fonctionnant en sens inverse; on obtient ainsi dans la chaudière et le serpentin un vide égal à 30 centimètres de mercure, ce qui est suffisant pour hâter la distillation et forcer pour ainsi dire les vapeurs grasses lourdes à sortir de la masse à distiller; on abaisse ainsi le point de distillation de 15 à 18°; l'opération se fait alors dans des conditions très-favorables, car plus on distille rapidement et à basse température, moins il se forme de goudron. Pour produire l'écoulement des liquides du condenseur, écoulement qui est empêché par le vide partiel existant dans la chaudière et le serpentin, *L. Droux* place sous la boîte à vide un tuyau d'écoulement, entouré d'une enveloppe d'eau chaude, de manière à obtenir une colonne de liquide d'une hauteur égale à celle d'un poids de liquide contrebalançant le vide de l'appareil; l'acide gras qui arrive dans le réservoir au-dessous de la boîte à vide coule alors par son poids seul dans un récipient ouvert à l'air libre. L'eau de condensation de la vapeur qui passe en même temps que les acides gras, se rend dans un bassin, d'où elle est enlevée, après avoir été purgée de la matière grasse entraînée, et les acides gras coulent dans un monte-jus qui les envoie aux bassins de lavage, aux cristallisoirs, puis aux presses pour séparer l'acide oléique de l'acide stéarique solide. Lorsque la distillation est terminée, on cesse le vide et l'on extrait le goudron de la chaudière par un robinet dont le fond de celle-ci est muni.

Le *surchauffeur de vapeur*, qui constitue une des parties les plus importantes de l'appareil de *L. Droux*, consiste en vingt tubes en fer noyés dans une masselotte de fonte, fondue sur les tubes, qui ont en moyenne 2^m, 50 de long; la vapeur traverse la masse du surchauffeur maintenue au rouge

sombre dans un four à réverbère et arrive dans la chaudière à distillation avec une température toujours égale, ce qui est très-important.]

Les acides gras qui se rassemblent dans le récipient ne sont pas les mêmes aux différents temps de la distillation. Si on recueille par fraction les produits de la distillation depuis le commencement de l'opération jusqu'à la fin, les différents produits ont les points d'ébullition suivants :

	ACIDES GRAS	
	de l'huile de palme.	des résidus de cuisine et de la graisse d'os.
1 ^{er} produit	54,5	44°
2 ^e —	52	41
3 ^e —	48	41
4 ^e —	46	42,5
5 ^e —	44	44
6 ^e —	41	45
7 ^e —	39,5	41

L'eau qui se condense en même temps que les acides gras, sort du récipient par un robinet; au commencement de l'opération elle constitue la moitié du produit, vers la fin elle n'en fait plus que le tiers. On reconnaît que la distillation est terminée lorsque les produits condensés se colorent. La quantité du résidu goudronneux noir, qui reste dans la chaudière, s'élève à 2 ou 5 0/0 du poids de la matière employée lorsqu'on opère sur de l'huile de palme, et il est égal à 5 ou 7 0/0 si ce sont des résidus de cuisine qui ont été distillés. Les premiers produits de la distillation de l'huile de palme saponifiée avec l'acide sulfurique sont tellement solides que par la pression on ne peut plus en faire sortir aucun acide liquide; ils peuvent être employés immédiatement à la fabrication des bougies; on transforme par fusion les autres produits en pains, on comprime ceux-ci sous la presse hydraulique et on les fond sur l'eau. On utilise les produits liquides exprimés pour la fabrication des savons ou comme huile pour les lampes de cuisine. L'acide oléique obtenu ici est tout à fait différent de celui que l'on obtient dans la saponification calcaire.

On obtient en acides gras d'après ce procédé :

Du suint	47 à 55 p. 100
Des résidus d'huile d'olives	47 à 50 —
De l'huile de palme	75 à 80 —
De la graisse des abattoirs	60 à 66 —
De l'acide oléique	25 à 50 —

[Le procédé de saponification sulfurique direct, suivi de distillation, n'est presque pas employé en France; mais il est très en usage en Belgique, en Hollande et dans le nord de l'Allemagne. Il donne comme rendement, lorsqu'on opère par distillation dans le vide partiel à l'aide de l'appareil de *L. Droux*, 56 0/0 d'acide stéarique, 36 0/0 d'acide oléique et 8 0/0 de glycérine à 28°.]

D'après la méthode de saponification imaginée il y a quelques années par

Bock, de Copenhague, les matières grasses sont traitées par l'acide sulfurique à une température peu élevée et sans distillation. Sous l'influence de ce traitement les membranes albumineuses, qui renferment les globules graisseux et forment 1 à 1,5 0/0 du poids de la graisse, sont détruites, et celle-ci est alors décomposée par ébullition avec de l'eau et 4 à 5 0/0 d'acide sulfurique dans des réservoirs ouverts. Par ce procédé, on obtient environ 95 0/0 d'acides gras, qui par oxydation (au moyen du permanganate de potassium ou simplement de l'acide sulfurique) et lavage perdent 2 0/0. La quantité de la glycérine obtenue s'élève à 6,6 0/0. D'après une analyse effectuée par *K. Birnbaum* (1874), le mélange d'acides gras préparé suivant le système de *Bock* contient 99,53 0/0 d'acides gras sans traces de glycérine; il est, par conséquent, complètement dépourvu de graisse neutre. Le procédé de *Bock* n'est pas entré dans la pratique.

A la place de l'acide sulfurique, on a proposé d'employer pour la saponification des graisses le *chlorure de zinc* (vo. t. I, page 177), qui dans beaucoup de circonstances se comporte comme l'acide sulfurique. Il a sur ce dernier dans certains pays, dans les États de l'Amérique du sud, par exemple, des avantages certains, qui non-seulement sont dus à son bas prix, parce qu'il peut toujours être régénéré, mais encore à ce qu'il peut être transporté avec facilité et sans danger dans des caisses ou dans des tonneaux. Si, d'après les expériences de *L. Krafft* et de *Tessié du Motay*, on chauffe une graisse neutre avec du chlorure de zinc anhydre, il se produit entre 150 et 200° un mélange complet des deux substances. Après que l'on a chauffé pendant quelque temps et que l'on a lavé la masse avec de l'eau chaude ou mieux avec de l'eau acidulée avec de l'acide chlorhydrique, on obtient une graisse, qui donne à la distillation l'acide pur qui lui correspond, et il ne se forme qu'une très-petite quantité d'acroléine. L'eau de lavage reprend presque tout le chlorure de zinc et en l'évaporant le chlorure peut être régénéré. La quantité des acides gras, formés dans ce procédé, est égale à celle que l'on obtient par la saponification sulfurique; ces corps ont le même aspect, les mêmes propriétés et le même point de fusion. La quantité du chlorure de zinc nécessaire pour la saponification complète s'élève de 8 à 12 0/0 du poids de la graisse.

[III. **Saponification calcaire, suivie de la saponification sulfurique et de la distillation.** — Ce procédé, qui est employé en France et en Allemagne dans la plupart des usines, n'est qu'une combinaison des méthodes précédemment décrites; *Petit frères*, de Paris, lui ont fait subir dans ces derniers temps d'importants perfectionnements. On saponifie d'abord directement la matière grasse dans un autoclave avec 3 0/0 de chaux, et on décompose le savon à la manière ordinaire; on reprend ensuite l'acide gras, et, au lieu de le passer directement aux presses, on lui fait subir une nouvelle saponification avec l'acide sulfurique : dans ce but, on le traite avec 5 0/0 d'acide sulfurique à la température de 110° pendant 1 heure et demie à 2 heures et après lavage on procède à la distillation. En opérant ainsi, on obtient un rendement plus grand en acide stéarique : en effet, 100 parties

d'acides gras de qualité ordinaire donnent environ 50 parties d'acide stéarique et 50 parties d'acide oléique lorsqu'on les soumet directement à l'action des presses, tandis que l'on obtient après saponification sulfurique 60 0/0 d'acide stéarique et 40 0/0 d'acide oléique. L'acide gras résultant du traitement par l'acide sulfurique est plus cristallin et l'acide stéarique qu'il fournit a un point de fusion plus bas (50 à 51°, au lieu de 54°). Cette augmentation du rendement en acide stéarique semble devoir être attribuée à une absorption d'une portion de l'oxygène de l'acide sulfurique; car pendant l'opération il se produit un fort dégagement d'acide sulfureux; *Bru-denue*, fabricant d'acide stéarique à Paris (Ivry), emploie même avec avantage du charbon végétal en poudre dans l'opération de l'acidification, afin de faciliter la réaction et d'augmenter le dégagement de l'acide sulfureux. — Par ce procédé, on obtient 56 0/0 d'acide stéarique, 35 0/0 d'acide oléique et 8 0/0 de glycérine à 28°.

Par suite de mélanges de différents acides gras effectués dans des proportions convenables, *Petit frères* sont parvenus à faire cristalliser les divers acides gras d'une façon régulière, et à empêcher la cristallisation dans d'autres cas.]

[IV. Saponification sulfurique suivie de distillation partielle des acides gras. — Dans le procédé de distillation décrit précédemment, toute la masse des acides gras est soumise à l'opération coûteuse de la distillation, ce qui entraîne une grande perte de matière grasse; en outre, ce procédé permet difficilement de traiter des suifs purs, parce qu'il ne fournit avec le suif seul que des acides stéariques peu consistants, cristallisés à l'excès et à texture farineuse. Dans la distillation ordinaire, il faut mélanger des huiles de palme avec les suifs, et dans certains cas, comme dans ces dernières années, en France notamment, l'huile de palme est à un prix supérieur à celui du suif. Tous ces inconvénients sont évités avec le procédé suivant, installé récemment (1877) à Lyon et qui permet de traiter aussi bien les suifs purs que les huiles de palme.]

Les suifs sont d'abord lavés à l'eau acidulée à 10 degrés de densité dans une caisse doublée de plomb, pour les débarrasser de toutes les impuretés; après dépôt, on les fait couler dans un autre bassin, où on les chauffe pendant deux heures à 125°, au moyen d'un serpentín à vapeur, afin de les dessécher complètement. Le suif est ensuite amené dans un acidificateur disposé d'après les indications de *L. Droux*; cet appareil se compose d'un grand cylindre en fonte, clos de toutes parts et enveloppé d'un cylindre en tôle, contenant de la vapeur, destinée à maintenir dans tout l'acidificateur une température égale, variant de 110° à 150°, suivant les cas. Le cylindre inférieur contient un agitateur hélicoïdal, auquel une machine communique un mouvement de 500 à 600 tours par minute; il est en outre muni d'une grande cheminée pour la sortie des gaz et sur laquelle sont adaptées deux tubulures, l'une pour l'introduction de la matière grasse, l'autre pour celle de l'acide sulfurique; enfin, à sa partie inférieure se trouve une large tubulure servant à l'extraction des matières acidifiées. On introduit dans le cy-

lindre 1,500 kilogr. de suif desséché et en même temps 60 kilogr. d'acide sulfurique à 66° B., et immédiatement on met l'agitateur en mouvement, en ayant soin de maintenir l'enveloppe en tôle pleine de vapeur, pour avoir la température constante de 120°. L'acidification dure environ 10 ou 20 minutes; on en suit les progrès en prenant de temps en temps des échantillons; la matière grasse prend d'abord une teinte brun jaunâtre, puis jaune brun, brun gris et enfin brun violet; on vérifie l'état de la cristallisation en recueillant sur une lame de verre des gouttelettes du mélange, et on arrête l'opération quand cette cristallisation est parfaite.

On suspend alors l'agitation, puis on précipite la masse d'acide sulfo-gras dans un bassin de décomposition contenant de l'eau pure portée à la température d'ébullition au moyen d'un serpentin à jet de vapeur. Sous l'influence de l'eau bouillante, l'acide sulfo-gras se décompose en se dédoublant en acide gras qui surnage par le repos et en eau glycérineuse acide. Celle-ci étant soutirée dans un bassin doublé de plomb, on sature l'acide avec de la chaux en poudre, on filtre et on évapore le liquide filtré. L'acide gras, noir grisâtre à reflet légèrement violet, est reçu dans une cuve, où il est lavé pendant deux heures dans de l'eau acidulée à 5 ou 6° de densité, à l'aide d'un injecteur à jet de vapeur. Après un repos de 12 heures, l'acide gras est soutiré dans un bassin, où il subit un dernier lavage à l'eau pure. Dans le fond de la cuve où a eu lieu le lavage acide se trouvent des matières noires goudronneuses que l'on soumet à une nouvelle acidification.

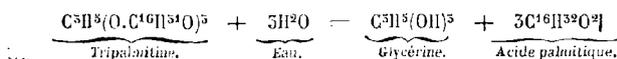
L'acide gras est moulé directement en pains. Il offre un aspect cristallin, est dur et sec et a une couleur noir chocolat. Il est soumis à l'action de la presse à froid, qui en sépare un peu d'acide oléique noirâtre; on le presse ensuite à chaud, et il s'en dégage encore de l'acide oléique noirâtre. Les pains d'acide stéarique ainsi obtenus sont durs et secs, mais ils conservent une teinte grisâtre due à l'acide oléique qu'ils contiennent encore. Pour séparer ce dernier acide, on fait refondre l'acide stéarique, on le moule en galettes minces que l'on soumet à une troisième pression à chaud, qui donne enfin de l'acide stéarique blanc, sec et d'une dureté supérieure à celle de l'acide stéarique ordinaire, puisqu'il se solidifie à 56 ou 57°, tandis que le point de solidification de l'acide obtenu par le procédé ordinaire ne dépasse pas 52 ou 54°, suivant que c'est de l'acide stéarique distillé ou de l'acide saponifié. On obtient ainsi 40 pour 100 du poids du suif en acide stéarique non distillé.

Tous les bas produits provenant des trois pressions sont fondus à nouveau, desséchés, puis acidifiés avec 4 ou 5 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B., suivant la méthode ordinaire. On obtient alors un acide gras noir, qui, soumis à la distillation, donne un acide gras blanc, que l'on soumet aux deux pressions, à froid et à chaud, comme dans le travail ordinaire.

L'économie de ce procédé consiste donc à n'avoir à distiller que les bas produits et à obtenir 40 pour 100 d'acide stéarique non distillé ayant toutes les qualités de l'acide saponifié. Comme rendement total, en mélangeant les deux natures d'acide stéarique, on arrive à obtenir de 100 de suif :

60 à 62 d'acide stéarique, 28 à 50 d'acide oléique et 8 à 9 de glycérine à 28°.]

V. Saponification par l'eau et sous pression. — Indépendamment des alcalis et des acides, on a proposé, il y a environ 26 ans, un nouvel agent pour produire le dédoublement des graisses neutres en glycérine et en acides gras. Cet agent est tout simplement de l'eau surchauffée à l'aide d'une haute pression :



L'idée de soumettre les graisses à un traitement de ce genre n'est pas nouvelle. Dans les travaux d'*Appert* (1825) et de *Manicler* (1856) on trouve déjà des indications sur la décomposition des graisses par l'eau surchauffée, bien que le but que se proposaient les industriels que l'on vient de nommer fût tout à fait différent du problème que se pose l'industrie actuelle. Dans les expériences d'*Appert* et de *Manicler* il ne s'agissait que de séparer le suif des membranes qui le contiennent. Une température de 115 à 125 degrés était tout à fait suffisante pour cela. A la température de 180 degrés et sous une pression de 10 ou 15 atmosphères, l'eau peut exercer sur les graisses neutres une action beaucoup plus profonde et les dédoubler immédiatement en leurs deux éléments constituants. On doit la connaissance de cette intéressante et importante réaction aux travaux des deux chimistes *Tilghmann* (janvier 1854) et *Berthelot* (avril 1854), qui ont fait en même temps cette découverte pleine d'avenir. Peu après *Melsens* (décembre 1854), de Bruxelles, parvint au même résultat. De ces trois chimistes, deux seulement, *Tilghmann* et *Melsens*, s'occupèrent du côté industriel de la question, et les méthodes employées par eux se ressemblent beaucoup.

Tilghmann ajoute à la graisse neutre à décomposer 1/3 ou 1/2 volume d'eau et il introduit le mélange dans un vase approprié, où il peut être exposé, jusqu'à ce qu'on ait atteint le but désiré, à l'action d'une température à peu près égale au point de fusion du plomb, c'est-à-dire à 320 degrés environ. Pour obtenir la pression nécessaire et pour s'opposer à la volatilisation de l'eau, on comprend qu'il soit nécessaire d'employer un vase fermé. L'opération peut être effectuée rapidement et d'une manière continue, si l'on fait circuler le mélange de graisse et d'eau dans un tube qui est chauffé à la température indiquée. Le procédé de *Melsens* consiste simplement à mettre en contact à 180 ou 200 degrés, dans un digesteur de *Papin*, la graisse à décomposer avec 10 ou 20 0/0 d'eau, que l'on a préalablement mélangée avec 1 ou 10 0/0 d'acide sulfurique. Son appareil est une longue chaudière horizontale, dans laquelle le mélange de l'eau avec la graisse est produit au moyen d'une deuxième chaudière plus petite, que l'on met en communication avec la première, et que l'on remplit ainsi avec de la vapeur; on fait dégager celle-ci dans l'air et l'on condense ce qui reste. Le vide ainsi produit dans la petite chaudière aspire, lorsqu'on ouvre un robinet, l'eau et la graisse de la grande chaudière placée plus bas; si ensuite on rétablit la com-

munication entre les parties supérieures des deux chaudières, le liquide est poussé vivement dans la chaudière inférieure et produit le mélange de tout le contenu de celle-ci.

[Les autres industriels qui, après *Tilghmann* et *Melsens*, imaginèrent des appareils pour la saponification par l'eau surchauffée, sont *Wright* et *Fouché* (1857), *Renner* (1865), *de Roubaix* (1866) et enfin *L. Droux* (1866).]

L'appareil de *Wright* et *Fouché* se compose de deux chaudières en cuivre fort qui sont superposées et hermétiquement closes. Deux tubes les font communiquer ensemble ; l'un *a* descend presque jusqu'au fond de la chaudière inférieure et débouche par son autre extrémité un peu au-dessus du fond de la chaudière supérieure, le deuxième tube *b* part du couvercle de la chaudière inférieure et s'ouvre au-dessous du couvercle de la chaudière supérieure. Celle-ci est un générateur à vapeur, dans l'autre s'effectue la décomposition de la graisse. Lorsque l'appareil doit être mis en activité, on remplit le générateur avec de l'eau, jusqu'au point où débouche le premier tube *a* ; dans la deuxième chaudière on verse la graisse fondue, jusqu'à ce que celle-ci atteigne le tube *b* ; il reste par conséquent entre la graisse et le couvercle de la deuxième chaudière un espace vide, auquel les inventeurs ont donné le nom de *chambre d'expansion*. Si maintenant on chauffe fortement, la vapeur passe par le tube *b* du générateur dans la chambre d'expansion, où elle se condense ; lorsqu'elle est condensée, elle passe par-dessous la graisse, qui est spécifiquement plus légère, pour retourner de nouveau dans le générateur par le tube *a*. De cette façon la graisse neutre est mélangée intimement avec de l'eau sans interruption à une température élevée et sous une forte pression, et elle est bientôt dédoublée en acides gras et glycérine.

[Les appareils qui viennent d'être décrits, de même que ceux de *Renner* et de *de Roubaix*, sont chauffés à feu nu. La matière grasse, au contact de parois métalliques exposées directement à l'action d'un foyer, atteint toujours un degré de température qui la décompose partiellement en substances charbonneuses ou goudroneuses : aussi les produits de la saponification aqueuse effectuée dans ces appareils conservent-ils toujours un aspect terreuse et grisâtre. Afin d'éviter cet inconvénient, qui du reste a fait abandonner les appareils précédents, *L. Droux*, le seul ingénieur qui soit parvenu à construire un dispositif vraiment industriel, entoure d'un manchon contenant de l'eau le vase où s'opère la décomposition des graisses, et il évite ainsi l'action directe du feu.

L'appareil de *L. Droux* se compose d'un cylindre vertical en cuivre entouré dans les trois quarts de sa hauteur d'un manchon en tôle, dans lequel se trouve de l'eau destinée à produire la vapeur ou à servir simplement d'enveloppe protectrice au cylindre intérieur, quand la vapeur est fournie par une chaudière spéciale ; lorsque le manchon en tôle sert en même temps de générateur, il est en communication vers le milieu de sa hauteur avec un cylindre accessoire pour la réserve d'eau et de vapeur, ainsi que pour le placement des appareils d'alimentation et d'indication. Les matières à traiter sont introduites dans le cylindre intérieur en cuivre par sa partie supérieure

au moyen d'un entonnoir à robinet, et elles sont évacuées, une fois l'opération terminée, par un robinet placé à l'extrémité extérieure d'un tuyau plongeur descendant jusqu'au fond du cylindre. La vapeur produite dans le manchon extérieur, qui alors est chauffé par un foyer latéral, ou amenée d'un générateur dans le manchon, est dirigée à volonté, par une simple rotation de deux robinets conjugués, au fond du cylindre intérieur ou à sa partie supérieure. Dans le premier cas, la vapeur, arrivant au bas du cylindre par le tuyau plongeur, traverse toute l'épaisseur de la couche d'eau et de suif pour gagner le haut de l'appareil; dans le second cas, à la fin de l'opération, elle vient presser à la surface de la matière grasse, qui est alors refoulée dans le tuyau plongeur pour venir sortir par le robinet de vidange. *L. Droux* a construit et mis en usage neuf de ces appareils, mais en présence de la haute température nécessaire à la transformation des matières neutres en acides gras, et d'autre part de la faible proportion de chaux nécessaire pour la saponification par le procédé de *de Milly*, dans les appareils à agitateurs de *L. Droux*, la décomposition des graisses par l'eau surchauffée a été complètement abandonnée.]

VI. Saponification par la vapeur d'eau surchauffée. — A la méthode précédente (saponification par l'eau surchauffée) se rattache la *saponification au moyen de la vapeur d'eau surchauffée*, qui a été employée et exploitée sur une très-grande échelle en Angleterre par la Compagnie *Price*, mais qui est maintenant abandonnée.

Gay-Lussac et après lui *Dubrunfaut* avaient déjà cherché à utiliser industriellement la transformation en acides gras qu'éprouvent les graisses lorsqu'on les distille. Mais malgré toutes les tentatives dirigées dans ce but, malgré l'emploi simultané de la vapeur d'eau, le résultat ne répondit pas à ce qu'on attendait; il arrivait toujours qu'une partie de la substance grasse se décomposait en donnant des produits charbonneux et de l'acroléine. *Wilson* et *Gwynne* ont été plus heureux; avec des appareils distillatoires qui ressemblent, dans ce qu'ils ont d'essentiel, à ceux décrits page 668, ils obtinrent avec le concours de la vapeur d'eau surchauffée le dédoublement complet des graisses neutres en acides gras et en glycérine. En maintenant rigoureusement une température déterminée, il fut possible non-seulement de décomposer complètement les graisses, mais encore de distiller sans altération les produits de cette décomposition, les acides gras et la glycérine. Les cornues dans lesquelles la distillation était effectuée avaient une capacité de 60 hectolitres; elles étaient portées par un chauffage direct à une température maintenue exactement entre 290 et 315°. Un tube en fer forgé amenait dans la substance grasse fondue de la vapeur chauffée à 515°. L'injection de la vapeur durait de 24 à 36 heures, suivant l'espèce de la graisse. De cette façon la décomposition était complète, les acides gras et la glycérine devenus libres étaient recueillis à l'orifice inférieur du réfrigérant. Les premiers étaient immédiatement transformés en bougies, tandis que la glycérine était purifiée par une nouvelle distillation à la vapeur. Comme on l'a dit plus haut, la température convenable doit être maintenue avec le plus grand soin; si elle est au-dessous de 310°, le dédoublement est

très-lent; si elle est plus élevée, une partie de la substance grasse est détruite et il se produit une grande quantité d'acroléine.

[**Détermination de la valeur des matières grasses.** — Pour déterminer la valeur des matières destinées à la fabrication des acides gras, on en saponifie 200 grammes dans une capsule avec de la potasse ou de la soude caustique en excès, on décompose le savon ainsi produit par l'acide sulfurique, on lave à l'eau l'acide gras obtenu, et, après l'avoir versé dans un verre conique, on prend son point de solidification avec un thermomètre plongé dans la masse. Quand les cristaux d'acides gras se forment à la surface et qu'ils se touchent, on note les degrés du thermomètre, qui à cet instant doit rester stationnaire. Le tableau suivant, dû à *L. Droux* (1866), indique la richesse des différents mélanges d'acides gras en acides gras solides et liquides correspondant aux diverses températures de solidification :

TEMPÉRATURES DE SOLIDIFICATION	MÉLANGES D'ACIDES GRAS		TEMPÉRATURES DE SOLIDIFICATION	MÉLANGES D'ACIDES GRAS	
	ACIDES SOLIDES	ACIDES LIQUIDES		ACIDES SOLIDES	ACIDES LIQUIDES
Degrés.	p. 100	p. 100	Degrés.	p. 100	p. 100
45,5	35	45	40,6	41	59
45,2	54	46	40	40	60
44,8	55	47	39,7	59	61
44,5	52	47	39,3	58	62
44,2	51	49	39	57	65
44	50	50	38,7	56	64
45,8	49	51	38,4	55	65
45,6	48	52	38,6	50	70
45,4	47	55	32,5	25	75
45,2	46	54	29	20	80
45	45	55	25	15	85
42,4	44	56	20	10	90
41,8	45	57	12	5	95
41,2	42	58	5	0	100

Un bon suif pur doit titrer 44 à 45°; de l'acide stéarique bonne qualité titre 54°.]

B. Préparation des bougies. — *De la mèche.* — La mèche est une partie très-importante d'une bougie stéarique, comme de toute autre bougie ou d'une chandelle; c'est dans les espaces étroits qui existent entre les fibres qui la composent que le corps éclairant fondu par la chaleur de la flamme est aspiré à mesure que celle-ci se consume. La mèche doit par conséquent être faite avec des substances poreuses et elle doit en outre être combustible, du moins pour les bougies et les chandelles, mais pas toujours pour les lampes.

Il est essentiel qu'une mèche, pour être bonne, soit faite avec un fil d'un diamètre uniforme et filé avec soin, afin qu'elle soit partout de même grosseur et qu'il n'en sorte pas de filaments. On prend le plus souvent un fil de coton faiblement tordu (nos 16 à 20 pour les chandelles et nos 30 à 35 pour les bougies stéariques). Plus les mèches sont uniformes dans toute

leur longueur et moins elles présentent de filaments, plus est régulière l'ascension de la substance grasse, par suite de l'uniformité de l'action capillaire, en admettant que la matière éclairante soit suffisamment pure, et plus par conséquent est uniforme la combustion suivant la longueur. On employait autrefois, et maintenant encore fréquemment pour les chandelles et les bougies de cire, la mèche *tordue*, c'est-à-dire une mèche dans laquelle les fils de coton placés les uns à côté des autres décrivaient une hélice à spire très-allongée. *Cambacérès* est le premier qui perfectionna la fabrication des mèches dans l'intention d'empêcher que l'on soit obligé de couper de temps en temps la mèche, ce qui est très-gênant. Ce perfectionnement consiste dans l'introduction des mèches *tressées*, qui ont rendu inutile l'usage des mouchettes. Sous l'influence de la tension dans laquelle se trouvent les fils de coton de la mèche tressée, ordinairement à trois brins seulement, l'extrémité de la portion de mèche qui sort de la bougie forme une courbure dont la pointe se maintient toujours hors de la flamme et se consume rapidement dans l'air qui circule autour de celle-ci. [On sait que l'intérieur de la flamme d'une bougie est formé de gaz non enflammés; on comprend donc tout l'intérêt qu'il y a à amener par la courbure l'extrémité de la mèche dans la partie de la flamme où la température est le plus élevée.]

Avant d'employer la mèche à la fabrication des bougies il faut d'abord la préparer. Car la mèche non préparée laisse en brûlant incomplètement un résidu de charbon, qui affaiblit beaucoup son action capillaire. Aussitôt après l'invention des bougies stéariques on a cherché à imprégner la mèche de substances jouissant de la propriété d'en favoriser la combustion. En 1850, *de Milly* trouva des corps de ce genre dans l'acide borique et l'acide phosphorique, qui jouissent de la propriété de rendre les mèches plus combustibles; ces acides forment avec les éléments de la cendre de la mèche et peut-être aussi avec la substance grasse une masse vitreuse et produisent à l'extrémité de la mèche une perle de verre pesante, sous l'influence de laquelle la mèche se courbe de manière que son extrémité se trouve au bord de la flamme. Dans les fabriques françaises on plonge pendant 5 heures les mèches à préparer dans une dissolution contenant pour 50 litres d'eau 1 kilogramme d'acide borique, on les tord ensuite fortement ou on les débarrasse du liquide en excès au moyen d'une machine centrifuge, puis on les dessèche dans une étuve à courant d'air sec et chaud. Afin que les mèches de coton s'imprègnent mieux, il est convenable d'ajouter un peu d'alcool à la solution aqueuse d'acide borique. *Payen* recommande comme liquide propre à faciliter l'incinération des mèches une solution de 5 à 6 grammes d'acide borique dans 1 litre d'eau mélangée avec 3 ou 5 0/0 d'acide sulfurique. Dans quelques fabriques autrichiennes de bougies stéariques on emploie pour l'imprégnation des mèches le phosphate d'ammonium. Enfin, *Bolley* indique dans le même but une solution de sel ammoniac à 2 ou 5° Baumé, qui constitue un moyen simple et peu coûteux.

Moulage des bougies. — Les pains d'acides gras, qu'ils soient le produit de la saponification calcaire ou du traitement par l'acide sulfurique suivi

d'une distillation ou enfin de la seule action de l'eau surchauffée, présentent, après avoir été soumis au pressage à chaud, des propriétés assez semblables. Ils sont sous forme de gâteaux blancs transparents et assez cohérents, cependant ils ne sont pas suffisamment purs pour pouvoir être employés immédiatement à la fabrication des bougies; leurs bords, qui n'ont pas subi l'action de la presse, renferment encore quelquefois de l'acide oléique, ils sont mous et colorés en jaunâtre, et souvent leur surface est salie par de l'oxyde de fer et par des crins laissés par les sacs contenant les acides gras. Pour nettoyer les pains, on commence par enlever les bords et on retranche les surfaces salies; les déchets sont de nouveau soumis à une pression à chaud. Les pains blancs sont ensuite introduits avec de l'acide sulfurique à 5° Baumé dans des cuves garnies de plomb, où on les soumet pendant une heure environ à l'action de la vapeur. Ce traitement a pour objet, comme on le dit quelquefois, de décomposer les dernières traces de stéarate de calcium, dont la présence est impossible: il a plutôt pour but de dissoudre l'oxyde de fer et de détruire les fibres provenant des sacs. Après un traitement suffisamment prolongé, on enlève l'acide sulfurique et on lave l'acide gras avec de l'eau bouillante, jusqu'à ce que les dernières traces de l'acide sulfurique soient éliminées. On ajoute ensuite à la substance grasse à fondre une certaine quantité de blancs d'œufs, on brasse bien et l'on chauffe à l'ébullition. Les blancs d'œufs en se coagulant enveloppent toutes les impuretés, qu'ils entraînent en se déposant au fond de la cuve. La grande tendance que possède l'acide stéarique à cristalliser en grandes lames, lorsque, étant fondu, il se refroidit lentement, fut dans les premiers temps de la fabrication des bougies stéariques la source de graves inconvénients. On obtenait des bougies inégalement translucides qui se brisaient facilement. Une addition d'acide arsénieux donnait des bougies d'un aspect beaucoup plus homogène et d'une texture moins cristalline; mais, bien que l'acide arsénieux ne fût ajouté qu'en petite quantité, cette pratique offrait des inconvénients sérieux pour la santé, et elle dut bientôt être abandonnée sur le continent devant la défense de l'autorité, et en Angleterre en présence de la réprobation publique dont elle fut l'objet. Les moyens que l'on emploie maintenant remplissent tout aussi bien le même but: on *barbotte*, c'est-à-dire qu'on laisse refroidir, en l'agitant continuellement, l'acide stéarique fondu jusque près de son point de solidification; après quoi on le verse dans le moule chauffé à une température voisine du point de fusion de l'acide. Par le refroidissement et l'agitation on obtient une sorte de bouillie fluide, qui ne cristallise plus. Depuis que l'on a l'habitude dans les fabriques de bougies stéariques de mélanger l'acide gras avec de la paraffine (dont la proportion ajoutée va jusqu'à 20 0/0), il n'est plus question de la tendance à cristalliser des acides gras.

Les moules à bougies sont faits avec un alliage d'étain et de plomb; contenant pour 20 parties d'étain 10 parties de plomb; ce sont des tubes étroits un peu coniques, qui doivent être très-polis intérieurement, afin que les bougies acquièrent aussi ce poli. Dans leur axe on place la mèche, qui d'une part est fixée dans un petit trou à la partie inférieure et d'autre part à un

entonnoir placé sur l'extrémité supérieure du moule. Au moyen de cet entonnoir on verse la substance grasse dans le moule. La figure 391 représente les moules à bougies tels qu'ils étaient autrefois en usage dans les fabriques françaises : *a* est un moule composé de deux parties, le cylindre et

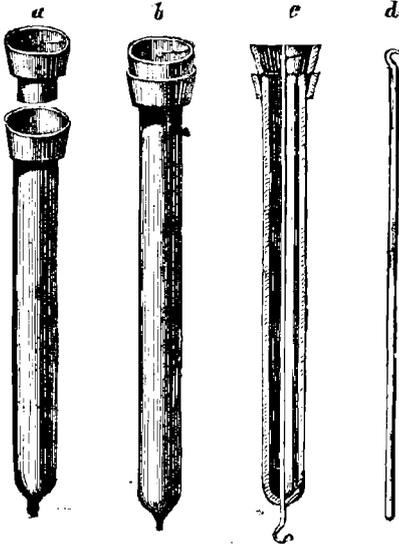


Fig. 391. — Moules à bougies.

l'entonnoir ; *b* est le moule monté, dont *c* montre une coupe longitudinale et la position de la mèche, enfin *d* est un crochet de fer qui sert à enfiler la mèche dans le moule. Pour que l'opération soit plus rapide, on a fixé ensuite plusieurs moules (30) sur un bassin désigné sous le nom de porte-mou-

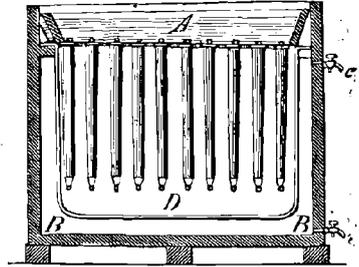


Fig. 392. — Porte-moules.

les. La figure 392 montre cette disposition ; AD est une grande boîte en tôle, dans laquelle se trouvent les moules ; cette boîte est placée dans une

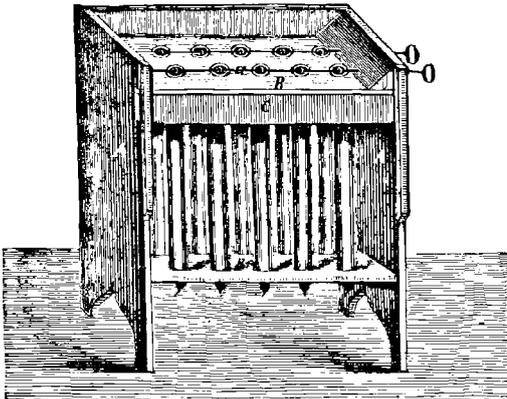


Fig. 393. — Appareil américain pour le moulage des bougies.

deuxième BB qui est chauffée à 100 degrés par de la vapeur d'eau ; l'air déplacé par celle-ci s'échappe par *c* et l'eau de condensation par *c'*. Lorsque les moules ont atteint la température de 45 à 50°, on retire la boîte AD de BB, on remplit les moules avec de l'acide stéarique fondu et on les abandonne à eux-mêmes, jusqu'à ce que les bougies soient refroidies et qu'elles puissent être retirées.

A New-York et dans d'autres villes des États-Unis on emploie dans quelques fabriques pour le moulage des bougies l'appareil représenté par la figure 393, qui en fait comprendre facilement les dispositions essentielles. Les moules se distin-

guent des précédents en ce qu'ils n'ont pas d'entonnoir. La table à mouler se compose des montants en bois AA, sur lesquels sont fixées les cloisons horizontales BB servant à porter les moules. La cloison supérieure est en métal. CC sont les pièces latérales, qui forment avec la cloison supérieure un réservoir destiné à recevoir la matière grasse fondue, lorsque les moules doivent être remplis. L'une des pièces latérales peut être enlevée et replacée à volonté; cette disposition facilite l'installation des mèches, ainsi que l'enlèvement de la matière grasse solidifiée dans le réservoir. Les mèches sont maintenues par des fils horizontaux qui les traversent dans la portion qui déborde de quelques millimètres seulement (comme on le voit en *a*) l'orifice des moules.

Dans une fabrique de la Villette, on procédait autrefois de la manière suivante. Les moules étaient chauffés à 50°; à cet effet, ils étaient placés dans une chambre particulière, où se trouvaient des tubes en fer dans lesquels circulaient de la vapeur d'échappement et de l'eau de condensation chaude. Sur un support en bois (fig. 594), muni de roues et que l'on pouvait faire circuler sur un petit chemin de fer *s*, étaient placées parallèlement trois séries de moules. Chaque série était munie d'un entonnoir *m* de 4 centimètres 1/2 de hauteur et au fond duquel étaient vissés treize moules. Chaque série était mobile autour d'un axe *g* et pouvait être relevée à l'aide des poignées *ii*, comme le montre la figure. Après avoir laissé égoutter les mèches imprégnées d'une solution d'acide borique, on les portait dans une étuve, après les avoir enroulées sur une bobine, et on les y laissait

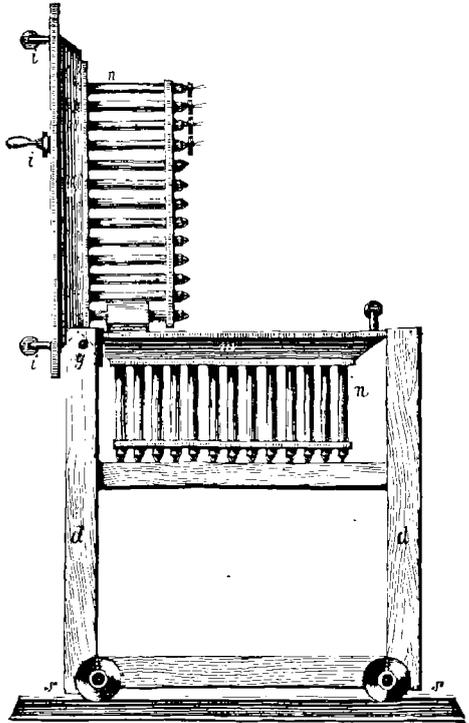


Fig. 594. — Autre appareil à mouler les bougies.

jusqu'au moment de les placer dans les moules. Pour mettre les mèches en place on se servait de l'instrument *ic* (fig. 595) consistant en un cylindre de bois muni d'une poignée et d'un crochet en métal. A la partie supérieure de chaque moule on plaçait un anneau de fer-blanc (fig. 596) et l'on introduisait la mèche dans le trou *j*, pratiqué en son milieu; un nœud retenait la mèche en ce point; la partie inférieure de celle-ci était fixée à l'aide d'une pince en fil de fer étamé (fig. 597). Par cette pince la

mèche était maintenue dans une certaine tension, mais pas trop forte, afin de lui permettre de céder sans se briser lors du retrait de la bougie.

Lorsque les mèches préparées étaient mises en place et les moules chauffés à 50°, l'acide stéarique, refroidi à 40° et brassé, était versé à l'aide d'un pœlon à bec dans les entonnoirs *m*, jusqu'à ce que les moules fussent remplis



Fig. 595. — Crochet pour introduire les mèches dans les moules.



Fig. 596. — Anneau porte-mèche.



Fig. 597. — Pince pour fixer les mèches dans les moules.

et qu'il restât encore dans les entonnoirs une certaine quantité de matière grasse, afin d'éviter la production de creux dans les bougies. Aussitôt après le coulage de l'acide stéarique, on posait sur l'acide encore mou les poignées *Q* (que l'on voit de côté dans la figure 398 et en dessus dans la figure 399); celles-ci consistaient simplement en lames de fer-blanc arquées, aux-

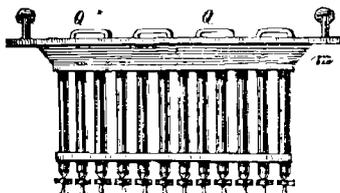


Fig. 398. — Moules à bougies après le coulage de l'acide gras.



Fig. 599. — Moules à bougies après le coulage de l'acide gras; vue supérieure.

quelles se fixait l'acide stéarique pendant sa solidification, de sorte qu'à l'aide de ces poignées on pouvait, les pinces ayant été enlevées, arracher la masselotte (c'est ainsi que l'on désigne l'acide stéarique resté dans l'entonnoir) et les bougies qui s'y trouvaient soudées. On facilitait cette opération en enfonçant verticalement, aussitôt après le coulage de l'acide stéarique dans l'entonnoir, les poignées dans la matière grasse, que l'on divisait ainsi en plusieurs fragments. Les différentes positions des poignées indiquaient les différentes qualités des bougies. Les bougies étaient ordinairement retirées des moules quatre heures après le coulage; on les coupait à la base tout près des anneaux qui maintenaient les mèches, et de cette manière on les séparait de la masselotte.

On a ensuite fait usage d'une autre sorte de moule qui à son extrémité in-

rière était disposé de façon à couper la mèche et à la maintenir dans le moule. Ce dispositif, imaginé par *Cahouet*, consiste en un robinet de laiton *b* (fig. 400), dont la boîte *a* a été enfermée dans la partie inférieure du moule lors de la coulée de celui-ci. Cette boîte est munie sur sa portion cylindrique extérieure de plusieurs rainures *d*, pour que l'alliage fondu, en se logeant dans les rainures, la maintienne plus solidement; en outre, elle est pourvue sur un de ses bords d'une encoche *e*, afin que la noix du robinet ne puisse décrire, lors de sa rotation, qu'un segment de cercle d'environ 150°. Dans le trou de la noix par lequel la mèche doit être conduite à l'aide d'une aiguille se trouve une lame *c*. Si l'on tourne

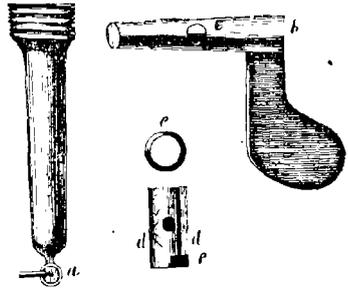


Fig. 400. — Moule avec robinet fixant et coupant la mèche.

la tête du robinet de façon que la lame se dirige vers la mèche, celle-ci est coupée, et en même temps le morceau de mèche qui reste dans le moule est fixé et tendu au centre de ce dernier.

Les dispositifs décrits précédemment exigent beaucoup de main-d'œuvre, notamment pour l'introduction des mèches dans les moules. C'est pourquoi les *appareils à marche continue*, dans lesquels les mèches enroulées sur des bobines sont introduites dans les moules et coupées seulement après le moulage, et après que les bougies sont retirées des moules, sont maintenant presque partout employés, à l'exclusion de tous les autres. Un des premiers appareils de ce genre est celui qui a été construit par *Morgan* de Manchester et introduit dans l'usine de *Price*, à Londres. Cet appareil perfectionné par *G. Kendall* offre les dispositions suivantes. Les moules destinés au moulage des bougies, qui doivent être très nombreux parce que les bougies exigent un certain temps pour se refroidir, sont fixés sur des supports ou tables à mouler qui en reçoivent chacun un certain nombre. Ces supports sont placés sur des chariots, mobiles sur un chemin de fer, à l'aide desquels on les transporte dans les différents endroits qu'ils doivent occuper. Un chariot conduit les supports avec les moules garnis de mèches dans un four où les moules sont chauffés, puis il les amène vers le réservoir contenant l'acide stéarique fondu, et lorsque la coulée est terminée le chariot est poussé sur une voie libre, où il reste jusqu'à ce que les bougies soient suffisamment refroidies dans les moules pour pouvoir en être retirées, après quoi il est conduit dans l'endroit où a lieu le démoulage et l'enfilage de nouvelles mèches. De cette façon, on peut, avec un nombre suffisant de tables à moules, effectuer d'une manière continue les différentes opérations. La figure 401, qui représente la coupe verticale de la partie supérieure d'une table à mouler, montre comment s'effectue l'enfilage continu des mèches. Chaque table est pourvue de 16 moules, disposés en deux séries; les moules *m* sont fixés dans les deux fonds *a* et *b*, de façon que dans chaque série les moules soient également distants les uns des autres. Le fond supérieur *a* porte sur trois côtés un bord fixe *c*, haut d'environ 8 à 10 cen-

timètres, et sur le quatrième côté un bord *d*, qui peut être élevé et abaissé dans une rainure. Lorsque ce bord mobile est en place, il forme avec les

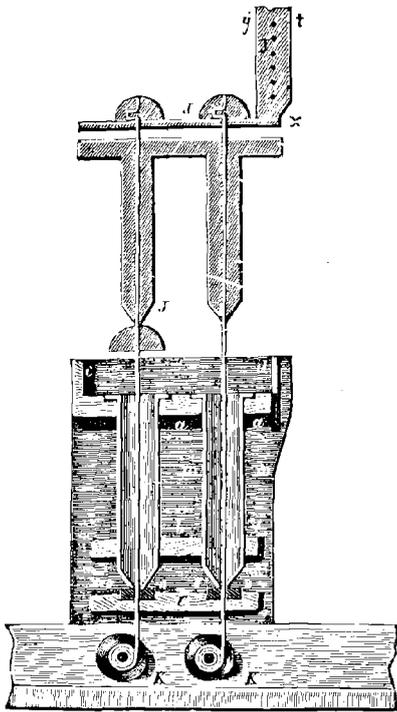


Fig. 401. — Appareil de Kendall pour le moulage continu des bougies.

trois autres une boîte, au fond de laquelle s'ouvrent les orifices supérieurs des moules. Lors du moulage, on verse dans cette boîte l'acide stéarique, fondu à une température convenable, et les moules se remplissent; on a soin de laisser couler assez d'acide stéarique pour que la boîte soit en partie remplie, et de cette façon il se forme par le refroidissement une masselotte, à la face inférieure de laquelle adhèrent les bougies. Si l'on veut procéder au démoulage de celles-ci, il faut d'abord détacher un peu la masselotte; dans ce but, on retire le bord *d* et l'on frappe avec la main sur la masselotte. Les extrémités inférieures *n* des moules s'appuient sur des disques de caoutchouc vulcanisé *o*, qui reposent sur la traverse *e*. Les plaques de caoutchouc *o* et la traverse *e* sont percées verticalement dans les points où s'appuient les moules. Par ce trou, on enfle par en bas dans les moules les mèches enroulées sur les bobines *K*.

Le trou de la plaque de caoutchouc est

assez étroit pour que la mèche n'y pénètre qu'avec difficulté, ce qui fait que lors de l'enfilage dans les moules elle se tend convenablement d'elle-même, et que d'autre part ce trou ne peut pas laisser passer des matières grasses. L'extrémité inférieure du moule et la plaque de caoutchouc étant appliquées fortement l'une contre l'autre, l'écoulement de l'acide stéarique entre ces parties est rendu impossible.

Pour fixer les mèches sur les moules et en même temps pour les maintenir dans l'axe de ceux-ci, on se sert d'une pince de fer *j* (fig. 402). Lorsqu'on



Fig. 402. — Pince pour fixer les mèches.

retire les bougies qui se trouvent dans les moules d'une table à mouler, les mèches sont en même temps tirées par en haut et ainsi disposées dans les moules pour le moulage suivant. Quand les bougies ont été remontées à la hauteur

qui est indiquée dans la figure 401, il faut de nouveau fixer les

mèches pour le moulage suivant. Dans ce but, on emploie deux pinces offrant la disposition représentée par la figure 402. Les six mèches composant une série sont fixées et centrées au moyen de chacune de ces pinces. La branche F de chaque pince, qui est munie de saillies en forme de dents, est placée sur les bords étroits de la boîte surmontant les moules, de façon qu'une pointe *c* fixée à un de ces bords, sur la ligne passant par les axes des six moules, se trouve dans l'échancrure *g* de la pince, tout près de l'une de ses extrémités, et qu'une autre pointe *i* fixée sur l'autre bord, vis-à-vis de la première, pénètre dans l'échancrure *h*. Chaque mèche des six moules se place dans un des espaces vides laissés par les dents de la branche F, et se trouve par suite exactement dans l'axe des moules. On ferme ensuite la pince en rapprochant les poignées *t*, entre lesquelles est un ressort *s*, qui tend sans cesse à s'ouvrir. Les deux branches de la pince s'appliquent alors l'une sur l'autre, et l'on empêche l'appareil de s'ouvrir à l'aide du crochet F; les six mèches sont alors maintenues solidement dans la position indiquée. Afin que l'on puisse retirer les bougies à l'aide de la pince, les deux branches de celle-ci sont un peu convexes, suivant la longueur de leur face interne, de sorte qu'elles sont déjà pressées l'une contre l'autre par leur force élastique, et, en outre, l'une est munie d'une rainure longitudinale et l'autre d'une saillie correspondant à celle-ci et qui pénètre dans la rainure. Lorsque les deux séries de mèches sont fixées et centrées de cette manière, on coupe les mèches. Les douze bougies sont alors démoulées et les tables à mouler sont conduites avec leurs meules dans le four à réchauffer, et ainsi de suite.

Le démoulage des bougies se pratique de la manière suivante : le bord mobile *d* est enlevé, comme on l'a dit précédemment, la masselotte est séparée de la boîte par un léger coup sur ses parois; deux tringles horizontales *x* sont poussées sur le côté *d*, au-dessous des deux pinces. Les tringles sont fixées sur les tiges verticales *t*; si l'on tourne celles-ci de 90°, les tringles *x* passent sous les pinces. A l'aide d'une disposition particulière, les tiges *t* sont soulevées à une certaine hauteur, qui correspond à la longueur de la mèche, autour de laquelle la bougie a été coulée. Lorsque les mèches sont serrées par les pinces au-dessous des bougies et coupées au-dessus des pinces, on enlève les bougies démoulées, on les débarrasse des pinces qui jusqu'à présent maintenaient leurs mèches, et à l'aide d'un couteau on les sépare de leur masselotte.

L'appareil de *Kendall* a été beaucoup perfectionné par *Cahouet* et *P. Morane* (1856), et sous cette nouvelle forme il a été introduit dans les grandes fabriques européennes. La machine de *Cahouet* et *Morane* se compose de dix groupes H' II' (fig. 403) contenant chacun vingt moules; tous les portemoules sont enfermés dans une boîte en tôle, au-dessous de laquelle se trouve une deuxième boîte renfermant les bobines horizontales B chargées de mèches. Comme dans le dispositif de *Kendall*, chaque bobine correspond à un moule, de sorte que la mèche peut se dérouler d'une manière continue. Une crémaillère K, roulant sur un chariot, sert à démouler les bougies. Les moules ayant été chauffés avec de la *vapeur d'eau*, qui est amenée par le tuyau V,

on y verse l'acide stéarique, en couvrant chaque groupe de petites plaques en fer-blanc, munies dans leur milieu d'un repli, à l'aide desquelles la mèche est légèrement pincée, de façon qu'elle soit un peu tendue, mais non saisie assez fortement pour qu'elle puisse céder à la traction et se dérouler

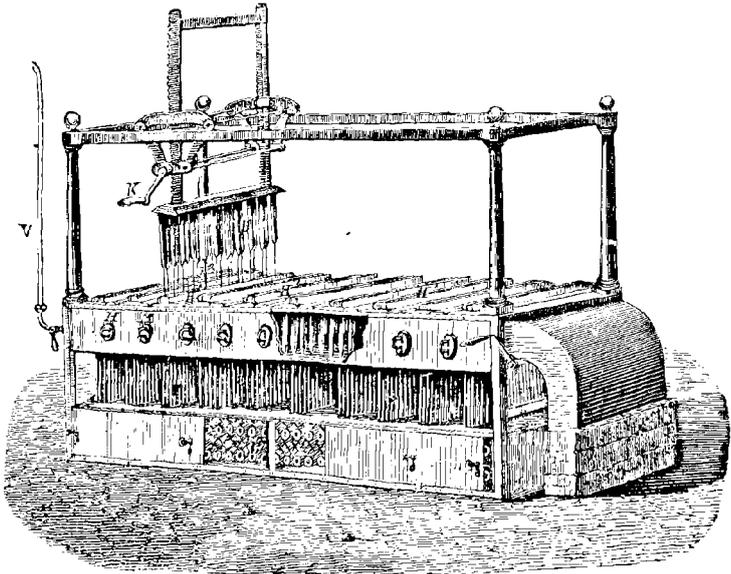


Fig. 405. — Machine de Cahouet et Morane, pour le moulage continu des bougies, avec chauffage par la vapeur et refroidissement par ventilation.

des bobines. Aussitôt après le coulage, on supprime l'arrivée de la vapeur; puis, à l'aide d'un ventilateur et du canal V, on introduit de l'air froid, sous l'influence duquel les moules sont refroidis et les bougies solidifiées en très-peu de temps. Après le refroidissement, on amène la crémaillère K au-dessus du groupe correspondant et l'on procède au démoulage; cette opération est beaucoup facilitée, parce qu'une tige de fer mince, qui est munie inférieurement de crochets de tôle, a été introduite dans la masse qui y adhère fortement en se solidifiant. Si maintenant on attache la tige de fer à la crémaillère K et si l'on remonte celle-ci, le démoulage des bougies s'opère et, en même temps, les mèches, se déroulant des bobines, viennent se placer dans les moules. Les bondes en cuivre M sont destinées à introduire de l'air frais dans l'appareil, si les moules viennent à être chauffés trop fortement par la vapeur.

[P. Morane, tout en conservant à la machine précédente ses organes essentiels, l'a modifiée de façon à pouvoir chauffer les moules au moyen d'un courant d'eau amenée à 40 ou 50° et les refroidir également avec de l'eau. La substitution de l'eau à la vapeur pour le chauffage et le refroidissement permet un travail beaucoup plus régulier, aussi la machine ainsi modifiée (fig. 404) n'a-t-elle pas tardé à remplacer le dispositif pri-

mitif dans la plupart des fabriques de l'Europe et même de l'Amérique.

Avec les deux machines précédentes on ne peut faire des bougies que d'une seule longueur; en outre, chaque bougie entraîne une perte de mèche d'environ 5 centimètres; le démoulage ayant lieu par traction, il arrive souvent que les mèches se déplacent et enfin celles-ci ne conservent pas toujours leur position centrale. Tous ces inconvénients sont évités dans les nouvelles machines dites à *centreurs*, que P. Morane construit depuis quelque temps, et dont la figure 405 représente le modèle le plus récent.]

Blanchiment, polissage, rognage, marque et paquetage des bougies. — Les bougies moulées sont blanchies avant d'être rognées et polies, et dans ce but on les expose à l'air libre, c'est-à-dire à l'influence des rayons solaires et de la rosée.

Elles sont amenées sur l'aire où s'effectue le blanchiment au moyen d'un drap sans fin. On les place sur une table bien propre, de laquelle le drap sans fin les enlève. Ce drap est muni de barres transversales arrondies, qui permettent l'enlèvement des bougies. Pour exposer celles-ci à l'air, on se sert d'un support en forme de

table, dont la tablette est remplacée par deux toiles de fil de plomb superposées. Chaque toile forme une surface horizontale, et la distance qui les sépare l'une de l'autre est égale à la hauteur d'une demi-bougie. Les mailles de la toile supérieure sont assez larges pour qu'une bougie puisse être introduite dans chacune d'elles. Les mailles de la toile inférieure sont au contraire plus petites. Les bougies sont maintenant introduites une à une, la pointe tournée en haut, dans les mailles de la toile supérieure, et elles reposent alors verticalement par leur extrémité inférieure sur la deuxième toile métallique. Suivant la saison, elles restent ainsi exposées à l'air pendant un temps plus ou moins long. Après le blanchiment, les bougies sont *rognées, polies, marquées*, puis réunies en paquets de cinq ou de huit.

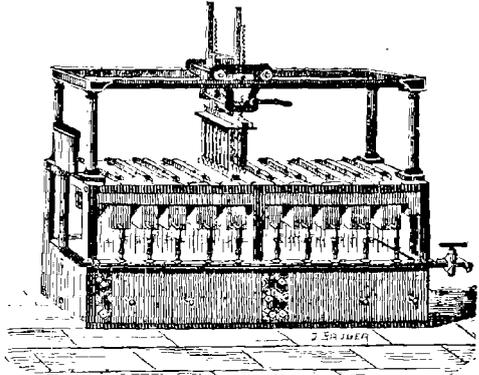


Fig. 404. — Machine de P. Morane pour le moulage continu des bougies, avec chauffage et refroidissement par l'eau.

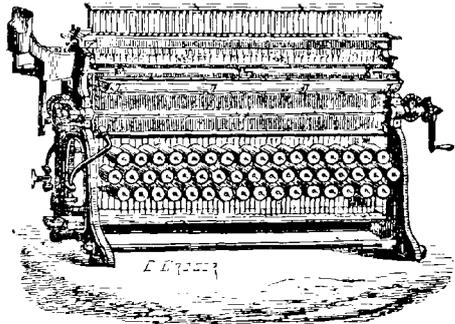


Fig. 405. — Machine de P. Morane dite « la Parisienne » pour le moulage continu des bougies.

[Le polissage, le rognage et la marque des bougies étaient autrefois effectués au moyen de machines différentes; mais maintenant une seule machine fait ces trois opérations. La figure 406 représente le dispositif imaginé par P. Morane. Les bougies, placées sur une tablette inclinée, sont entraînées successivement par deux disques dentés et viennent tomber sur un

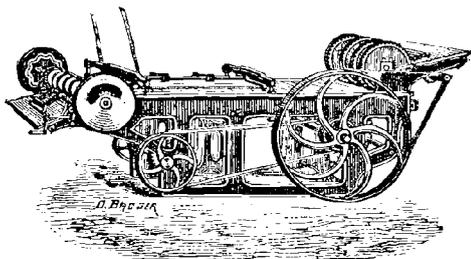


Fig. 406. — Machine de P. Morane pour le rognage, le polissage et la marque des bougies.

tablier sans fin, mis lui-même en mouvement par les dents des disques; derrière ces derniers et au-dessous de la tablette se trouve une scie circulaire, animée d'un mouvement de rotation très-rapide, qui vient couper les bougies juste à la longueur voulue; les bougies sont ensuite entraînées par le tablier sans fin et arrivent au-dessous d'un système de

brosses qui les polissent en projetant la poussière en avant; enfin, en quittant le tablier, après avoir été rognées et polies, les bougies tombent sur une tablette inclinée, où elles s'arrêtent un instant, pour qu'un cachet, chauffé au moyen d'une lampe à alcool, y imprime la marque de fabrique, après quoi les bougies devenues libres tombent dans une corbeille.]

2. Chandelles. — Le suif purifié est la matière employée pour la fabrication des *chandelles*, qui comprend la fabrication des chandelles *à la baguette* (ou *par immersion*) et celle des chandelles *moulées*.

Les chandelles *à la baguette* s'obtiennent en immergeant à plusieurs reprises la mèche dans du suif fondu. Dans la fabrication en petit on procède de la manière suivante : un vase est rempli avec du suif fondu et les mèches enfilées sur les baguettes sont plongées dans le liquide. Les baguettes sont des petits morceaux de bois de 75 centimètres de long et un peu pointus aux deux bouts, afin que les mèches puissent y être enfilées avec facilité. Suivant le poids que l'on veut donner aux chandelles, on garnit les baguettes avec 16 ou 18 mèches distancées aussi uniformément que possible, et l'on plonge les mèches perpendiculairement dans le suif en le secouant rapidement, afin qu'elles conservent exactement leur position. Lors de cette première immersion, qui a surtout pour but d'imbiber les mèches, le suif fondu doit encore être assez chaud, non-seulement parce que le corps gras chaud et par suite plus fluide remplit mieux les canalicules de la mèche de coton, mais encore parce que la mèche a encore le temps avant le refroidissement de prendre par son propre poids la direction d'une ligne droite. Après la première immersion, les baguettes sont posées sur le bord du vase contenant le suif; puis, lorsque les mèches déformées ont été redressées, elles sont suspendues l'une après l'autre sur le châssis, afin de laisser écouler le suif en excès. Le châssis est tout simplement un support en bois avec des barres transversales, sur lesquelles on pose les extrémités des baguettes. Lorsque toutes les baguettes

ont été immergées et que le suif contenu dans le vase est assez refroidi pour que la matière grasse forme déjà une pellicule mince sur les bords, on procède à la deuxième immersion, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les chandelles aient acquis la grosseur désirée. Comme la moitié inférieure de la chandelle est un peu plus grosse que la supérieure, il suffit, pour faire disparaître cet inconvénient, de maintenir la partie inférieure de la chandelle dans le vase à suif, afin que le corps gras en excès s'élimine en fondant. Le suif contenu dans le vase est brassé de temps en temps avec une baguette, afin qu'il soit partout également fluide. Lors de la dernière immersion, on descend les chandelles un peu plus profondément, afin de donner à leur extrémité supérieure, à leur pointe, une forme conique. On enlève l'extrémité inférieure, qui constitue une masse informe, en rognant les chandelles au moyen d'un instrument tranchant, ou bien en les appuyant sur le bord tranchant d'une cuvette en cuivre fortement chauffée. Cette méthode n'est plus employée que très-rarement.

Les chandelles *moulées* sont préparées comme les bougies stéariques par coulage du suif fondu dans des moules, dans l'axe desquels la mèche est tendue. Le suif employé pour les chandelles moulées est ordinairement d'une qualité supérieure à celle du suif qui sert pour les chandelles à la baguette; il est plus dur et épuré avec plus de soin. C'est fréquemment un mélange à parties égales de suif de bœuf et de suif de mouton. Ce dernier donne de la dureté aux bougies. Les *moules* (faits avec un alliage de plomb et d'étain) sont semblables à ceux que l'on emploie pour la fabrication des bougies stéariques, et ils sont placés en nombre suffisant dans les trous de la table à mouler. La mèche, dont on a préalablement plongé l'extrémité supérieure dans du suif fondu, est mise en place au moyen d'une aiguille; dans ce but on introduit l'aiguille dans l'orifice inférieur du moule, on saisit la mèche avec le crochet, on fait sortir celle-ci par l'orifice et l'on fixe l'extrémité supérieure de la mèche au moyen d'un petit morceau de fil de fer ou de bois, que l'on place transversalement sur les bords du moule, dans le cas où l'entonnoir ou le bassin du moule n'est pas muni dans son milieu d'un crochet pour la fixation de la mèche, disposition qui est maintenant ordinaire; on tire ensuite un peu son extrémité inférieure, afin qu'elle soit bien tendue dans l'axe du moule. Après ces préparations préliminaires, on procède au moulage des chandelles. Pendant le refroidissement du suif la matière grasse se rétracte un peu, ce qui donne lieu à la surface supérieure à une légère dépression, que l'on remplit en y versant un peu de suif. Si les moules sont munis de cuvettes, il se produit une masselotte, qui empêche la formation de la dépression et qui rend inutile le remplissage ultérieur du moule. Avant que le suif soit complètement solidifié dans les moules, on tire un peu la mèche, afin de la redresser et de la placer exactement dans l'axe de la chandelle. Lorsque les chandelles refroidies ont été retirées du moule, on coupe la masselotte à l'aide d'un couteau. — Depuis quelque temps on emploie aussi pour le moulage des chandelles des appareils mécaniques analogues à ceux qui servent pour les bougies.

5. **Bougies de paraffine et de belmontine.** — Sous le nom de *belmontine* on désigne la paraffine extraite du pétrole, tandis qu'on réserve spécialement le nom de *paraffine* à celle que l'on obtient par distillation sèche de la tourbe, du lignite, du schiste feuilleté, du charbon de boghead, etc. Les bougies de paraffine sont fabriquées d'après le même procédé et avec les mêmes appareils que les bougies stéariques. La matière employée dans les fabriques de bougies de paraffine est un mélange de diverses paraffines, ayant des points de fusion différents ; la paraffine

de boghead	fond à	45°,5	ou	52°,
de lignite	—	56°,		
de tourbe	—	46°,7,		

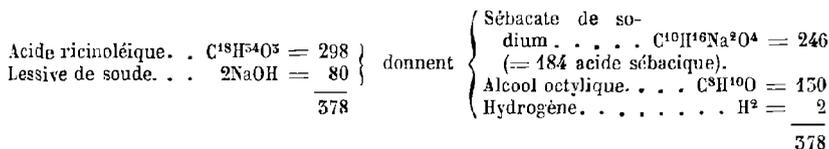
tandis que la belmontine

de l'huile de Rangoon	ne fond qu'à	61°,
de l'ozokérite	—	65°,5.

Dans les fabriques allemandes, où on emploie presque exclusivement de la paraffine de lignite et de tourbe qui fond de 45 à 55°, on ajoute en général de l'acide stéarique afin d'élever le point de fusion. La quantité ajoutée dépend de la température à laquelle fond la paraffine que l'on a à sa disposition, de l'espèce des bougies que l'on veut préparer et de la saison. Quelques fabriques emploient pour les bougies qui doivent être brûlées en été de la paraffine d'un point de fusion plus élevé que pour celles qui sont destinées à être consommées en hiver, et en outre elles ajoutent pour les premières une quantité d'acide stéarique beaucoup plus grande que pour les dernières. La proportion de l'acide stéarique ajouté variant de 3 à 15 pour 100, et d'un autre côté la masse des bougies stéariques étant fréquemment mêlée avec 15 ou 20 pour 100 de paraffine, il en résulte que la matière employée pour la fabrication des bougies de paraffine et des bougies stéariques est par le fait aujourd'hui un mélange de paraffine et de stéarine, mais dans des proportions différentes. Dans la plupart des fabriques de bougies de paraffine on ajoute toujours une petite quantité d'acide stéarique pour empêcher les bougies de se courber lorsqu'elles restent longtemps dans les chandeliers, inconvénient qui autrefois a donné lieu à des plaintes fréquentes. Dans les fabriques de l'Autriche-Hongrie, on emploie généralement la paraffine provenant du traitement de l'ozokérite. Les bougies de paraffine ne sont préparées que par moulage, jamais par immersion, et elles offrent l'inconvénient d'être difficiles à retirer du moule ; en outre, il est difficile de les obtenir uniformément translucides et exemptes de gerçures, qui sont produites par la cristallisation de la paraffine. Pour éviter cet inconvénient, la paraffine fondue est coulée à la température de 60° environ dans les moules, qui sont chauffés à la même température ou, ce qui est mieux, un peu plus fortement (à 70°). On abandonne à eux-mêmes pendant quelques minutes les moules remplis, puis on les plonge dans l'eau froide. Le refroidissement subit qu'éprouve ainsi la paraffine empêche sa cristallisation, et l'on

obtient des bougies transparentes, qui sortent facilement des moules. Pour les bougies de paraffine on emploie également des mèches de coton tressées, qui ont été préalablement imprégnées d'acide borique. Pour préparer les bougies de paraffine *noires*, comme celles dont on se sert quelquefois dans les cérémonies funèbres et les enterrements, on chauffe la paraffine presque jusqu'à l'ébullition et on y introduit quelques coques d'anacarde qu'on y laisse pendant quelque temps. La paraffine dissout la résine contenue dans les coques et prend une couleur brun foncé qui, après le refroidissement de la masse, est noire comme de la houille. Ces bougies noires ne produiront en brûlant ni fumée, ni odeur, si elles ont une mèche d'un petit diamètre, comme cela doit avoir lieu pour toutes les bougies de paraffine en général. Les *bougies d'Apollon* ou de *mélanyle* (voyez page 654) se composent d'un mélange de stéarine (qui à son tour est un mélange d'acide palmitique et d'acide stéarique) et de paraffine molle (fondant à 43°).

Bougies d'acide sébacique. — Nous devons mentionner ici l'*acide sébacique*, $C^{16}H^{32}O^4$, comme une matière propre à la fabrication des bougies et que l'on pourrait employer principalement pour élever le point de fusion des bougies de paraffine et d'un autre corps gras ; on obtient cet acide gras en soumettant à la distillation sèche l'acide oléique ou mieux encore en traitant de l'huile de ricin par une lessive de soude très-concentrée. Dans le dernier cas, c'est l'acide ricinoléique contenu dans l'huile qui fournit l'acide gras :



D'après ce schéma, 100 parties d'acide ricinoléique fournissent 81 parties d'acide sébacique. Ce dernier acide se trouve sans doute aussi dans les produits de la distillation des substances grasses formées par l'acide sulfurique, où il a pris naissance aux dépens de l'acide oléique. Le point de fusion élevé de l'acide sébacique (127°) et sa facile combustibilité en font une matière qui convient particulièrement pour être mélangée aux bougies facilement fusibles, surtout aux bougies de paraffine molle (fondant à 43°) : car il a pour effet non-seulement d'élever leur point de fusion, mais encore de leur donner de la dureté et du brillant. Comme en outre l'acide sébacique empêche la cristallisation de l'acide stéarique, il peut être mélangé avec avantage avec les produits trop mous et facilement cristallisables de la distillation des substances grasses. Une addition de 1 à 5 pour 100 communique à ces produits la dureté de la cire. La formation simultanée de l'alcool octylique ou caprylique, qui peut être employé pour la fabrication des vernis et des laques, augmente encore l'importance industrielle de l'acide sébacique.

4. Bougies de cire. — *Cire des abeilles.* La cire dont se servent les abeilles pour la construction des alvéoles et des chambres d'approvisionne-

ment pour le miel est sécrétée par des organes placés sous les anneaux écailleux de l'abdomen des abeilles ouvrières, du corps desquelles elle se sépare sous forme de petites gouttelettes qui se solidifient très-promptement en petites écailles. Comme les éléments de la cire des abeilles se trouvent tout formés dans les plantes, il n'y a, d'après *Hoppe-Seyler* (1871), aucune raison pour admettre que les abeilles produisent de la cire dans leur corps, d'autant plus qu'on ne peut pas y découvrir d'organe sécréteur de cette matière¹. Pour récolter la cire, on retire les rayons de miel de la ruche après la mort ou l'expulsion des abeilles, et on enlève le miel en laissant écouler celui-ci spontanément et comprimant ensuite les rayons. En effectuant la compression dans l'eau bouillante et laissant refroidir lentement et en repos, on obtient des gâteaux de cire jaune qu'on livre au commerce, après en avoir retranché la couche inférieure impure.

La cire ainsi obtenue possède généralement une couleur plus ou moins jaune. A la température ordinaire la cire jaune est malléable, à une basse température elle est cassante ; sa cassure est grenue ; son poids spécifique varie de 0,962 à 0,967, elle fond entre 61°,5 et 61°,5 d'après *Rüdorff*, et se solidifie entre 62°,6 et 62°,8. La cassure grenue de la cire, cassure due aux impuretés contenues dans la cire jaune, ainsi que la couleur jaune, sont des inconvénients qu'il faut faire disparaître, parce qu'ils nuiraient à la fabrication des bougies et que les bougies ainsi colorées offriraient un aspect désagréable. C'est ce que l'on fait au moyen du *blanchiment*. La cire est d'abord épurée, et dans ce but elle est fondue dans une chaudière en cuivre étamé dans laquelle on a d'abord chauffé à l'ébullition une certaine quantité d'eau, puis ajouté 0,25 pour 100 d'alun ou de tartre ou d'acide sulfurique. On brasse vivement et, après avoir laissé reposer la masse pendant quelques minutes, on fait couler la cire et l'eau dans une cuve, où se déposent toutes les impuretés ; afin que la cire ne se solidifie pas, on met un couvercle sur la cuve et on l'entoure avec une couverture de laine. Ainsi épurée, la cire est transformée au moyen d'une machine en rubans minces, qui, offrant une grande surface, ressentent mieux l'action de la lumière et de l'air auxquels on les soumet pour les blanchir. Les rubans sont étendus sur des toiles fixées sur des cadres où on les laisse exposés à l'air et au soleil, jusqu'à ce qu'on remarque que leur coloration ne diminue plus ; pendant ce temps on a soin de les retourner de temps en temps en les arrosant avec de l'eau ; maintenant, pour blanchir l'intérieur des rubans qui est resté coloré, on refond ceux-ci, on transforme encore la cire en rubans que l'on blanchit de nouveau, et l'on répète cette opération jusqu'à ce que les rubans soient complètement blancs même à l'intérieur. Suivant l'espèce de la cire et la manière dont se comporte le temps, le blanchiment exige de 20 à 55 jours, et la perte de poids qu'il occasionne est de 2 à 10 pour 100. Après le blanchiment, la cire est fondue, puis passée à travers un tamis de soie et moulée en gros blocs ou en tablettes circulaires. Pour produire le *blanchiment artificiel* de la cire, il existe de nombreuses

¹ L'opinion de *Voit* (1870), d'après laquelle la cire des abeilles se formerait aux dépens de l'albumine du pollen, n'est pas du tout fondée, suivant *W. von Schneider* (1872).

méthodes, qui toutes laissent plus ou moins à désirer. L'emploi du chlore et du chlorure de chaux offre cet inconvénient de donner lieu à la formation de produits chlorés solides et cassants, qui restent mélangés avec la cire et qui, lors de la combustion des bougies faites avec cette cire, donnent naissance à de l'acide chlorhydrique. Les corps colorés en jaune peuvent être facilement éliminés de la cire par ozonisation ; ainsi, par exemple, on peut faire fondre la cire avec un peu d'essence de térébenthine, puis l'exposer à l'air après l'avoir transformée en rubans ; le blanchiment a lieu rapidement et complètement ; on élimine l'essence de térébenthine en maintenant la cire en fusion pendant quelque temps. D'après le procédé de *Solly*, on mélange avec la cire fondue une petite quantité d'acide sulfurique additionné du double de son poids d'eau, puis on ajoute quelques morceaux d'azotate de sodium : l'acide azotique qui se dégage détruit en très-peu de temps la matière colorante de la cire. Le procédé de *Watson*, d'après lequel on blanchit la cire au moyen du permanganate de potassium et de l'acide sulfurique, et celui de *A. Smith*, qui consiste à traiter cette substance par le chromate de potassium et l'acide sulfurique, méritent aussi d'attirer l'attention. En ce qui concerne les propriétés chimiques de la cire, *John* a observé le premier que c'est un mélange de deux substances différentes, qui peuvent être séparées l'une de l'autre au moyen de l'alcool : l'une, qui est soluble dans l'alcool bouillant, forme l'acide cérotique $C^{27}H^{54}O^2$ (nommé autrefois *cérine*), l'autre, substance peu soluble dans l'alcool, est connue sous le nom de *mélessine* ou de *myricine* et, d'après *Brodie*, elle consiste en *palmitate de myricile* $C^{46}H^{92}O^2 = C^{16}H(C^{50}H^{64})O^2$. Indépendamment de ces deux corps, la cire des abeilles contient encore 4 ou 5 pour 100 d'une substance fondant à 28° , la *céroléine*, à laquelle la cire doit son onctuosité. Les proportions de l'acide cérotique et de la myricine contenus dans la cire des abeilles varient beaucoup. La variabilité des proportions des deux éléments de la cire explique pourquoi on observe des points de fusion différents dans les différentes sortes de cires.

Autres sortes de cires. — Indépendamment de la cire des abeilles, nous devons encore mentionner : 1° La *cire de Chine*, qui est importée de la Chine en grandes quantités, est produite par un insecte, le *Coccus ceriferus*, qui la dépose sur les arbres sur lesquels il vit, notamment sur le *Rhus succedanea*. Extérieurement elle offre beaucoup d'analogie avec le blanc de baleine ; elle est d'un blanc éclatant, cristalline, cassante et fibreuse, et elle fond à 82° . Par distillation sèche elle donne de l'acide cérotique et un corps analogue à la paraffine, le cérotène. D'après *Brodie*, la cire de Chine est constituée par le cérotate de céryle $C^{54}H^{108}O^2 = C^{27}H^{54}(C^{27}H^{54})O^2$. 2° La *cire des Antilles* est le produit d'un insecte qui habite les vallées de l'Orénoque et du fleuve des Amazones ; elle fond à 77° , elle a un poids spécifique de 0,917 et, paraît-il, la même composition que la cire des abeilles. 3° La *cire du Japon* ou *d'Amérique* se rencontre sous forme de disques ronds, concaves-convexes, recouverts d'efflorescences blanches ; elle est molle et cassante, elle fond à 42° , elle se dissout dans l'alcool bouillant et se composerait de palmitine. 4° La *cire de carnauba* est une sorte de cire provenant de Rio-de-Janeiro, qui

forme une couche mince à la surface des feuilles d'une espèce de palmier, le *Kopernicia cerifera*. Elle consiste en palmitate de mélissyle et fond à 82° ou 83°,5; à cause de son point de fusion élevé elle convient pour rendre des graisses plus facilement fusibles, ainsi que la paraffine et l'ozokérite propres à la fabrication des bougies ¹. 5° La *cire de palmier* provient de l'écorce du *Ceroxylon andicola*, espèce de palmier qui croît sur les points les plus élevés des Cordillères; on se la procure en raclant l'épiderme de cet arbre et en faisant bouillir le produit avec de l'eau. Elle fond à 83 ou 86° et elle est peut-être identique avec la cire de carnauba. 6° La *cire de myrica* est extraite dans plusieurs États du Sud de l'Union des fruits du *Myrica cerifera*, que dans ce but on fait bouillir dans l'eau. La cire préparée dans la province du Para, sur les bords du fleuve des Amazones, se rencontre dans le commerce sous le nom de *cire d'Ocuba*. Elle est verte (vert olive) et elle fond à 36 ou 48°. On l'emploie en Amérique pour la fabrication des bougies.

7° La *cérésine* (*cire minérale*, ou *cire d'abeilles artificielle*), qui depuis 1872 est livrée en grande quantité au commerce par les fabriques de Francfort-sur-l'Oder (*J. F. Otto*), de Stockerau (*H. Ujhely*)², de Vienne (*J. Wagemann*), et par une autre fabrique de Galicie, est un produit artificiel que l'on prépare en fondant (sans distillation) et décolorant l'ozokérite et quelquefois en mélangeant de la cire d'abeilles avec de la cire du Japon ou de la paraffine molle. [Pour préparer la cérésine avec l'ozokérite on procède généralement de la manière suivante. On fond l'ozokérite, que l'on prend aussi pure que possible, avec de l'acide sulfurique concentré et le résidu charbonneux de la fabrication du prussiate jaune de potasse (appelé *noir* ou *dépôt*; voy. t. I, p. 70); on comprime la masse, on la traite de nouveau avec du *noir* et l'on filtre; 100 parties d'ozokérite de première qualité donnent 60 à 70 parties d'un produit blanc offrant beaucoup de ressemblance avec la cire d'abeilles. En colorant la cérésine on lui donne l'aspect de la cire jaune.] La cérésine exposée à Vienne en 1873 par *Otto* fondait à 85 ou 84°, et, de même que le produit de la fabrique de Stockerau, elle est employée pour préparer des *bougies de cire*; elle sert également dans la pharmacie, dans la parfumerie, ainsi que pour l'apprêt des tissus de lin et de coton, dans la fabrication de la lingerie, des cols et des manchettes, et dans les manufactures d'armes, probablement pour faciliter le passage des projectiles dans les canons et les fusils rayés.

Préparation des bougies de cire. — Les bougies de cire ne se fabriquent que rarement par moulage, on se sert le plus souvent de la méthode suivante. Les mèches sont attachées à des crochets fixés sur la circonférence d'un

¹ La cire de carnauba est extraite au Brésil en quantités considérables. La production s'est élevée :

En 1862, à 1,280,000 kilogr.,	représentant une valeur de 2,400,000 francs.
En 1870, à 1,652,000 —	— 3,250,000 —
En 1871, à 1,839,000 —	— 3,620,000 —
En 1872, à 1,724,000 —	— 1,724,000 —
En 1873, à 2,660,000 —	— 4,403,000 —

² La fabrique de Stockerau a produit, en 1873, 600,000 kilogrammes de cérésine

cercle (*la couronne*) suspendu librement. On imprime à la mèche, avec les doigts, un mouvement de rotation continu autour de son axe, et on l'arrose avec de la cire fondue, jusqu'à ce qu'elle en ait pris une quantité suffisante pour qu'elle ait la grosseur nécessaire; après quoi on donne à la bougie la forme cylindrique en la roulant sur une plaque de marbre ou de bois.

Cette méthode peut être exécutée de deux manières différentes. D'après la première, qui est l'ordinaire, on imprègne d'abord les mèches avec de la cire, on les charge ensuite par arrosage avec la moitié de la cire qu'elles doivent recevoir, puis on les retourne pour les fixer à la couronne par leur autre extrémité et l'on verse l'autre moitié de la cire pour terminer les bougies, c'est-à-dire que l'ouvrier arrose les mèches avec de la cire fondue, jusqu'à ce qu'elles aient la grosseur voulue. Afin que la partie de la mèche qui doit faire saillie en dehors de la bougie ne soit pas recouverte de cire, on la recouvre d'un petit chapeau cylindrique en fer-blanc. On détache ensuite les bougies de la couronne, on les place entre deux toiles de lin sur un matelas, on les recouvre avec une pièce de flanelle et on les roule les unes après les autres avec une planchette en bois sur une table humectée légèrement. Cela fait, on les coupe de longueur par en bas et l'on donne la forme conique à leur extrémité supérieure, et enfin on les place dans un vase avec de l'eau, où elles se refroidissent sans perdre leur forme. On place ensuite les bougies refroidies dans une caisse munie d'un fond percé de trous et dans cette caisse on les expose à l'action de l'air en ayant soin de les humecter fréquemment, et au bout de quelques jours elles perdent la couleur jaunâtre qu'elles ont prise pendant leur confection. — Dans la fabrication en grand on emploie quelquefois un autre procédé: les mèches suspendues par leur extrémité supérieure sont complètement recouvertes de cire en une seule opération; on épargne ainsi beaucoup de temps, mais il faut que les ouvriers aient une grande habitude et soient très-habiles. — *Le moulage* des bougies de cire a lieu de la même manière que celui des bougies de stéarine et de paraffine; mais le retrait considérable qui se produit après le refroidissement et l'adhérence de la cire aux moules rendent cette matière très-peu convenable pour la fabrication des bougies par moulage. Afin qu'il ne se forme pas de cavités autour de la mèche, il faut que celle-ci soit imprégnée de cire avant son introduction dans les moules. La cire fondue au bain-marie est coulée dans les moules. Les moules de verre doivent être préférés aux moules métalliques à cause du poli de leurs parois, que celles-ci communiquent à la surface des bougies, et aussi parce que ces dernières peuvent après le refroidissement être facilement retirées du moule. Dans quelques fabriques on recouvre les moules de verre avec de la gutta-percha afin de diminuer leur fragilité. — Les gros *cierges d'église*, qui souvent pèsent 15 ou 20 kilog., sont toujours fabriqués *à la main*, mais jamais par arrosage ou moulage. Dans ce but la mèche faite avec un mélange de fil de lin et de fil de coton est entourée avec de la cire qui a été ramollie avec de l'eau chaude. On forme avec la cire des bandes rectangulaires, dont on applique plusieurs couches autour de la mèche tendue horizontalement, ou bien on

donne à la cire malaxée à peu près la forme d'un cierge en la roulant sur une table, puis à l'aide d'une règle on pratique dans le cylindre une rainure qui s'étend jusqu'au milieu de celui-ci, on place la mèche dans la rainure, on remplit le vide avec de la cire et l'on termine le cierge en le roulant sur une table. — Les frères *Riess* ont construit récemment une presse pour la fabrication des bougies de cire. La masse de cire qui doit être employée est introduite dans un cylindre qui est chauffé à la vapeur. La mèche est placée dans la cire, de manière que, lors de sa sortie du cylindre, elle soit enveloppée dans un tube de cire, dont elle doit occuper exactement l'axe, et elle forme en quittant l'appareil une bougie entièrement achevée. Depuis quelques années on fabrique en beaucoup d'endroits les cierges d'église avec un mélange de cérésine et de paraffine.

Les *bougies filées* (connues sous les noms de *rats de cave*, de *pains de bougies*) et les petites bougies dont on se sert en Allemagne pour l'illumination des arbres de Noël, bougies que l'on obtient en coupant les premières à la longueur voulue, sont presque toujours faites avec de la cire mélangée avec du suif et même avec de la résine de pin et de la térébenthine, afin de rendre à la cire la malléabilité qu'elle a perdue par le blanchiment et en outre pour satisfaire les exigences des consommateurs relativement au prix; depuis quelque temps ces bougies sont aussi fabriquées avec les espèces de cérésine les plus molles. Comme les bougies filées ne sont pas très-grosses, la mèche doit être uniforme. Pour préparer celle-ci, on prend autant de bobines chargées que la mèche doit contenir de fils, et on les file sur un tambour dont l'axe muni d'une manivelle repose sur un support très-pesant et qui est établi à une extrémité de l'atelier. Vis-à-vis de ce tambour, à l'autre extrémité de l'atelier, est disposé un deuxième tambour vide, et au milieu de la pièce, entre les deux tambours, se trouve posée sur un support une chaudière de cuivre plate remplie de cire, qui peut être chauffée au moyen d'un feu de charbon. Au fond de la chaudière se trouve un crochet sous lequel passe la mèche. Sur le bord de ce même vase est une plaque de fer ou de cuivre munie de trous circulaires coniques de différentes grandeurs et qui sont tout à fait semblables à ceux d'une filière pour la fabrication du fil de fer (voy. t. I, p. 45). La mèche en sortant de la chaudière contenant la cire passe à travers les trous coniques de la filière. Lorsqu'on veut préparer les bougies filées, on plonge l'extrémité de la mèche enroulée sur le tambour dans la cire fondue, on fait passer la mèche sous le crochet, puis dans le trou de la filière, qui est un peu plus grand que le diamètre de la mèche. On colle l'extrémité de celle-ci sur le deuxième tambour, on l'y maintient jusqu'à ce que ce dernier ait fait un tour, puis on fait tourner le tambour aussi lentement que possible, afin que la cire puisse se solidifier sur la mèche, et jusqu'à ce que celle-ci soit complètement enroulée sur le deuxième tambour. Cela fait, on fixe la filière sur le côté opposé de la chaudière, puis on fait passer la bougie commencée par le trou de la filière qui vient immédiatement après celui qu'elle a déjà traversé, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle soit enroulée sur le premier tambour. On continue de la même manière, c'est-

à-dire que l'on fait passer la bougie dans la chaudière, puis à travers le trou dont le diamètre est supérieur au précédent, de manière à la conduire du premier tambour vers le second et inversement, jusqu'à ce qu'elle ait acquis la grosseur désirée. Le cordon de cire ainsi obtenu est enroulé, lorsqu'il est encore souple, sous forme de pains de bougie ou de rats de cave d'un poids déterminé.

5. **Bougies de blanc de baleine.** — Le *blanc de baleine* ou *spermaceti* est une matière grasse solide particulière provenant de plusieurs cétacés, notamment du cachalot (*Physeter macrocephalus*), qui habite principalement les mers du Sud et quelquefois les côtes du Brésil et de la Nouvelle-Galles du Sud. Dans le corps de l'animal vivant il se trouve dissous sous l'influence de la chaleur animale dans un autre corps gras liquide, l'*huile de blanc de baleine* ou *huile de cachalot*. La solution, le blanc de baleine liquide, remplit des cavités et des tubes particuliers, qui se trouvent sur les os du crâne, au-dessous de la peau depuis la tête et jusqu'à la queue et qui sont disséminés dans la chair ou le lard. Après la mort de l'animal le blanc de baleine se fige et devient solide; on sépare le blanc de baleine de l'huile en le comprimant plusieurs fois au moyen d'une presse hydraulique, et l'on fait bouillir le gâteau pressé à froid et à chaud avec une lessive de soude assez concentrée, qui élimine le reste de l'huile; après quoi le liquide décanté clair comme de l'eau se prend par le refroidissement en une masse blanche cristallisée. Un cachalot fournirait 5,000 kilog. d'huile de blanc de baleine et 1,500 à 3,000 kilog. de spermaceti. Tel qu'il se rencontre dans le commerce, le blanc de baleine est sous forme d'une masse blanche, nacrée, cristalline-feuilletée, demi-transparente, onctueuse et grasse au toucher; il a un poids spécifique de 0,94 à 0,95, il fond à 45°, il peut être distillé à 560° en majeure partie sans altération, il se dissout dans environ 30 parties d'alcool bouillant, il devient légèrement jaunâtre au contact de l'air et il peut être facilement pulvérisé. D'après *Smith et Stenhouse*, il est formé de palmitate de cétyle $C^{32}H^{64}O^2 = C^{16}H^{32}(C^{16}H^{32})O^2$. D'après *Heintz* (1851), c'est une combinaison du cétyle avec les acides stéarique, palmitique, myristique, cocinique et cétique. Le blanc de baleine est employé en grande quantité en Angleterre pour la fabrication des bougies de luxe, qui, à cause de leur couleur blanc brillant et de leur demi-transparence qui les fait ressembler à l'albâtre, constituent les bougies les plus belles, mais aussi les plus chères. Pour diminuer la tendance qu'a le blanc de baleine à cristalliser lorsqu'il se refroidit, on y ajoute, lorsqu'on le moule en bougies, de 5 à 10 0/0 de cire blanche ou une certaine quantité de paraffine ou de belmontine. — [Le blanc de baleine est pour certains pays l'objet d'un commerce assez important: ainsi, d'après *Girardin*, les pêcheurs américains fournissent annuellement environ 750,000 kilog. de cette matière grasse, et la quantité fournie par la marine anglaise varie de 353,000 à 400,000 kilog.; en France cette industrie offre un développement beaucoup moindre; l'importation, qui en 1825 était de 136,000 kilog., tomba, en 1845, à 5,000 kilog., pour se relever, en 1855, à 20,000 kilog.]

GLYCÉRINE

La *glycérine* $C^3H^6O^3$, considérée comme un alcool triatomique $C^3H^5 \left. \begin{array}{l} \\ H^5 \end{array} \right\} O^3$
 ou $C^3H^5(OH)^3$ ou $\left\{ \begin{array}{l} CH^2 (OH) \\ CH (OH), \\ CH^2 (OH) \end{array} \right.$, est contenue dans la proportion de 8 à 9 0/0,

sous forme d'éther neutre des acides gras solides et liquides, dans la plupart des matières grasses, et elle peut en être séparée au moyen des bases (potasse, soude, chaux, baryte, oxyde de plomb) ou des acides (acide sulfurique), à l'aide de certains chlorures métalliques (chlorure de zinc), et enfin par la vapeur d'eau surchauffée ou par l'eau chauffée (sans formation de vapeur). La glycérine se forme en outre constamment à côté de l'alcool, de l'acide carbonique et de l'acide succinique dans la fermentation alcoolique des sucres fermentescibles (dextrose, lévulose, lactose). D'après les observations de *Pasteur*, la quantité de la glycérine qui prend alors naissance est égale à environ 2 ou 3 0/0 du poids du sucre. C'est *Scheele* qui découvrit la glycérine en 1779 en préparant de l'emplâtre de plomb; ce corps n'acquies de l'importance au point de vue industriel que lorsqu'il fut produit en grande quantité par suite de l'invention des bougies stéariques et du traitement des lessives inférieures de la fabrication des savons. Les vinasses des distilleries de pommes de terre et de mélasse, ainsi que celles de la distillation de l'alcool du vin, contiennent des quantités notables de glycérine, qui très-probablement pourraient être extraites avec avantage de ces résidus.

[Les eaux glycérineuses provenant de la décomposition des matières grasses en vue de la fabrication des acides gras constituent la matière première la plus importante de l'extraction de la glycérine. Pendant longtemps ces eaux restèrent sans valeur et furent perdues; ce n'est que lorsqu'on fut parvenu à en extraire à bas prix la glycérine brute à 28° B, et à trouver à celle-ci des emplois, que le traitement du produit secondaire de la fabrication des bougies devint une véritable industrie, qui aujourd'hui offre une grande importance, puisque en France seulement la production de la glycérine s'élève à 5 ou 6 millions de kilogrammes, représentant une valeur de plus de trois millions de francs. Tant que l'on a saponifié en vase ouvert, l'eau glycérineuse contenait peu de glycérine et renfermait une grande quantité de sels calcaires, difficiles à éliminer. C'est de l'introduction dans l'industrie stéarique des appareils à saponifier sous pression que date la fabrication en grand de la glycérine, et comme c'est *L. Droux* qui a propagé et installé cette méthode de saponification dans un très-grand nombre d'usines, on doit regarder cet ingénieur comme le véritable créateur de la fabrication industrielle de la glycérine. Les premières usines où l'on a fait l'extraction de la

glycérine sont celles de *de Milly*, à Paris, de *Price* (patent candle Company), à Londres, et de *Viallon*, à Lyon.]

Préparation de la glycérine. — [L'eau glycérineuse obtenue dans la saponification avec 11 0/0 de chaux (procédé de *L. Droux*, p. 657) offre une densité de 2 à 5°, celle qui résulte du traitement des graisses avec 3 0/0 de chaux dans l'appareil de *de Milly* ou dans ceux de *L. Droux* marque de 3 à 5°; dans le traitement par l'eau surchauffée l'eau glycérineuse a une densité de 4 à 6° et se sépare de l'acide gras par le refroidissement de la masse.

Quelle que soit l'origine des eaux glycérineuses, celles-ci sont d'abord filtrées, puis concentrées à la vapeur ou à feu nu, jusqu'à 10 ou 12° B.; à cette densité toutes les particules grasses entraînées sont séparées. On filtre, puis on continue l'évaporation jusqu'à 28°, type commercial de la vente de la glycérine. L'évaporation à feu nu a lieu dans une série de bassines plates chauffées par un seul foyer; cette méthode d'évaporation a l'inconvénient de colorer la glycérine en brun, c'est pourquoi on préfère la concentration à la vapeur qui peut être effectuée dans des bassines en tôle munies de serpentins en cuivre dans lesquels circule de la vapeur ou à l'aide du *serpentin rotatif* imaginé récemment (1875) par *L. Droux*. Cet appareil (fig. 407) se compose d'un vase demi-cylindrique en tôle, dans lequel se meut, avec une vitesse d'environ 20 tours à la minute, un *serpentin à vapeur en cuivre* S monté sur un axe creux AB; ce serpent, qui est d'une seule pièce et sans joints, communique aux deux extrémités avec l'axe AB; il plonge dans le liquide à évaporer jusqu'au tiers de sa hauteur; de cette façon, ses spires viennent à chaque rotation se recouvrir d'eau glycérineuse et l'évaporation a lieu en couches minces à sa surface pendant son mouvement de rotation. La vapeur destinée au chauffage (vapeur d'échappement ou vapeur directe) pénètre en A, passe dans l'axe creux et dans le serpent pour venir sortir en B. La glycérine évaporée est évacuée par le robinet R. Le serpent rotatif de *L. Droux* est l'appareil le plus avantageux; il permet d'utiliser la vapeur perdue, d'évaporer à une basse température en couches minces et par conséquent de ne pas altérer ni colorer la glycérine; en outre, il peut être facilement débarrassé des sels calcaires qui se déposent sur tous les appareils d'évaporation et viennent empêcher la transmission de la chaleur; pour opérer ce nettoyage, il suffit d'enlever le serpent et de le faire tourner pendant deux minutes dans un bain d'acide chlorhydrique à 10° B.

La glycérine brute à 28° ainsi obtenue n'est donc que le produit de la filtration et de l'évaporation des eaux glycérineuses provenant des saponifications calcaires ou des saponifications sulfuriques, après neutralisation des eaux. Cette glycérine retient toujours des sels de chaux. Pour avoir un produit plus pur (glycérine raffinée), on opère de la manière suivante: on évapore l'eau glycérineuse à la vapeur jusqu'à 10° B, on filtre, on précipite les sels calcaires au moyen de l'acide carbonique ou de l'acide oxalique, on filtre de nouveau et on évapore dans le serpent rotatif jusqu'à 30 ou 31° B. Le liquide ainsi concentré est maintenant soumis à la distillation à l'abri de

l'air dans un appareil en cuivre rouge, où l'on fait arriver pendant toute la durée de l'opération de la vapeur d'eau surchauffée à 250°. On conduit la distillation lentement en fractionnant les produits, ce qui permet de séparer

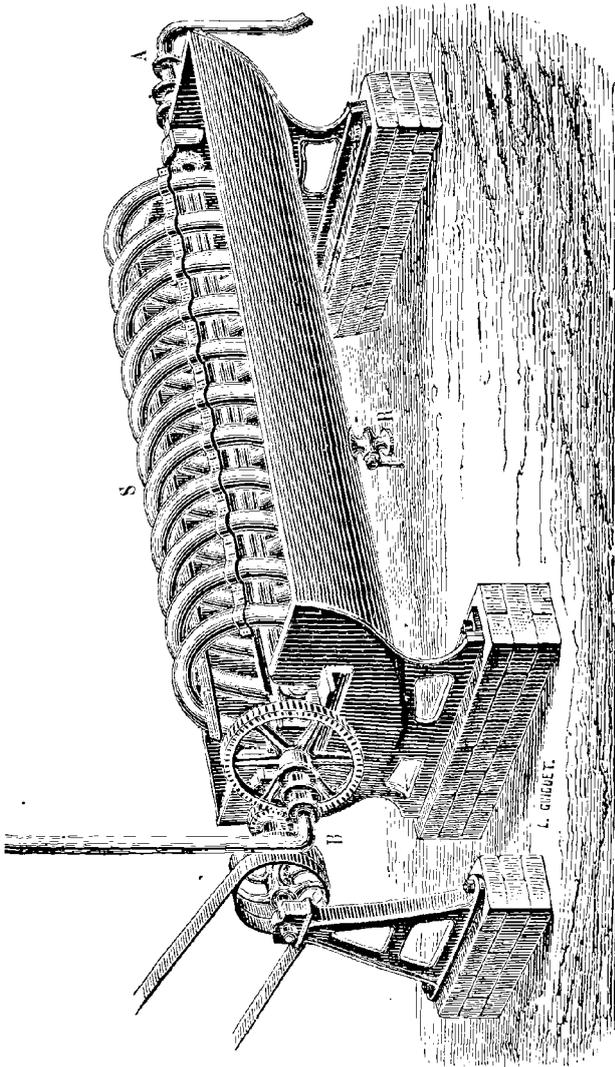


Fig. 407. — Serpentin rotatif de L. Droux pour l'évaporation de la glycérine.

la glycérine de l'eau distillée en même temps. Dans ce but, on dirige les vapeurs dans une série de condensateurs enveloppés de corps mauvais conducteurs; on recueille dans le premier de la glycérine anhydre, dans le suivant de l'eau contenant environ 5 0/0 de glycérine, et enfin dans le troi-

sième de l'eau presque exempte de glycérine, possédant à peine une saveur sucrée. On obtient ainsi de la glycérine parfaitement pure, sans odeur, dite *glycérine pure médicinale* (glycérine distillée).

Pour préparer de la glycérine blanche industrielle, on précipite, comme il a été dit précédemment, les sels de chaux et les autres matières étrangères, puis on filtre deux fois à chaud sur du noir animal en grains dans une batterie de filtres analogues à ceux des fabriques de sucre de betteraves; la glycérine ainsi obtenue est bien blanche, mais elle est encore impure.]

Crookes, de Londres, *Sarg*, de Vienne, et *Wöhler*, ont observé plusieurs cas de solidification et de cristallisation de la glycérine à une basse température et pendant le transport de cette substance. [C'est sur ces observations que repose le procédé de purification imaginé par *K. Kraut*, de Hanovre, en 1871. La glycérine ne cristallise pas quand on la refroidit rapidement; même à 40°, elle se prend en une masse solide, ayant l'aspect de la gomme, sans trace de cristallisation. Si au contraire on l'abandonne longtemps à environ 0°, quand elle est suffisamment exempte d'eau, il se forme des cristaux au bout de plusieurs jours ou de plusieurs semaines; trop lentement d'ailleurs pour que l'on puisse tirer parti de cette propriété pour la purification en grand. Mais, si dans la glycérine refroidie à 0° ou à + 5° on introduit une trace de ces cristaux, il se produit une cristallisation qui se propage rapidement et qui, selon la concentration et la pureté de la glycérine, la fait prendre en totalité ou en partie. Pour opérer la cristallisation comme il vient d'être dit, on se sert de récipients en tôle, qui permettent facilement de détacher, au moyen d'un chauffage bien conduit, les masses cristallisées offrant une grande dureté. On concasse ensuite la masse, on égoutte les cristaux par turbinage et on les fait fondre; pour les glycérines brutes, une deuxième cristallisation est nécessaire. La glycérine distillée peut être débarrassée par cristallisation des dernières traces de matières étrangères qui altèrent encore sa pureté. Bien que ce procédé ait été employé par *Sarg*¹, il n'est pas cependant passé dans la pratique, et le seul procédé industriel d'épuration de la glycérine est la distillation en vase clos, après élimination préalable des sels de chaux.]

Propriétés et usages de la glycérine. — [La glycérine pure et concentrée est un liquide incolore, inodore, sirupeux, d'une saveur sucrée, agréable et qui, exposée à l'air, en attire l'humidité. A l'état anhydre, la glycérine a pour densité 1,264 (= 50°,2 — 31°,2 B), d'après *Champion* et *Pellet* (1873)²; elle bout, suivant *Salzmann* et *Oppenheim*, à 290°, mais se volatilise en quantités notables à 110° et même à des températures inférieures (*Heintz*, *Berthelot*); chauffée à 150°, elle prend feu et brûle avec une

¹ [Dans la fabrique de *Sarg*, à Liesing, près Vienne, on a purifié par cristallisation, pendant l'hiver de 1871, 25,000 kilogr. de glycérine.]

² [La glycérine du commerce étant le plus souvent un mélange de glycérine et d'eau, qui abaisse son poids spécifique, on peut en déterminant ce dernier connaître facilement sa richesse en glycérine anhydre. Voy. à ce sujet *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édition française, traduite par *L. Gautier*, p. 907.]

flamme bleue, non éclairante; sans dégager d'odeur et sans laisser de résidu, la glycérine hydratée peut aussi être brûlée au moyen d'une mèche de coton (R. Godeffroy). Bien que sous l'influence d'un refroidissement intense elle ne se solidifie pas, elle peut cependant, comme on l'a dit plus haut, cristalliser dans certaines conditions. Les cristaux de glycérine appartiennent, selon v. Lang, au système rhombique, ils craquent sous la dent, fondent lentement à 22°, attirent fortement l'humidité et tombent alors en déliquescence, même à une basse température. La glycérine se dissout en toutes proportions dans l'eau et dans l'alcool, mais elle est insoluble dans l'éther et dans le chloroforme, et elle dissout un grand nombre de corps minéraux ou organiques : iode, brome, potasse, acides végétaux, sels de quinine, de morphine, de strychnine, gommés, sucre, savon, etc.]

Parmi les nombreuses applications dont la glycérine est maintenant l'objet, nous citerons quelques-unes des plus importantes et des plus intéressantes. C'est avant tout la fabrication de la *nitroglycérine* et de la dynamite (voy. t. I, p. 351 et 356). La glycérine est en outre employée pour maintenir l'argile à modeler suffisamment humide. Elle convient aussi pour la conservation des aliments qui doivent être maintenus à l'état humide: ainsi, par exemple, la montarde mélangée avec de la glycérine ne se dessèche plus. L'emploi de la glycérine doit être particulièrement recommandé pour conserver le tabac à priser. Elle sert aussi pour la conservation des fruits. Dans la fabrication des liqueurs, de l'essence de punch et des limonades, on en emploie de grandes quantités pour l'édulcoration, on en ajoute aussi au vin (voyez page 202), au vinaigre et à la bière¹, et elle sert également dans la préparation de certaines liqueurs de santé avec l'extrait de malt. Depuis quelques années, on emploie de grandes quantités de glycérine pour préparer un extrait de houblon, qui est surtout convenable pour les bières d'exportation. La glycérine peut aussi être employée pour le graissage de certaines pièces de machines, de montres et de chronomètres principalement, parce que, à l'air, elle n'éprouve aucune altération, qu'elle ne se solidifie pas à une basse température et qu'elle n'attaque pas le laiton et les alliages de cuivre analogues. Elle a également été proposée pour la préparation de l'encre à copier. A cause de la propriété qu'elle possède de maintenir la peau molle et onctueuse, elle est très-employée comme cosmétique, sous forme de vinaigre de glycérine, de savon de glycérine, par exemple, et pour l'entretien des cheveux et de la barbe. A la place de l'huile de lin on a proposé la glycérine pour enlever à l'encre d'imprimerie son insolubilité dans l'eau (qui, cependant, est un des plus grands avantages de l'encre employée jusqu'ici). La glycérine dissout facilement les couleurs de goudron (bleu d'aniline, cyanine, violet d'aniline), ainsi que l'alizarine. Pour donner au papier une grande mollesse et une grande souplesse, on peut mélanger de la glycérine avec

¹ L'emploi de la glycérine comme succédané du malt et pour le schéclisage du vin est devenu énorme. D'après une évaluation, on aurait employé dans ce dernier but, dans les pays allemands produisant du vin, seulement pendant l'année 1869, environ 1 million de kilogrammes de glycérine, et en 1877 près de 2 millions.

la pâte : à la pâte nécessaire pour la fabrication de 100 kilogrammes de papier on ajoute 5 kilogrammes de glycérine d'un poids spécifique de 1,18. L'encollage à la glycérine (composé de 5 parties de dextrine, de 12 parties de glycérine, de 1 partie de sulfate d'aluminium et de 30 parties d'eau) n'est pas sans offrir une certaine importance; avec cette composition les tisseurs de mousseline peuvent travailler non pas dans des caves et des rez-de-chaussée humides, nuisibles à la santé, mais dans les étages supérieurs bien éclairés, secs et aérés. On a observé que les *courroies sans fin*, faiblement tannées, ne sont plus sujettes à se rompre lorsqu'elles ont séjourné pendant environ 24 heures dans la glycérine. En hiver, les compteurs à gaz fonctionnent mal, parce que l'eau qu'ils renferment se congèle, et pendant la saison chaude ce liquide s'évapore très-rapidement; une dissolution de glycérine n'offre pas ces deux inconvénients. *Santi* emploie la glycérine pour remplir la boussole mobile sur les navires à hélice, parce que, par suite de sa densité et de sa faible mobilité, elle rend la boîte intérieure de la boussole insensible aux secousses que l'hélice communique au navire. Dans les manomètres le mercure devient impur avec le temps, et en restant continuellement suspendu dans le tube il ne suit plus exactement les variations de pression; *Friedheim* cherche à faire disparaître ces inconvénients en couvrant le mercure avec quelques gouttes de glycérine. *C. E. Thiel* recommande la glycérine pour maintenir propres les armes à feu. La glycérine semble particulièrement digne d'attention pour la conservation des pièces anatomiques, ainsi que pour rendre étanches les tonneaux dans lesquels on doit conserver de l'huile de pétrole, de l'huile de navette, etc. Une solution de gomme arabique et de blanc d'œuf mélangée avec de la glycérine se conserve pendant longtemps sans altération. Une solution d'acide sulfureux dans la glycérine (employée dans différentes localités sous le nom d'*ascaline*) est tout à fait convenable pour soufrer le vin, la bière, les conserves de fruits, etc. Un mélange de glycérine et de colle est employé pour la fabrication des rouleaux d'imprimerie. L'emploi de la glycérine pour la production de l'essence de moutarde artificielle (sulfo-cyanure d'allyle) mérite aussi d'être mentionné. Par l'action de l'iodure de phosphore sur la glycérine, il se forme de l'iodure d'allyle qui, dissous dans l'alcool, puis mélangé avec du sulfo-cyanure de potassium et distillé, fournit de l'essence de moutarde. La glycérine est employée avec beaucoup de succès contre les brûlures et les affections catarrhales. La glycérine concentrée donne avec la litharge finement pulvérisée un mastic durcissant rapidement et qui est très-convenable pour les vases contenant des substances volatiles (pétrole, benzine, essences).

[**Production de la glycérine.**— La quantité de la glycérine à 28 ou 30° B. fabriquée annuellement dans le monde entier s'élève, d'après les renseignements les plus récents, au poids approximatif de 13 millions de kilogrammes, représentant une valeur d'environ 7 à 8 millions de francs; la quantité produite par l'Europe, qui fournit la presque totalité de la glycérine, se répartit de la manière suivante entre les différents États, pour l'année 1877 :

France	5,000,000	kilogr.
Allemagne et Autriche.	2,500,000	—
Hollande.	900,000	—
Russie.	1,500,000	—
Belgique.	800,000	—
Italie	400,000	—
Angleterre	500,000	—
Espagne.	100,000	—
Portugal.	50,000	—

La France, qui dans cette branche de fabrication occupe le premier rang, exporte chaque année environ la moitié de sa production en Allemagne, en Angleterre et en Amérique; mais elle importe annuellement de la Belgique et de la Hollande environ 500,000 kilogrammes de glycérine. — La purification ou raffinage de la glycérine est pratiquée aujourd'hui en Europe dans onze usines, dont trois en France (deux à Paris et une à Lyon), cinq en Allemagne, une en Angleterre, une en Autriche et une en Hollande. C'est *J. P. Bouquet* qui a créé en France, en 1864, l'industrie du raffinage de la glycérine, qu'il pratique sur une grande échelle dans son usine de Saint-Denis.]

ÉCLAIRAGE A L'AIDE DES LAMPES

Substances liquides employées pour l'éclairage. — Les substances liquides qui sont employées pour l'éclairage se divisent en *huiles grasses* et *huiles volatiles*; ces dernières sont des huiles étherées, comme la *camphine* (voy. p. 390), ou des produits du traitement du goudron, comme le *photogène* et l'*huile solaire*, ou enfin le *pétrole* que l'on trouve dans la nature. Parmi les *huiles grasses* on emploie surtout l'*huile de colza*, l'*huile de navette*, l'*huile d'olives*, l'*huile de poisson* et quelquefois l'*huile siccative de pavot*.

Épuration des huiles grasses. — Pour *épurer* les huiles grasses on y ajoute 2 ou 5 p. 100 d'acide sulfurique anglais ou une solution concentrée de chlorure de zinc et on brasse bien. L'opération se fait dans de grands tonneaux ou mieux dans un bac en bois garni de plomb et muni d'un agitateur. L'acide sulfurique et le chlorure de zinc n'attaquent pas les huiles, mais détruisent tous les éléments étrangers qui se séparent avec eux. Par des lavages avec de l'eau, on élimine l'acide sulfurique ou le chlorure de zinc, et l'huile, séparée par décantation de l'eau acide (ou chargée de chlorure de zinc), est filtrée sur du coton (ou de l'étoupe) disposé sur le fond à claire-voie des bacs à filtration. Depuis quelque temps on extrait fréquemment les huiles des graines oléagineuses au moyen du sulfure de carbone (voyez t. I, page 495). Les huiles grasses qui servent pour l'éclairage sont désignées sous le nom général d'*huiles à brûler*. Depuis que l'*industrie de la*

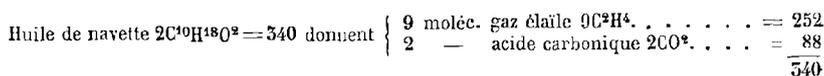
paraffine et de l'huile solaire a pris un si grand développement et depuis l'introduction du *pétrole* d'Amérique et de Galicie, l'importance des huiles grasses considérées comme matières éclairantes a beaucoup diminué.

Des lampes en général. — On se servait des lampes dans les temps les plus anciens, et beaucoup avant que l'on fit usage des chandelles. On attribue leur invention aux anciens Égyptiens. Leur emploi s'est répandu de la Grèce et de Rome dans le reste de l'Europe. En ce qui concerne la perfection artistique de la forme des lampes, on ne doit pas méconnaître que les Grecs et les Romains ont de beaucoup dépassé l'époque moderne, bien que ces lampes des temps anciens, considérées au point de vue technique, fussent construites de la manière la plus défectueuse; cependant, si l'on fait abstraction des quelques perfectionnements dictés par l'empirisme, qui ont été apportés dans la disposition des lampes au dix-septième et au dix-huitième siècle (tels que l'emploi du cylindre de verre indiqué par le pharmacien de Paris *Quinquet*, et l'invention des mèches rondes et creuses faite par *Argand* en 1786), il est certain que la construction d'une lampe normale, la forme n'étant pas toujours prise en considération, ne devint possible qu'avec le développement de la chimie, notamment avec l'établissement d'une théorie exacte de la combustion et de l'éclairage, et lorsqu'on put se baser sur des principes physiques pour l'alimentation des lampes et pour la détermination de l'intensité lumineuse de leur flamme, lorsque l'épuration de l'huile fut mise en pratique, lorsque par conséquent une nouvelle matière éclairante fut ainsi créée, et lorsque, enfin, l'industrie de l'huile solaire et du pétrole prit naissance. Les lampes que nous trouvons aujourd'hui dans les salons des classes élevées, dans les magasins et dans les ateliers et dans les villages des contrées aisées appartiennent toutes, par conséquent, à l'époque moderne. Il s'est présenté peu de cas dans lesquels l'énorme influence du progrès des industries basées sur les sciences naturelles et la mécanique s'est fait sentir d'une manière aussi frappante pour la génération actuelle que dans la fabrication des lampes. Il y a environ quarante ans, la lampe astrale (ou lampe en couronne), qui, en présence de nos connaissances de cette époque, avait quelque chose de merveilleux, était à peu près le seul appareil dont l'usage fut presque général en Europe. Vers 1840, elle fut remplacée par la lampe à tringle ou lampe de bureau (lampe à réservoir supérieur au bec) et, vers 1850, par la lampe à camphine, dans les cas où on ne préféra pas les régulateurs et les modérateurs imaginés en France. En 1850, une lutte s'établit, d'une part entre les différentes lampes à huile et, d'autre part, entre l'éclairage au gaz et les lampes à huile de colza. Cette lutte n'est pas encore terminée, et elle sera d'autant plus désavantageuse pour les lampes alimentées avec l'huile de colza que de nouveaux et puissants adversaires ont surgi avec l'invention des lampes à huiles minérales et à pétrole qui, partout où le gaz d'éclairage n'avait pas encore pénétré, ont contribué, à l'avantage du bien-être général et du confort, à renverser victorieusement et pour toujours les appareils alimentés avec les huiles grasses.

Si nous considérons les lampes au point de vue le plus général, nous y

trouvons les mêmes parties que nous avons mentionnées à propos des bougies et des chandelles, c'est-à-dire la matière éclairante et la mèche. Pour les lampes, comme pour les bougies et les chandelles, le corps éclairant est liquide, et la différence consiste seulement en ce que dans la bougie (ou dans la chandelle) la substance grasse à l'état *fondue* (acide stéarique, suif ou paraffine), pour laquelle la partie supérieure de la bougie forme un véritable réservoir, est brûlée dans cet état, tandis que dans les lampes la matière éclairante se trouve sous forme liquide à la température ordinaire et rend, par conséquent, nécessaire un vase, un réservoir, qui contienne le liquide éclairant et alimente la flamme sans interruption et aussi uniformément que possible. Les différentes sortes de corps employés comme matières éclairantes, — que ce soit de l'huile de colza, de l'huile solaire, ou du pétrole, — les différentes formes de la mèche et les différentes manières dont l'air est apporté à la flamme, — qu'on se serve ou qu'on ne se serve pas de verres, — la forme du réservoir à huile, sa position par rapport à la mèche et sa disposition, et enfin et surtout la manière dont le corps éclairant est amené à la portion de la mèche où doit s'effectuer la combustion, — que ce soit seulement par la capillarité de la mèche de coton, ou par suite d'une pression hydrostatique ou mécanique, toutes ces circonstances, et ces *seules* circonstances, produisent la grande diversité que nous rencontrons dans les dispositions des lampes.

L'*huile de navette* et l'*huile minérale*, que celle-ci ait été extraite du goudron de lignite ou du goudron de tourbe ou du pétrole, offrent, relativement à leurs propriétés comme matières éclairantes, les différences suivantes : 1° A la température ordinaire et même au-dessus de 100 degrés, l'huile de navette ne se volatilise pas (elle est par conséquent inodore), et en outre elle ne peut être enflammée. L'inflammation et la combustion de cette huile n'ont lieu que lorsqu'elle a été chauffée de manière à donner naissance aux produits de la distillation sèche, pour la formation desquels une température de 200 degrés est nécessaire. L'huile minérale ou l'huile solaire, même l'huile *inodore* des fabriques, possède au contraire une odeur, et lorsqu'on l'abandonne au contact de l'air à la température ordinaire, elle perd peu à peu de son poids ; à une température plus élevée elle se vaporise et elle peut distiller sans altération, à une température encore plus haute elle se gazéifie et se transforme en majeure partie en gaz d'éclairage. 2° L'huile de navette renferme du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et sa composition est représentée par la formule $C^{10}H^{18}O^2$. Pendant la distillation sèche qu'elle subit dans la mèche immédiatement au-dessous de la flamme, elle se dédouble en gaz élaïle (éthylène) et acide carbonique :



Par conséquent 25, 8 0/0 du poids de l'huile de navette non-seulement ne

contribuent en rien au pouvoir éclairant de la flamme, mais encore rendent inactive une quantité de gaz élaïle égale à la moitié de l'acide carbonique. L'huile de navette épurée ne brûle à l'état gazéifié et complètement en donnant lieu aux produits inodores, l'acide carbonique et l'eau, que dans des lampes offrant une disposition convenable. 3° L'huile solaire et le pétrole sont des mélanges de différents hydrocarbures, très-probablement des termes supérieurs de la série homologue dans laquelle le gaz des marais occupe le premier rang, et en outre ils ne renferment pas d'oxygène. Ils commencent à entrer en ébullition à 250 degrés, et à une plus haute température ils se dédoublent en produits gazeux (gaz des marais et gaz élaïle) et en carbone qui se sépare. La richesse en carbone de l'huile solaire est beaucoup plus grande que celle de l'huile de navette; c'est pourquoi la première brûle à l'air libre avec une flamme fuligineuse, mais qui se change en une flamme fortement éclairante, presque d'un blanc éclatant, dès qu'on a soin de brûler le carbone en excès, en entourant la flamme d'un verre, et d'augmenter ainsi l'afflux de l'air. Tandis que, comme on l'a déjà fait remarquer, l'huile de navette n'arrive dans la flamme qu'à l'état gazéifié, l'huile solaire (et la partie moins volatile du pétrole dont la constitution est analogue à celle de l'huile solaire) pénètre dans la flamme en majeure partie sous forme de vapeurs. Les lampes à huile minérale doivent par conséquent être construites de manière que la combustion ait lieu aussi complètement que possible, et qu'aucune trace de la vapeur d'une odeur désagréable ne se dégage sans avoir été brûlée ou au moins gazéifiée. Relativement aux dangers d'incendie que présente l'huile solaire, on peut dire qu'ils ne sont pas beaucoup plus grands que ceux de l'huile de navette, lorsque les lampes sont maniées avec précaution, en supposant que l'huile minérale soit de bonne qualité. 4° L'huile de navette est une huile grasse et coctueuse, mais non l'huile solaire; certaines lampes, comme les lampes horaires et les lampes à modérateur, dans lesquelles l'huile est amenée au lieu de la combustion au moyen de la pression d'un piston, ne conviennent pas pour l'éclairage aux huiles minérales, parce que l'huile grasse, et non l'huile minérale, convient seule pour produire la lubrification de la garniture du piston et la rendre imperméable.

Quelle que soit l'espèce de la matière éclairante, que ce soit de l'huile de navette, de l'huile solaire ou du pétrole, une lampe normale doit être construite d'après les principes suivants: 1° Le maximum de lumière, dans un temps déterminé (dans l'espace de 5 ou 8 heures successives), doit être donné par la lampe aussi uniformément que possible. Cette condition, qui est une conséquence de la combustion complète et uniforme de la matière éclairante, peut être seulement réalisée: α . avec l'emploi d'huiles épurées, β . avec une mèche également épaisse dans toutes ses parties; γ . si l'on fait arriver la matière éclairante aussi uniformément que possible vers la flamme; δ . si le point où s'effectue la combustion est suffisamment chauffé, afin que la gazéification soit complète; ϵ . si l'on règle l'afflux de l'air: une quantité d'air trop faible donne toujours une flamme fuligineuse, un trop grand afflux

d'air abaisse la température et fait qu'il se sépare du noir de fumée et qu'il se forme des produits de distillation d'une odeur désagréable, trop d'air nuit aussi à l'intensité lumineuse de la flamme : 5. et enfin si l'on peut régler le volume de la flamme. 2° La lumière dégagée doit être utilisée aussi convenablement que possible. Les abat-jour et les réflecteurs doivent être cités ici comme des moyens dont l'emploi est d'un grand secours dans l'éclairage. En outre, le réservoir pour la matière éclairante doit être disposé de telle sorte que son ombre ne se projette pas sur les objets à éclairer et que le centre de gravité de la lampe ne se déplace pas de manière à nuire à l'emploi de l'appareil.

Classification des lampes. — Si pour la classification des lampes on se base sur la manière dont la matière éclairante est amenée à l'aide de la mèche au point où s'effectue la combustion, on peut établir les divisions suivantes, qui s'appliquent principalement aux appareils d'éclairage alimentés avec des huiles végétales :

1° *Lampes à aspiration* : dans ces lampes la matière éclairante contenue dans le réservoir placé un peu plus bas que la mèche arrive vers l'extrémité de celle-ci seulement par l'influence de la force capillaire de la mèche ; 2° *Lampes à pression* : dans ces lampes, outre la capillarité de la mèche de coton, une disposition mécanique ou physique contribue à amener la matière éclairante à la mèche. Dans toutes les lampes à pression le réservoir à huile est dans le pied de l'appareil. Suivant le dispositif qui pousse l'huile vers la mèche, les lampes à pression se divisent en : α . *Lampes aérostatiques*, dans lesquelles on applique le principe de la fontaine de Héron ; β . *Lampes hydrostatiques*, dont la construction repose sur le principe des vases communicants, principe d'après lequel les hauteurs de liquides de densités différentes, qui se trouvent en équilibre dans des bases communicants, sont en raison inverse des densités respectives de ces liquides ; γ . *Lampes statiques*, dans lesquelles l'huile contenue dans le réservoir placé inférieurement est poussée et contrainte de s'élever vers le brûleur par l'action du poids d'un corps solide (par exemple d'un poids de plomb) ou par la pression *directe* (pression qui n'est pas produite par une disposition mécanique) d'un piston qui descend dans le réservoir à huile ; δ . *Lampes mécaniques* dans lesquelles l'huile est simplement poussée du réservoir vers le brûleur, soit à l'aide d'une pompe qui est mise en activité au moyen d'un mouvement d'horlogerie (lampe horaire de Carcel), soit au moyen de la pression d'un ressort en spirale (lampe à modérateur). Les lampes mécaniques offrent généralement cela de particulier, que la mèche reçoit une quantité d'huile plus grande que celle qu'elle peut consommer ; la portion qui ne brûle pas s'écoule goutte à goutte et elle est recueillie dans un vase particulier. 3° Aux lampes précédentes, disposées pour brûler de l'huile de navette, se rattachent les *lampes à huile minérale* ou à *huile solaire* et les *lampes à pétrole*, qui sont toujours des lampes à aspiration dans lesquelles le réservoir pour la matière éclairante se trouve toujours immédiatement au-dessous de la mèche et dans l'axe du brûleur. Les matières éclairantes dont il s'agit ici (huile solaire, pétrole) ont un poids spécifique

moins élevé et sont plus fluides que l'huile de navette ; ces circonstances viennent puissamment en aide à l'action capillaire de la mèche, et en outre elles rendent inutile toute disposition destinée à produire l'ascension de l'huile, tant qu'il s'agit de lampes pour l'éclairage des appartements. A ce groupe appartient aussi la *lampe à ligroïne* ou à *éponge*, dans laquelle la matière éclairante liquide (la ligroïne, qui se compose des parties les plus volatiles que l'on recueille à part lors de la rectification de l'huile minérale et du pétrole) est absorbée par une éponge contenue dans le réservoir.

I. Lampes à aspiration. — Au nombre des lampes à aspiration nous mettons toutes celles dans lesquelles l'huile, contenue dans un réservoir placé un peu plus bas que la mèche, arrive à l'extrémité de celle-ci par capillarité (et non par suite d'une pression ou de tout autre moyen mécanique). Suivant la position du réservoir à huile par rapport à la mèche, les lampes à aspiration se divisent en : α . lampes dans lesquelles le réservoir à huile est à peu près à la même hauteur que la flamme de la mèche allumée ; ces lampes comprennent : *a*. celles dans lesquelles la mèche allumée se trouve dans le réservoir à huile lui-même, comme cela a lieu pour la lampe de cuisine et la lampe antique, et *b*. celles dans lesquelles le réservoir et le brûleur sont séparés l'un de l'autre, le réservoir étant placé sur le côté du brûleur ou bien disposé circulairement autour de la mèche, comme dans la lampe astrale ; β . lampes dans lesquelles le réservoir se trouve plus haut que le brûleur ; la lampe à tringle ou de bureau est un exemple de ce genre de lampes.

Parmi ces différentes sortes de lampes à aspiration, nous en décrivons quelques-unes dans les pages suivantes. La *lampe antique* (fig. 408) se compose d'une aiguière ouverte ou fermée, contenant l'huile, dans laquelle se trouve une mèche non tressée, qui est maintenue à l'avant de la lampe soit simplement dans une ouverture arrondie, soit dans un lamperon en fer-blanc. Quelles que soient la beauté et la perfection de leur forme, ces lampes sont tout à fait défectueuses. Le principal



Fig. 408. — Lampe antique.

inconvenient qu'elles présentent consiste en ce que, le niveau de l'huile s'abaissant au fur et à mesure que l'éclairage se prolonge, la mèche doit être forcée d'élever l'huile à une hauteur qui dépasse de beaucoup sa force capillaire ; l'huile arrivant en trop faible quantité, la flamme devient de plus en plus faible, et elle finit par s'éteindre. En outre, à cause de l'épaisseur de la mèche, l'accès de l'air extérieur n'augmente pas en proportion de la quantité d'huile décomposée pendant la combustion ; aussi la combustion se fait-elle d'une manière incomplète et avec formation de noir de fumée. Du reste, l'ombre que projette le réservoir à huile est aussi un grand inconvenient de cette espèce de lampe. Dans une autre sorte de lampe, la *lampe de cuisine* ordinaire, dont la figure 409 représente le profil et la figure 410 le plan, le dernier inconvenient si-

gnalé existe à un moindre degré, parce que le bec qui porte la mèche augmente la distance du réservoir à huile à la flamme et rend plus aigu l'angle d'ombre projeté *c a b*. La *lampe de Worms* (fig. 411 et 412) se distingue par la forme de la mèche *t*, qui n'est pas une mèche ronde et pleine, mais une *mèche plate* ; par cette disposition l'air peut pénétrer dans toutes les

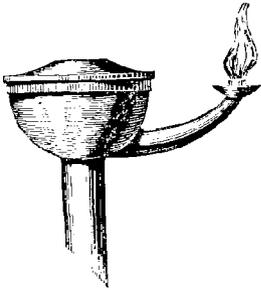


Fig. 409. — Lampe de cuisine.

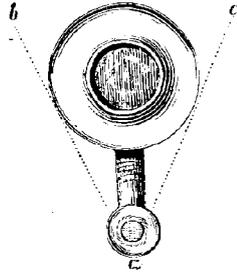


Fig. 410. — Lampe de cuisine.

parties de l'huile en décomposition et la combustion devient dès lors complète. La mèche est maintenue par la douille *c*, qui est soudée à l'anneau de fer-blanc *d*. Ce dernier s'appuie par son bord renversé sur la boule de verre *aa*, qui sert de réservoir pour l'huile.

Au moyen des dents du pignon *e, e*, qui mordent la partie supérieure de la mèche, celle-ci peut être abaissée ou montée, et la clarté de la flamme peut ainsi être réglée. Le pied *a* est placé dans un support convenable ou dans le tube d'un

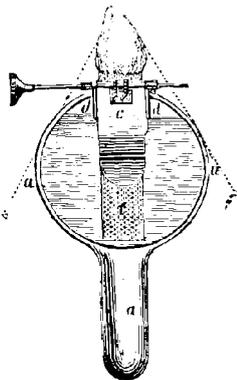


Fig. 411. — Lampe à mèche plate.

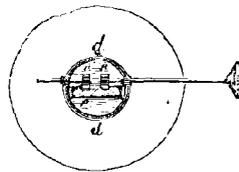


Fig. 412. — Lampe à mèche plate.

chandelier. La flamme est ordinairement entourée d'un verre. Bien que la lampe de Worms soit assez peu répandue, il faut reconnaître qu'elle constitue un progrès dans la construction des lampes. Mais elle présente aussi les inconvénients de la lampe de cuisine ordinaire, l'abaissement du niveau de l'huile et l'ombre du réservoir.

Parmi les lampes à aspiration dans lesquelles le réservoir à huile et le

brûleur sont à peu près à la même hauteur, mais séparés, nous mentionnerons brièvement les lampes qui maintenant ne sont plus en usage : la *lampe d'étude* avec abat-jour, dans laquelle le réservoir à huile ne se trouve pas, comme cela a lieu dans les lampes dont il vient d'être question, au-dessous de la mèche, mais est placé sur le côté du brûleur, et les *lampes en couronne*, c'est-à-dire avec un réservoir annulaire, qui sert en même temps de support pour l'abat-jour. Comme dans ces sortes de lampes, qui sont employées comme lampes de travail ou lampes de table, il importe de concentrer la lumière sur un espace relativement petit, on entoure la flamme à une certaine distance avec un écran (abat-jour), qui renvoie toute la lumière de la lampe sur un petit espace, ou qui n'en laisse passer qu'une partie et concentre la plus grande portion par réflexion. Si toute la lumière doit être réfléchié aussi complètement que possible, on choisit un écran de fer-blanc en forme d'entonnoir, qui, intérieurement, est recouvert d'un vernis blanc; dans le deuxième cas, l'écran est un corps diaphane (verre opale, porcelaine sans couverte, verre dépoli, papier huilé, taffetas, etc.). Toutes les lampes dont le brûleur et le réservoir à huile sont à la même hauteur donnent, il est vrai, une belle lumière lorsqu'on se sert du bec d'Argand; mais celle-ci est généralement de courte durée, et son intensité va toujours en diminuant. La raison de ce fait réside dans la variabilité du niveau de l'huile. Lorsque le réservoir est plein d'huile, celle-ci se trouve à une faible distance au-dessous de l'orifice du brûleur, et la mèche amène avec facilité vers son extrémité supérieure la quantité d'huile nécessaire. Mais à mesure que, par la consommation de l'huile, son niveau s'abaisse, la quantité d'huile qui, dans le même temps, monte dans la mèche devient plus faible, non-seulement parce que l'huile doit s'élever dans la mèche à une plus grande hauteur, mais encore parce que des impuretés obstruent une partie des orifices capillaires de la mèche et la rendent moins perméable. Comme maintenant il arrive à la flamme moins d'huile que précédemment, la lumière diminue d'intensité et la partie supérieure de la mèche charbonne, ce qui entraîne l'obstruction des orifices capillaires; la flamme doit donc finir par s'éteindre. Pour empêcher cette fâcheuse modification de la flamme, il faut que le réservoir soit large et peu élevé, de manière que l'huile qu'il renferme offre une grande surface, qui aura alors l'avantage de ne pas s'abaisser beaucoup, même si la consommation est assez considérable.

Lampes à réservoir supérieur au bec. — D'après ce qui précède, pour obtenir le plus possible à la diminution de l'intensité de la lumière pendant le fonctionnement de la lampe, il suffit simplement de maintenir l'huile dans le brûleur, autant que possible, à la même hauteur; pour atteindre ce but avec les lampes à aspiration, on place le réservoir à huile *plus haut* que le brûleur. Mais il est aisé de comprendre qu'il faut alors une disposition particulière qui ne permette l'afflux de l'huile vers le brûleur qu'au fur et à mesure qu'elle y est consommée, parce que sans cela l'huile arriverait à la flamme en trop grande abondance et se déver-

serait. On rencontre un dispositif de ce genre dans la *lampe à tringle* ou de *bureau*.

La figure 413 représente la coupe verticale de la forme ordinaire de ce genre de lampe. Le réservoir à huile est un récipient mobile en fer-blanc *a*, dont l'orifice peut se fermer avec une soupape qui, lorsque le récipient est placé de manière

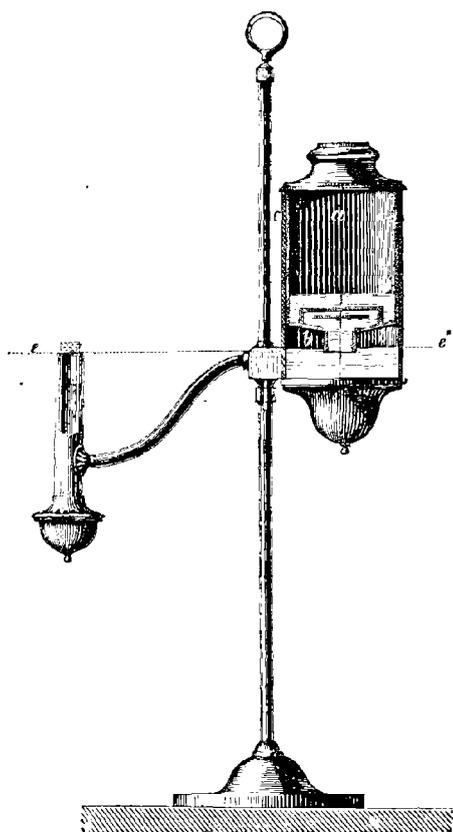


Fig. 415. — Lampe à tringle.

que son orifice soit tourné en haut, laisse libre l'ouverture qui permet de remplir d'huile le réservoir. Si l'on soulève la soupape de manière à l'appliquer sur son siège, l'ouverture du récipient est fermée, et le vase lui-même peut être renversé et introduit dans l'enveloppe de la lampe. La tige de la soupape a une longueur telle que, lorsque le réservoir est en place dans l'enveloppe, cette soupape se trouve constamment levée; l'orifice se trouvant ainsi ouvert, l'huile coule du récipient jusqu'à ce que, en *b* et dans le brûleur *e*, elle se soit élevée assez haut pour boucher l'ouverture du récipient. A partir de ce moment l'huile se tient en équilibre dans les deux branches des vases communicants, en *e* et en *e'*, parce qu'on a placé l'orifice du récipient *a* de manière qu'il se trouve à la même hauteur que l'orifice du brûleur *e*. De cette manière, la lampe a dans le fait deux réservoirs à huile :

l'un qui alimente immédiatement la mèche, et l'autre le récipient, qui a pour but de remplacer de temps en temps l'huile consommée dans le réservoir inférieur, et, en outre, de maintenir en *b* le niveau aussi uniformément que possible. Une petite ouverture latérale *c*, pratiquée dans l'enveloppe, permet l'entrée de l'air extérieur, de manière que en *b* la surface de l'huile soit exposée à la pression atmosphérique ordinaire. La lampe à tringle n'est pas sans inconvénients; ainsi, lorsqu'il arrive au bec plus d'huile qu'il n'en est brûlé, le liquide se déverse, ce qui entraîne l'extinction de la flamme et d'autres désagréments. L'afflux trop considérable de l'huile peut être produit par la fermeture

incomplète du récipient ou par suite d'une trop forte inclinaison de la lampe. Lorsque le récipient commence à être vide d'huile, la dilatation de l'air qu'il renferme peut occasionner le déversement de l'huile. La dilatation peut être le résultat d'un changement dans la pression atmosphérique (abaissement du baromètre), ou d'une élévation de température. L'influence de la chaleur est la cause la plus ordinaire. Si, par exemple, une lampe à triangle avec son récipient à moitié plein est apportée d'une chambre dans une autre, dont la température est plus élevée de 20° environ, l'air se dilate d'environ 1/14 de son volume primitif, presse l'huile et la fait sortir, de son récipient.

II. **Lampes à pression.** — Les *lampes à pression* se distinguent des lampes à aspiration, parce que le réservoir à huile n'est pas, comme dans ces dernières, au même niveau ou plus haut que le brûleur, mais *plus bas*. Dans toutes les formes de lampes à pression le réservoir à huile est *dans le pied* de l'appareil, et, par suite, très-loin du brûleur. Comme l'action capillaire de la mèche ne peut pas élever l'huile à une hauteur aussi considérable, toute lampe à pression est munie d'un dispositif destiné à produire l'ascension de l'huile, et qui amène à la mèche une *quantité d'huile plus grande* que celle qui peut être consommée; la partie non brûlée s'écoule goutte à goutte, et elle est recueillie dans un réservoir particulier.

Dans les cas où l'on se sert encore de l'huile de navette comme matière éclairante, la lampe à pression qui, comme lampe de salon, a supplanté presque toutes les autres, est, sans contredit, la plus parfaite de toutes les lampes à huiles grasses, en admettant que l'ascension de l'huile soit déterminée par un mécanisme simple; elle ne peut pas être renversée facilement; par sa forme extérieure elle est propre à recevoir toutes sortes d'ornementations; elle ne produit pas d'ombre; elle est facile à remplir d'huile; l'ascension de l'huile vers le bec est uniforme; ce liquide ne peut pas se déverser, etc. Suivant le dispositif qui détermine l'ascension de l'huile vers le brûleur, on distingue les lampes suivantes :

a. *Lampes aérostatiques.* — La construction de ces lampes repose sur le principe de la fontaine de Héron. Dans le réservoir à huile fermé se trouve de l'air comprimé qui, par suite de l'effort qu'il fait pour se mettre en équilibre avec l'air extérieur, presse sur l'huile et la pousse dans un tuyau d'ascension qui l'amène au brûleur. Les lampes aérostatiques, si intéressantes qu'elles puissent être au point de vue physique, n'ont pour ainsi dire jamais été employées d'une manière suivie. Les dispositions accessoires pour le remplissage de la lampe étaient ordinairement trop compliquées, ce qui augmentait encore le prix de ces lampes déjà chères par elles-mêmes.

3. *Lampes hydrostatiques.* — Tandis que dans les lampes aérostatiques, l'huile est élevée vers le brûleur par la pression de l'air condensé, l'ascension de l'huile est produite dans les lampes hydrostatiques par la pression immédiate d'un autre liquide sans le concours de l'air. Leur construction est basée sur le principe de physique d'après lequel les hauteurs de liquides de densités différentes, qui se trouvent en équilibre dans deux vases commu-

niquants, sont en raison inverse des densités respectives de ces liquides. Le liquide, qui dans cette espèce de lampe doit faire équilibre à l'huile, doit être spécifiquement plus lourd que celle-ci, il ne doit attaquer ni la lampe ni l'huile, il ne doit pas se solidifier à une température inférieure de quelques degrés à celle de la congélation de l'eau. On a proposé dans ce but le mercure, une solution de sel marin, la mélasse, le miel, une solution de chlorure de calcium, une solution de chlorure de magnésium, etc.

γ. *Lampes statiques.* — Dans cette espèce de lampe, l'huile contenue dans le réservoir placé dans le pied de l'appareil est poussée dans le tube d'ascension par le poids d'un corps solide ou par la pression d'un piston qui descend peu à peu dans le réservoir à huile, et elle est de cette manière amenée au brûleur. Dans le premier cas, on introduit l'huile dans un sac imperméable de cuir, de caoutchouc, de taffetas ciré ou dans une vessie, et cette enveloppe flexible dans le réservoir vide. Si maintenant on fait agir un poids de plomb sur l'enveloppe contenant l'huile, celle-ci est élevée vers le brûleur. La régularisation exacte de l'afflux de l'huile, vers le bec constitue une grande difficulté dans la construction des lampes statiques. — La deuxième disposition, dans laquelle un piston mobile de haut en bas presse sur l'huile qui se trouve dans un réservoir cylindrique et pousse peu à peu celle-ci dans un tube d'ascension pour la conduire au brûleur, doit être considérée comme le prélude des lampes mécaniques, et, à cause de cela, elle mérite d'être mentionnée.

δ. *Lampes mécaniques.* — Ces lampes sont munies d'une disposition mécanique, au moyen de laquelle l'huile du réservoir placé dans le pied de la lampe est élevée vers le brûleur et dans une proportion qui surpasse la quantité qui peut être brûlée par la mèche. Si par conséquent dans toutes les lampes considérées jusqu'ici le contenu du brûleur forme une colonne d'huile immobile, qui diminue continuellement de haut en bas ou qui se complète de temps en temps, dans les lampes mécaniques, l'huile forme un courant ascendant continu, qui fournit à la mèche la quantité de combustible nécessaire pour l'entretien de la flamme, et l'huile en excès coule le long de la surface externe du brûleur et retourne dans le pied de la lampe. Parmi les lampes mécaniques, deux méritent d'être particulièrement mentionnées, ce sont la *lampe horaire* et la *lampe à modérateur*.

1. *Lampe horaire.* La *lampe horaire* (*lampe à pompe* ou *lampe Carcel*) a été inventée en 1800, par un fabricant de lampes de Paris du nom de *Carcel*, et plus tard elle a été perfectionnée par d'autres. La force, au moyen de laquelle l'huile contenue dans le réservoir qui se trouve dans le pied de la lampe est élevée sans interruption vers le brûleur, est un ressort de montre renfermé dans un tambour, qui, par l'intermédiaire d'un système d'engrenages analogue à un mouvement d'horlogerie, met en activité une pompe ou un dispositif analogue. L'appareil qui produit l'ascension de l'huile est ordinairement une véritable pompe aspirante; il y a cependant des lampes dans lesquelles l'huile est montée vers le brûleur au moyen d'une vis d'Archimède. Dans le socle de la lampe se trouve le réservoir à

l'huile avec la pompe et au-dessous le mouvement d'horlogerie; le tube d'ascension, par lequel l'huile arrive au brûleur, s'élève dans la cavité de la colonne. Le réservoir à huile et le mouvement d'horlogerie sont séparés par une cloison horizontale. La figure 414 représente la coupe d'une pompe simple, comme celle qui est fréquemment employée dans la lampe Carcel. La partie moyenne du compartiment dans lequel se trouve la pompe forme le tube (le corps de la pompe) dans lequel se meut de droite à gauche et de gauche à droite le piston horizontal *m*; le compartiment supérieur *n* est en communication avec le tuyau d'ascension, le compartiment inférieur, dans lequel se trouve une cloison verticale, communique avec le réservoir à huile au moyen des deux soupapes *a* et *b* en taffetas ou en baudruche. Lorsque le

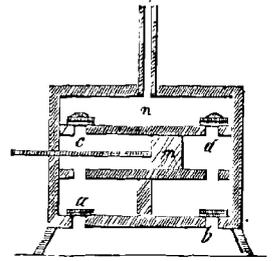


Fig 414. — Coupe d'une pompe de lampe Carcel.

piston *m* se meut suivant *dc*, l'huile contenue dans le réservoir pénètre par *b*, et l'huile qui se trouve entre *ca* et *m* est contrainte de pénétrer par *c* dans le compartiment supérieur et de là dans le tube d'ascension. Lorsque le piston se meut suivant *cd*, l'huile entre par *a*, puis par *d* dans le tuyau d'ascension. Le compartiment supérieur sert en même temps de réservoir à air, parce que l'air qui s'y trouve comprimé pousse uniformément l'huile dans le tuyau d'ascension. Le système d'engrenages qui se trouve au-dessous du réservoir à huile met le piston en mouvement. Ainsi qu'on l'a dit plus haut, la pompe est disposée de telle sorte qu'elle élève beaucoup plus d'huile qu'il n'en faut pour l'alimentation de la flamme. Par suite de cet écoulement non interrompu d'huile en excès, la mèche ne manque jamais d'huile, et, en outre, le brûleur ainsi que l'extrémité de la mèche qui dépasse sont refroidis, de telle sorte que la carbonisation, qui diminuerait l'action capillaire de la mèche, est rendue impossible. L'huile en excès retourne dans le réservoir ouvert, d'où la pompe la fait remonter. Le mouvement d'horlogerie contenu dans le pied de la lampe est construit de manière qu'il puisse marcher sans interruption pendant 12 ou 15 heures; dans les 7 ou 8 premières heures (temps maximum pendant lequel la lampe reste allumée dans une soirée) la marche du mouvement d'horlogerie et, par suite, l'ascension de l'huile dans le tube sont assez uniformes. — Enfin nous ferons encore remarquer qu'au-dessous du pied de la lampe se trouve sur un des côtés du pied une petite tige faisant saillie à l'extérieur et qui, lorsqu'elle est poussée, arrête les ailettes qui règlent le mouvement d'horlogerie et met alors celui-ci au repos.

2. *Lampe à modérateur* (lampe à régulateur, lampe à piston). Depuis que Franchot a inventé (1837) la lampe à modérateur, qui se distingue par sa grande simplicité et par son prix peu élevé, et en outre parce qu'elle est peu sujette à se déranger, les lampes horaires ont été presque partout abandonnées. La partie essentielle de la lampe à modérateur consiste en un gros piston muni d'une garniture convenablement disposée; ce piston, qui

dans le réservoir à huile repose sur la surface de celle-ci, presse le liquide par l'intermédiaire d'un ressort adapté à sa partie supérieure et pousse l'huile dans un tube étroit qui la conduit au brûleur. La figure 415 représente une lampe à modérateur, dans la partie inférieure de laquelle on a fait une section verticale, afin de montrer le mécanisme qui détermine l'ascension de l'huile. Le réservoir à

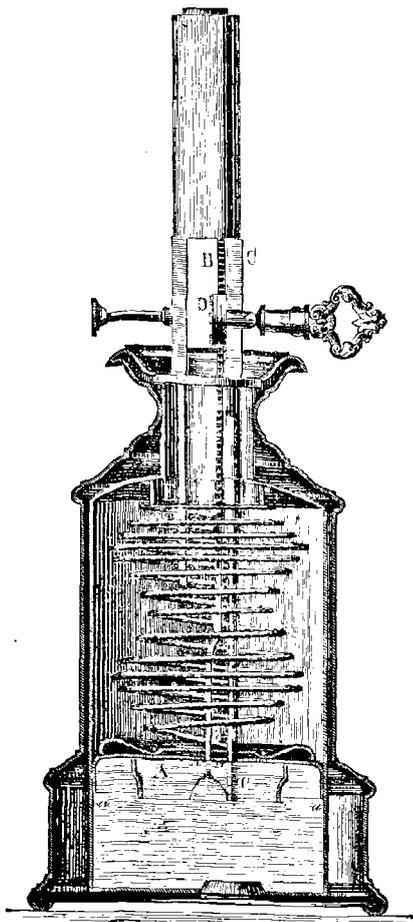


Fig. 415. — Lampe à modérateur.

huile cylindrique est soudé dans l'enveloppe métallique qui forme le pied de la lampe. Ce réservoir sert en même temps de corps pour le piston A, qui se compose d'un disque plat muni d'un cuir recourbé par en bas, servant en même temps de garniture et de soupape. Au piston est fixée une tige de laiton B, qui dans presque toute sa longueur est munie de dents dans lesquelles s'engrènent les dents d'un pignon D adapté à la clef qui sert à monter le piston. Sous l'influence de la pression du ressort, qui se trouve entre le piston et la partie supérieure du réservoir et qui s'appuie contre E, le piston descend. Le ressort est disposé de telle sorte qu'il peut pousser le piston jusqu'au fond du réservoir à huile sans qu'il se soit complètement détendu. Lorsque la lampe est vide, le piston repose sur le fond du réservoir. Si maintenant on verse de l'huile par l'entonnoir qui se trouve au-dessus du réservoir, le liquide se rassemble au-dessus du piston A. Si alors on remonte celui-ci en faisant tourner D, l'ascension du piston tend à produire un espace vide entre lui et

le réservoir, et l'air extérieur presse l'huile contre le cuir du piston servant de soupape, de manière à déterminer peu à peu le passage de tout le liquide au-dessous du piston. Dès qu'on cesse de tenir D, le ressort qui a été tendu par l'ascension du piston commence, par l'intermédiaire de celui-ci, à presser sur l'huile. Par suite de la pression exercée par l'huile, le cercle de cuir est pressé fortement contre la paroi du réservoir, de telle sorte que

l'huile ne peut pas s'échapper entre le piston et la paroi du réservoir. La seule voie ouverte au liquide est le tube C, qui supérieurement communique avec le brûleur. Le ressort est exactement ajusté et son expansion est égale au volume de l'huile qui brûle; aussi le niveau de celle-ci reste-t-il constamment le même. Lorsque au bout de plusieurs heures le piston a atteint le fond du réservoir, le mouvement de l'huile cesse; c'est pourquoi il est nécessaire, bien avant ce temps, de remonter la lampe, c'est-à-dire de tourner à l'aide de la clef le pignon D, qui soulève la crémaillère B et avec elle le piston, ce qui a pour but de tendre le ressort. Si l'ascension de l'huile dans le tube C avait lieu sans obstacle, non-seulement la lampe serait rapidement épuisée, et il serait nécessaire de la remonter dans un espace de temps très-court, mais encore il pourrait arriver que l'huile, au lieu de se déverser insensiblement, fût projetée vivement. Pour obvier à ces inconvénients, la lampe est munie d'un dispositif simple, au moyen duquel la rapidité de l'huile qui arrive vers le brûleur peut être *modérée*. Ce dispositif, nommé *modérateur*, consiste en une aiguille G (fig. 416 et 417) un peu pointue par en bas et qui est fixée dans le milieu du tuyau d'ascension C; cette aiguille est courbée à angle droit à sa partie supérieure, et elle est soudée dans l'intérieur du porte-mèche. La partie inférieure étroite et mobile du tube C est disposée de telle sorte que G pénètre aussi dans C, mais seulement lorsque le piston a atteint son niveau le plus haut; quand le piston descend, C se retire, de telle sorte que G ne s'y trouve plus contenu. Lorsque le piston occupe sa position la plus élevée, le ressort exerce sur lui la pression maxima; c'est pourquoi la descente du piston et l'ascension de l'huile vers le brûleur ont lieu plus rapidement au commencement que plus tard, lorsque le ressort a perdu une partie de sa force expansive. Mais lorsque le piston commence à descendre, le tube d'ascension est rétréci par l'aiguille G, ce qui détruit les variations de l'action du ressort. Afin de faire connaître le moment où la lampe doit être montée, on a commencé il y a quelques années à appliquer aux lampes un indicateur que fait mouvoir le piston pendant sa marche descendante et qui permet de voir à chaque instant le niveau où est descendu le piston. En outre, on fait maintenant des lampes à modérateur dans lesquelles le piston, un peu avant d'atteindre sa position la plus basse, frappe un timbre adapté à la lampe et qui sert en même temps pour



Fig. 416. — Modérateur.



Fig. 417. — Modérateur en place.

l'ornementation de celle-ci. Le timbre invite les personnes présentes à remonter la lampe.

III. **Lampes à huile solaire et à pétrole.** — Les huiles minérales qui sous les noms d'*huile solaire*, de *pyrogène*, de *photogène*, de *pétrole raffiné*, d'*huile pétrosolaire*, de *kérosine*, etc., ont depuis 1858 presque entièrement supplanté l'huile de navette, ne sont brûlées que dans des lampes à aspiration, dans lesquelles le réservoir pour la matière éclairante se trouve au-dessous de la mèche ou sur le côté de celle-ci, comme cela a lieu, par exemple, dans la lampe à triangle. Les lampes mécaniques, les lampes à modérateur notamment, ne peuvent pas être employées pour l'huile solaire et le pétrole, parce que ces deux huiles ne sont ni grasses ni onctueuses, et que, pour cette raison, elles ne peuvent pas entretenir l'élasticité et la mollesse du cuir du piston, qui sert en même temps de garniture et de soupape. Dans les lampes à aspiration, la fluidité des huiles minérales est une circonstance très-avantageuse, parce qu'elle facilite l'ascension du liquide dans les tubes capillaires de la mèche; l'abaissement du niveau dans le réservoir n'entraîne pas de diminution sensible dans l'intensité de la flamme. A cause de la grande richesse en carbone des nouvelles matières éclairantes, il est nécessaire que leur combustion ait lieu en présence d'un courant d'air énergique pour qu'elle soit sans fumée et sans suie; dans ce but on entoure la flamme avec un verre et, en outre, on ne fait dépasser que très-peu la mèche au-dessus du brûleur, et enfin (dans certaines lampes à huile solaire) on place sur la flamme une petite capule de laiton, qui dans son milieu est munie d'une ouverture un peu plus longue et plus étroite que le tube qui porte la mèche (qui est plate); au-dessous de la capsule, l'air est mélangé avec les vapeurs de l'huile en combustion, et c'est ce qui augmente l'afflux de l'air et diminue la production du noir de fumée. Pour comprendre la construction des lampes à huile solaire et à pétrole il ne faut pas oublier que toutes ces lampes, à cause du point d'ébullition proportionnellement peu élevé des huiles minérales, sont des *lampes à vapeur*, c'est-à-dire que ce qui brûle dans ces appareils, ce sont les vapeurs qui se forment dans le voisinage du bec aux dépens du liquide, sans que celui-ci éprouve de décomposition, tandis que dans les lampes à huiles grasses, ce sont des produits de décomposition qui viennent brûler dans la flamme, produits qui se forment à une température beaucoup plus élevée que les vapeurs de l'huile solaire et du pétrole. Afin de faire disparaître la possibilité des explosions, on doit donc, dans toutes ces lampes, adopter des dispositions pour prévenir l'échauffement des liquides contenus dans le réservoir. On cherche notamment à diriger le courant d'air qui alimente la flamme de manière qu'il refroidisse le brûleur.

Parmi les nombreux dispositifs de lampes pour le pétrole et l'huile solaire nous décrivons un des meilleurs, celui de *Ditmar*, de Vienne. Cette lampe (fig. 418) se compose d'un réservoir métallique *b*, qui entoure le porte-mèche et qui ne communique avec celui-ci que par un tube horizontal destiné à conduire l'huile à la mèche; *a* est une ouverture fermée à vis, qui

sert pour verser l'huile dans le réservoir *b*. Ces lampes ont une mèche ronde, et elles sont à double courant d'air ; elles sont en outre munies d'un verre *c* avec rétrécissement, dont le support *f* est mobile, afin que l'on puisse donner au verre une position convenable, et de cette façon régler la flamme. Le rétrécissement du verre doit être à environ 7 millimètres au-dessus de l'extrémité de la mèche, comme l'indiquent les lignes ponctuées *d* et *e*, de manière que la plus grande partie de la flamme éclairante, qui doit avoir une hauteur totale de 6 à 8 centimètres, se trouve au-dessus du rétrécissement du verre. Si le verre est trop haut, l'huile brûle avec une flamme rouge ; s'il est trop bas, la flamme est petite et peu éclairante. Le réservoir à huile ne s'échauffe pas pendant tout le temps que la lampe brûle, parce que, par suite de sa forme annulaire, il offre une grande surface, que le courant d'air énergique, qui est produit par la combustion elle-même, met continuellement en contact avec l'air froid. On ne doit pas, par conséquent, craindre qu'il se forme dans ces lampes une trop grande quantité de vapeurs. Dans la *lampe à pétrole et à eau (Hydropetrollampe)*, construite par *Zängerle*, de Munich, on empêche, en y versant de l'eau, l'abaissement du niveau de l'huile, qui nuit considérablement au pouvoir éclairant de la flamme. [Différents modèles de lampes à pétrole ont d'ailleurs été construits dans ces dernières années tant en France qu'à l'étranger ; nous citerons par exemple, sans les décrire, la *lampe tubulaire de Desfiennes*, de Paris, et la lampe de *Schuster* et *Baër*, de Berlin.] La *lampe à ligroïne* ou à *éponge* a déjà été mentionnée page 709.

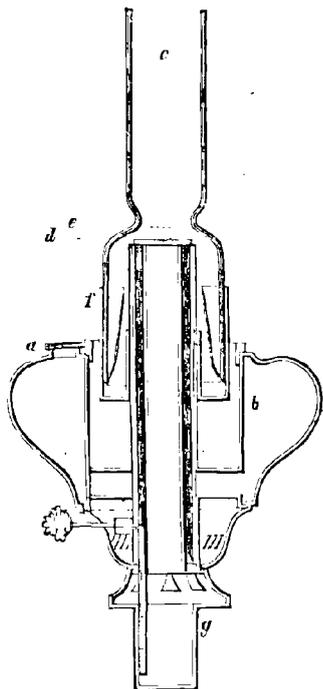


Fig. 418. — Lampe à pétrole.

ÉCLAIRAGE AU GAZ

Historique et généralités. — On a observé, il y a déjà plusieurs siècles, que le charbon fossile fournit un gaz combustible, on savait, même dès les temps les plus anciens, que dans les mines de houille et de lignite, ainsi que dans les dépôts de sel gemme, il se produit de grandes quantités de gaz combustibles, qui sous forme de sources gazeuses arrivent à la surface de la terre.

Le sol de certaines contrées contient de ce gaz en quantité telle qu'il

suffit d'y implanter un tube pour produire immédiatement le dégagement d'un courant gazeux, qui peut être utilisé pour l'éclairage. Dans le voisinage de Fredonia, dans l'état de New-York, la nature offre une véritable usine pour l'éclairage au gaz analogue à celles que dans les villes nous ne créons qu'à grands frais. En démolissant un moulin, dont une partie de la maçonnerie avait été construite dans la petite rivière appelée Canadaway, on observa que des bulles de gaz hydrogène carboné se dégagèrent de l'eau. En essayant de pratiquer un trou de sonde, on rencontra à une certaine profondeur une couche de calcaire bitumineux, et alors se dégagèrent par l'orifice le gaz qui maintenant est recueilli et dirigé au moyen de tubes dans toutes les localités où il sert pour l'éclairage. On obtient toutes les douze heures environ 22 mètres cubes d'hydrogène carboné, qui, d'après les recherches de *Fouqué*, est un mélange de gaz de marais (CH_4) et d'hydrure d'éthyle (C^2H^6). Le gaz, qu'on dégage souvent en grande quantité lors du forage des sources de pétrole dans les contrées occidentales des États-Unis, est maintenant employé dans plusieurs endroits pour l'éclairage et le chauffage. Ainsi, par exemple, la ville d'Érié, en Pensylvanie, est éclairée avec du gaz naturel recueilli dans des sources particulières, qui étaient au nombre de vingt-cinq à la fin de 1874 ; chaque source donne par jour, en moyenne, 586 mètres cubes de gaz. Dans la mine de sel de Sztatina (comitat de Marmarosch) du gaz d'éclairage se dégage, à environ 90 mètres de profondeur, des fissures d'une couche de marne argileuse qui est enfermée entre des bancs de sel gemme. Ce phénomène était connu dès l'année 1770. Comme à Fredonia, le gaz livré par la nature est utilisé pour l'éclairage, ainsi on s'en sert à Sztatina pour éclairer les parties les plus profondes de la mine. Le dépôt de sel gemme de Stassfurt fournit également, bien qu'en quantité peu considérable, des gaz combustibles. Le missionnaire *Imbert* rapporte que dans la province de Szu Tchouan, en Chine, on a creusé, pour atteindre des dépôts de sel gemme, à 1500 ou 1600 pieds de profondeur de nombreux trous de sonde ; la plupart de ces trous laissent échapper du gaz d'éclairage dont le dégagement est accompagné d'un fracas considérable. Des tuyaux de bambou conduisent le gaz à toutes les distances que l'on désire. On s'en sert pour l'éclairage des rues et des grands magasins, ainsi que comme combustible dans les salines. Le plus remarquable des phénomènes dont il s'agit ici est celui que l'on observe dans le lieu dit le *Champ du feu*, près de Bakou, dans la presqu'île d'Àpscheron, sur la côte occidentale de la mer Caspienne ; dans un grand nombre de points, le sol laisse échapper d'une manière continue des courants de gaz hydrogène carboné. Le gaz se dégage le plus ordinairement d'un sol aride et pierreux où s'élevait autrefois un temple. D'après la tradition, on brûlerait ce gaz depuis des milliers d'années. On trouve quelque chose d'analogue dans le Kurdistan, près d'Arbela, en Mésopotamie, à Chitta-Gong, dans le Bengale, et dans d'autres lieux du continent asiatique.

En ce qui concerne le gaz préparé artificiellement avec la houille, les Anglais *Clayton* et *Hales* ont observé de 1727 à 1759 que le charbon fossile donnait lieu à un dégagement gazeux lorsqu'on le soumettait à l'action de

la chaleur ; plus tard (1767), l'évêque *Landlaff* montra que l'air combustible pouvait être conduit partout au moyen de tubes ; le professeur de chimie *Pickel*, de Wurtzbourg, employa même dès 1786 le gaz préparé avec des os pour l'éclairage de son laboratoire situé dans le jardin de Julius-Hopital. A peu près à la même époque, lord *Dundonald* fit dans son château des expériences sur l'emploi du gaz de houille. Primitivement il ne s'agissait que de l'extraction du goudron de houille comme produit accessoire de la préparation du coke. Les ouvriers avaient fixé des tubes de fer dans le récipient où se déposait le goudron, et ils avaient coutume d'allumer pendant la nuit le gaz qui se dégageait de ces tubes, et d'utiliser pour l'éclairage la flamme ainsi produite. Le lord lui-même brûlait le gaz dans son château comme un objet de curiosité. [Toutes ces expériences n'étaient en quelque sorte que le prélude de la découverte du gaz d'éclairage, découverte que l'on doit attribuer au Français *Philippe Lebon d'Humbersin* qui, en 1796, chercha avec sa *thermolampe* à produire, par la distillation du bois, à la fois de la lumière, de la chaleur et de la force motrice. *Lebon* annonça sa découverte à l'Institut en 1798, et le 28 septembre 1799 il prit un brevet d'invention, dans lequel il mentionnait également la houille comme pouvant fournir du gaz propre à l'éclairage ; en effet, quelques années plus tard (1803), il installait une *thermolampe*, à Paris, dans l'hôtel Seignelay (rue Saint-Dominique, 95), dont il éclairait les appartements et le jardin avec du gaz extrait de la houille. « Quelques écrivains anglais, dit le baron *Ernouf*, attribuent la priorité de la découverte du gaz d'éclairage à l'ingénieur *William Murdoch*, et prétendent que, dès l'année 1792, la maison qu'il habitait dans le comté de Cornouailles était éclairée au gaz. Ce qui paraît plus positif, c'est que, vers la fin de 1798, *Murdoch* fut chargé de monter un appareil d'éclairage au gaz dans l'usine de *Watt et Boulton*, à Soho, près de Birmingham. Mais on sait aussi que cet appareil dut subir de nombreuses modifications et qu'il ne commença à fonctionner régulièrement qu'en 1805. Auparavant, il n'avait servi que pour faire des expériences et pour des illuminations. En admettant que toutes ces assertions soient exactes, la seule conséquence qu'on puisse en tirer raisonnablement, vu l'interruption absolue des communications entre les deux pays à cette époque, c'est que *Lebon* et *Murdoch* auraient fait la même découverte chacun de son côté, ainsi qu'il était arrivé précédemment à *Lavoisier* et à *Priestley* pour l'oxygène. De plus, *Murdoch* n'obtint de résultat pratique sérieux qu'après son association avec un Allemand, *Frédéric Winsor*, dit *Winsor*, lequel ne fut autre chose qu'un vulgarisateur hardi et habile et qui n'a rien fait qu'après avoir eu connaissance de la *thermolampe* de *Lebon*. » A partir de 1804 l'emploi du gaz pour l'éclairage prit une extension de plus en plus grande, et à Londres l'usage de cette matière éclairante est devenu beaucoup plus général que dans toutes les autres villes. Avant que ce nouveau mode d'éclairage fût introduit dans la vie civile proprement dite, il était exclusivement employé dans les fabriques et les établissements analogues. En 1812 les rues de Londres furent éclairées au gaz. En 1820 l'éclairage au gaz fut introduit à

Paris. Des deux métropoles il se répandit rapidement dans les villes, et dans peu d'années il aura pénétré dans tout le monde civilisé, parce que les améliorations apportées dans la fabrication, et notamment la préparation du gaz avec le bois et la tourbe introduite par *T. Pettenkofer*, ainsi que les tentatives heureuses faites par *H. Hirzel* pour utiliser les résidus du pétrole pour la fabrication du gaz d'éclairage, ont abaissé considérablement le prix de cette matière éclairante, et ont permis son introduction même dans les petites villes. On peut même dire avec certitude que dans un temps peu éloigné, le gaz sera employé pour le chauffage des habitations sur une aussi grande échelle qu'il l'est maintenant pour l'éclairage. Sous ce dernier point de vue on doit beaucoup attendre de l'emploi du gaz à l'eau et des perfectionnements qui seront apportés dans sa fabrication.

Comme il a été déjà dit au commencement de ce chapitre, le principe de l'éclairage au gaz est tout à fait le même que celui sur lequel reposent les autres méthodes d'éclairage, parce que, scientifiquement parlant, il n'y a pas d'autre éclairage que l'éclairage au gaz. Si l'on considère que dans la mèche allumée le gaz éclairant est produit aux dépens de la matière éclairante et qu'il est brûlé presque au même instant, il est évident que l'éclairage avec l'huile (huile de navette, huile solaire et pétrole), la cire, la paraffine ou l'acide stéarique ne se distingue de l'éclairage au gaz que par le lieu de la production du gaz et le moment où se produit la combustion. Sous ce rapport, l'éclairage au gaz pourrait être considéré comme un pas en arrière, et la remarque suivante, faite par un chimiste connu, pourrait être regardée comme très-juste. « Si l'éclairage au gaz avait été le mode d'éclairage primitif, ou si l'on n'avait découvert qu'après le gaz les bougies ou les lampes dans lesquelles se concentrent en quelque sorte les opérations compliquées des fabriques de gaz, cette découverte eût certainement été mise au nombre des plus grandes inventions de notre siècle et reconnue comme un triomphe de l'intelligence. » Si l'on voulait préparer du gaz d'éclairage avec l'huile, ou avec la cire, ou avec l'acide stéarique et la paraffine, cette remarque se trouverait justifiée, mais on emploie pour la production du gaz des matières comme la houille, le bois, la tourbe, les résidus des fabriques, etc., et en général des substances qui ne peuvent *jamais* être employées telles quelles comme matières éclairantes. Il faut en outre considérer que, dans l'état actuel des choses, les usines à gaz de houille ainsi que les fabriques de gaz au bois sont en même temps des fabriques de charbon, qui par la vente du coke et du charbon et le traitement des produits secondaires (goudron, eau ammoniacale, soufre du mélange de Laming) retirent des bénéfices considérables.

Matières premières de la fabrication du gaz. — Les matières premières de la fabrication du gaz sont la houille, le bois, la résine, la graisse, l'huile, le pétrole et l'eau. Suivant la substance qui a été employée pour la préparation du gaz, celui-ci porte différents noms; on distingue le *gaz de houille*, le *gaz au bois*, le *gaz de résine*, le *gaz à l'huile*, le *gaz de pétrole*, le *gaz à l'eau*,

A. GAZ DE HOUILLE.

De la houille. — Les charbons de terre ou les houilles se composent de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, de petites quantités d'azote, de sels minéraux (cendres) et de fer sulfuré en proportions plus ou moins considérables. Au point de vue industriel, on distingue les *houilles grasses*, qui sous l'influence de la chaleur, se ramollissent et se boursoufflent, les *houilles sèches* ou *maigres*, auxquelles la chaleur ne fait éprouver qu'une diminution de volume, et enfin les *houilles demi-grasses* qui se prennent en masse et s'agglutinent au contact de la chaleur. Les houilles grasses se distinguent par une grande richesse en hydrogène, aussi sont-elles les plus convenables pour la préparation du gaz d'éclairage. D'après H. Fleck, les meilleures sortes de ces charbons contiennent pour 100 parties de carbone 2 parties d'hydrogène combiné et 4 d'hydrogène disponible. Parmi ces houilles grasses, que l'on nomme improprement *charbons à gaz*, on distingue le *cannel-coal* ou *charbon-chandelle*, qui ne se rencontre que dans quelques points de la Grande-Bretagne, par exemple dans le Lancashire au nord de l'Angleterre et en Écosse dans les environs de Glasgow. Son nom vient de ce qu'il brûle avec une flamme claire, dont les classes pauvres se servent pour s'éclairer dans leur maison. Les charbons de Newcastle et le *boghead-coal*, ainsi que la houille feuilletée de Bohême, dont il sera question plus loin, se rapprochent beaucoup du cannel-coal. En France et en Belgique on emploie le charbon de Mons et de Commentry, en Allemagne les charbons de Saxe, de Silésie, d'Angleterre et du Rhin ou de Westphalie. Les charbons qui conviennent pour la fabrication du gaz d'éclairage ne doivent contenir que peu de soufre, et après la combustion ils ne doivent laisser que très-peu de cendre.

100 kilogrammes des différentes houilles donnant les quantités suivante de gaz :

Houille de la Silésie supérieure.	28 à 29 mètres cubes.	
— du bassin de la Sarre	26 à 27	—
— de Westphalie.	27 à 28	—
— de Zwickau.	24 à 25	—
— de Newcastle. {	Pelton main.	28 à 31 —
	Leverson wallsend.	50 —
	Newcastle.	34 à 35 —
— d'Anzin.	24	—
— de Mons (tout venant).	21 à 24	—
— du Grand-Hornu.	25	—
— de Bois-le-Duc.	23	—
Cannel. {	Wigan	26 à 40 —
	Lesmahagow.	27 à 32 —
	Boghead	26 à 45 —

La décomposition du charbon à gaz peut être mise en évidence par le schéma suivant : 100 parties de houille composée de :

IV. GAZ D'ÉCLAIRAGE.	α. Éléments éclairants.	Gaz.	Acétylène.	C ² H ²
			Éthylène.	C ² H ⁴
			Propylène.	C ³ H ⁶
			Butylène.	C ⁴ H ⁸
			Benzène.	C ⁶ H ⁶
		Vapeurs.	Styrène.	C ⁸ H ⁸
			Naphtaline.	C ¹⁰ H ⁸
			Acétylnaphtaline.	C ¹² H ¹⁰
			Fluorène.	C ¹⁰ H ¹⁰
			Propyle.	C ³ H ⁷
	β. Éléments non éclairants.	γ. Éléments qui altèrent la pureté du gaz.	Butyle.	C ⁴ H ⁹
			Hydrogène.	H ²
			Gaz des marais (méthane)	CH ⁴
			Oxyde de carbone.	CO
			Acide carbonique.	CO ²
			Ammoniaque.	AzH ³
			Cyanogène.	CAz
			Sulfocyanogène.	CAzS
			Hydrogène sulfuré.	H ² S
			Carbures d'hydrogène sulfurés et sulfure de carbone.	S ² C
			Azote.	Az

Fabrication du gaz de houille. — La fabrication du gaz d'éclairage avec la houille (de même qu'avec d'autres matières comme le bois, la résine, l'huile, etc.) s'effectue en trois opérations successives : *a*, la préparation du gaz brut par distillation de la houille dans des cornues ; *b*, la condensation de la majeure partie des produits liquides de la distillation dans des appareils particuliers ; *c*, la séparation du produit gazeux de tous les éléments qui nuisent au pouvoir éclairant et aux autres propriétés du gaz.

a. Préparation du gaz brut. — La préparation du gaz brut a lieu par distillation sèche de la houille qui doit être portée au rouge et préservée autant que possible du contact de l'air. La réalisation de ces deux conditions, qui sont tout à fait indispensables pour que la distillation sèche s'effectue convenablement, a conduit à la construction des appareils dans lesquels on pratique la distillation du charbon.

Cornues. Les appareils distillatoires, dont on se sert dans les fabriques de gaz portent le nom de *cornues*. Les premières cornues à gaz étaient des cylindres *en fonte*. Mais comme ces cornues s'usaient trop rapidement et qu'en outre elles étaient d'un prix élevé, on fut conduit à employer des cornues *en terre* dont on recouvre la surface interne d'une couverte ou enduit mince formé d'argile réduite en poudre fine. On se sert ordinairement de cornues dont les *dimensions* sont telles qu'elles peuvent contenir environ 100 kilogrammes de houille, et que cette quantité remplisse environ les six dixièmes de leur capacité. Ces cornues ont, en général, dans leur grand axe 54 centimètres de diamètre, 43 à 45 centimètres dans leur petit axe et une longueur de 2^m,50 à 3 mètres. L'extrémité postérieure de la cornue est le plus souvent fermée au moyen d'une paroi droite perpendiculaire à la longueur ; plus rarement cette partie de la cornue est bombée.

Depuis quelque temps on se sert à Londres pour la distillation du charbon de cornues particulières, qui ne sont ni en fonte ni en terre, ni d'une

seule pièce, mais qui sont construites avec des briques faites avec une matière réfractaire (*briques de Dina*, voyez t. I, page 787) et moulées d'après le modèle des cornues. Ces briques se composent d'un sable réfractaire (du sable quartzéux presque pur), qui après avoir été broyé et mouillé est mélangé avec 1 pour 100 de chaux, puis pressé sous forme de plaques, desséché et cuit. Pour construire les cornues de briques de Dina on se sert comme mortier d'une argile ferrugineuse se ramollissant un peu dans le four à gaz. Ces cornues sont beaucoup moins chères que les cornues d'une seule pièce, et, d'après les ingénieurs de la *Chartered-gaz-company* elles dureraient cinq années. Indépendamment des cornues en fonte, des cornues de briques de Dina et des cornues en terre, il y a aussi les cornues en tôle rivée; elles ont la forme d'un four plat et large, et le plus souvent elles sont placées isolément dans un foyer; leur face inférieure consiste fréquemment en une plaque de fonte garnie de briques.

Fermeture des cornues. Le couvercle qui sert pour fermer l'extrémité ouverte des cornues n'est pas fixé à la cornue, mais à une embouchure ou tête de fonte, qui est adaptée sur la cornue au moyen d'un collet et de vis. Pour les cornues en terre l'embouchure est également en fonte. Le bord de la cornue offre un renflement dans lequel sont logés 6 ou 8 boulons de fer dont les extrémités antérieures sont saillies en dehors de l'argile et sont terminées par des vis. Ces vis sont passées dans les trous du collet de l'embouchure de fonte, et au moyen d'écrous le collet est appliqué fortement sur la cornue. Pour obtenir un joint parfaitement étanche on se sert d'un mélange de limaille de fer et de plâtre que l'on délaye en une bouillie avec une solution de sel ammoniac. La partie supérieure de la tête porte un tuyau qui fait corps avec celle-ci ou qui est rapporté et se fixe au moyen d'une bride garnie de mastic; ce premier raccord est muni d'un manchon destiné à recevoir le prolongement du tuyau pour conduire dans le récipient. Comme l'embouchure se trouve toujours en dehors du foyer et que, par suite, elle a une durée beaucoup plus grande que la cornue qui est dans le feu, on peut, lorsque la cornue est usée, l'adapter à une nouvelle cornue, et c'est pour cela que les cornues sont toujours moulées d'après le même modèle.

La figure 419 montre une vue antérieure de l'embouchure d'une cornue à gaz, la figure 420 en représente une coupe. B est l'ouverture par laquelle la cornue est chargée et vidée; elle est fermée par le couvercle *n* au moyen de barres qui sont reçues dans des oreilles; *oo* est le collet avec quatre écrous, D est le tuyau de dégagement venu de fonte avec la tête. Le couvercle ou le tampon de fonte a la forme de la section transversale de la cornue (fig. 421 et 422). Sur le bord de sa face interne il est muni d'un renflement qui s'adapte dans l'ouverture B de l'embouchure, et sur sa face externe il est renforcé par des traverses disposées en croix. La fixation hermétique du tampon, lorsque la cornue a été chargée de charbon, s'effectue de deux manières différentes (fig. 423 et 424). D'après la première méthode, des traverses de fer passent dans des coulisses *mm*, qui se trouvent de chaque côté de la tête, et en arrière elles sont fixées solidement au moyen de coins (la figure 423

représente une vue de côté de ce dispositif). Les deux traverses ont en avant des oreilles qui se correspondent, et dans lesquelles on introduit la barre transversale *p*, qui dans son milieu est munie d'un écrou destiné à recevoir

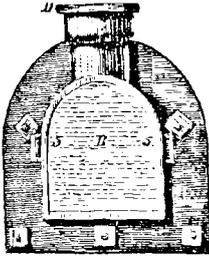


Fig. 419. — Embouchure d'une cornue à gaz; vue antérieure.

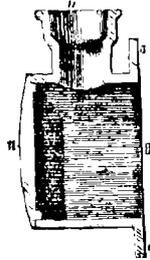


Fig. 420. — Embouchure d'une cornue à gaz; coupe.

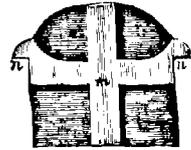


Fig. 421. — Couvercle d'une cornue à gaz.

la vis *a*, que l'on fait mouvoir au moyen d'une manivelle. En tournant la vis de manière à la faire avancer vers le couvercle *m*, on presse celui-ci contre l'embouchure. Avant de mettre le couvercle en place, on enduit son bord ainsi que celui de l'embouchure avec un mastic composé d'argile et de sable ou de chaux ayant servi pour la purification du gaz. L'autre dispositif usité pour la fixation du couvercle sur les cornues est représentée en vue de côté par la figure 424. Les barres de fer qui traversent les oreille *mm* de l'embouchure se terminent antérieurement par des crochets recourbés, qui sont destinés à recevoir une traverse *a*. Cette dernière porte dans son milieu une deuxième tige de fer *II*, qui lui est perpendiculaire et qui est chargée d'un poids à son extrémité; l'autre extrémité a la forme d'un coude; le bras le plus court de ce levier, qui est



Fig. 422. — Couvercle d'une cornue à gaz.

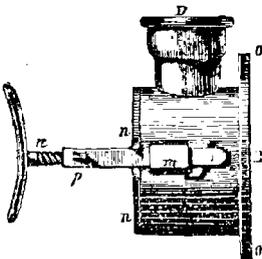


Fig. 425. — Fermeture à vis.

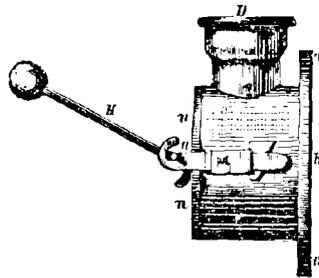


Fig. 424. — Fermeture à levier.

arrondi et recourbé, presse fortement, d'après le principe du levier courbé, le couvercle *n*, le bras le plus long étant abaissé par le poids dont il est muni.

Fours. Les cornues munies de leur embouchure ou tête sont disposées

horizontalement dans les *fours* (fours à gaz) de manière à ce que le col demeure libre (voyez fig. 432 page 742). Dans les grandes fabriques de gaz, chaque four reçoit de 5 à 7 cornues, cependant il y a aussi des fours à 12 ou 13 cornues.

Chargement des cornues et distillation de la houille. Le chargement des cornues s'effectue ordinairement à l'aide d'une cuiller en tôle demi-cylindrique, dont la longueur est égale à celle des cornues et qui contient la quantité de houille correspondant à une charge entière. On pousse simplement dans la cornue la cuiller pleine de charbon, on la retourne, et on la retire vide. Les houilles et les charbons de boghead restent sur le fond des cornues en une couche assez uniforme, et ils les remplissent à moitié tout au plus. Après la fermeture de la cornue chargée, il se produit immédiatement un vif dégagement de gaz, qui s'affaiblit peu à peu et qui au bout de quatre ou cinq heures est si faible que l'on cesse la distillation. Dans ce but, on ouvre le couvercle des cornues et l'on enflamme tout d'abord les gaz qui se dégagent, afin d'éviter une explosion. Le résidu contenu dans la cornue, le *coke* (cendre de schiste lorsqu'on emploie le boghead), qui ordinairement est pris en masse, est retiré à l'aide d'une sorte de crochet de fer, puis employé immédiatement à l'état rouge pour le chauffage, ou bien, comme cela a presque toujours lieu, il est recueilli dans des brouettes en fer, à l'aide desquelles on le conduit dans la cour de l'usine, où on l'éteint avec de l'eau. Aussitôt après que les cornues ont été vidées, on les charge de nouveau. Les cornues d'un même fourneau ne sont jamais chargées en même temps. Pour chauffer les fours on se sert en général de coke. On admet que l'on emploie pour le chauffage le tiers du coke produit dans la fabrique.

[Depuis un certain nombre d'années, on emploie dans quelques usines, pour la distillation de la houille, des gaz de générateurs; les cornues sont alors disposées dans des fours *Siemens* analogues à ceux en usage dans la fabrication du verre; voyez t. I, p. 655.]

Barillet. Chaque four à gaz est muni d'un *barillet* (premier condensateur), par l'intermédiaire duquel les tuyaux de dégagement sont en communication avec les cornues. Il est généralement placé sur la partie antérieure du four. Les tuyaux de dégagement ont un diamètre de 12 à 18 centimètres, et ils s'élèvent perpendiculairement tout près de l'ouverture des cornues. Le barillet lui-même, représenté suivant une coupe perpendiculaire à son axe dans les figures 425 et 426, est un large tuyau horizontal; il est en fonte ou en tôle rivée, et il a de 50 à 60 centimètres de diamètre. Ordinairement il n'y a qu'un seul barillet pour toute une série de fours; rarement chaque four est pourvu d'un barillet particulier. Cet appareil est cylindrique ou bien à section transversale en forme de ∞ .

Le barillet a pour fonction d'absorber les produits volatils de la distillation sèche, qui ont pris naissance dans toutes les cornues, et en même temps de former à chacun de ces vases une fermeture hydraulique, de manière que les produits non condensés dans le barillet se dirigent vers les

condensateurs et les épurateurs, et ne puissent pas retourner dans la cornue. Les tuyaux de dégagement du gaz sont ordinairement mis en communication avec le barillet de la manière suivante : A (fig. 425) est le tuyau de dégagement; le tube B incliné s'embranche avec le tube C, qui pénètre dans le barillet D contenant le liquide *m* produisant la fermeture hydraulique. La figure 426 représente une autre mode de communication du barillet avec le tube de dégagement. Comme le montrent les deux dessins, les tubes C plongent dans le barillet où se trouve un liquide, qui, comme dans le flacon de

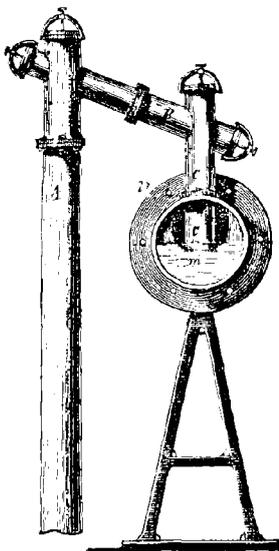


Fig. 425. — Barillet.

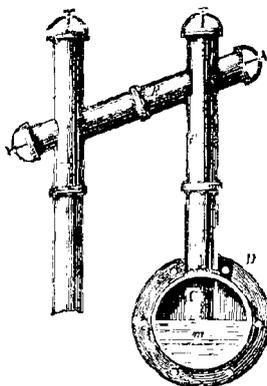


Fig. 426. — Barillet.

Woulf, bouche l'extrémité inférieure de ces tubes. Lorsqu'on met le four en activité, le barillet est rempli avec de l'eau; mais au bout de peu de temps celle-ci est remplacée par du goudron et de l'eau goudronneuse. Afin que le liquide ne s'élève pas trop haut dans le barillet, celui-ci est muni d'un tube d'écoulement pour le goudron, qui est disposé de manière que le niveau du goudron et de l'eau goudronneuse demeure toujours au-dessus de l'orifice du tube à gaz. Les liquides qui s'écoulent se rendent dans la citerne à goudron.

b. Condensation des produits de la distillation. — Les produits volatils de la distillation qui ne se sont pas condensés dans le barillet, et qui par suite s'échappent par le tube abducteur du barillet, consistent en un mélange de gaz, de vapeurs d'eau et de vapeurs de goudron; des sels ammoniacaux sont dissous dans les vapeurs aqueuses (cyanure d'ammonium, carbonate d'ammonium, sulfure d'ammonium, etc.). Le mélange arrive tout d'abord dans les *condenseurs*, où doivent se déposer à l'état liquide les vapeurs goudronneuses et aqueuses. La transformation de ces vapeurs en liquides peut

être effectuée de différentes manières ; ainsi, par exemple, par abaissement de température, dans lequel cas on fait passer le mélange sur des corps solides refroidis, ou bien on le dirige à travers des liquides froids ; mais la condensation peut aussi être obtenue en faisant séjourner pendant longtemps le mélange dans un système de tubes refroidis extérieurement.

Dans les premiers temps, on produisait le refroidissement avec de l'eau et d'une manière analogue à celle qui est en usage dans les distilleries pour la condensation des vapeurs d'alcool. La condensation par l'eau fut ensuite remplacée par la condensation au moyen de l'air, qui consiste à faire par-

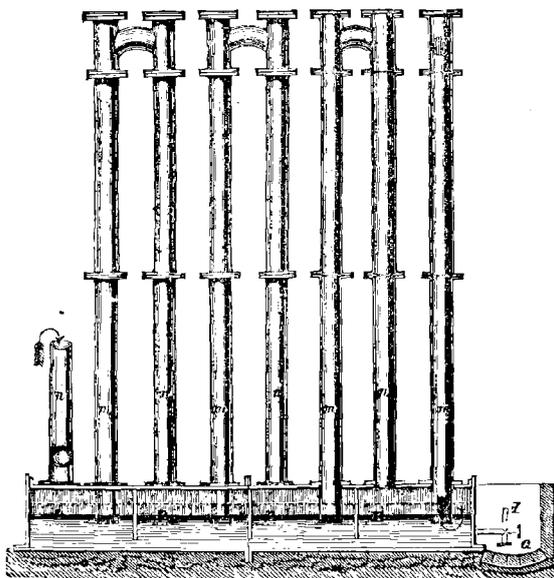


Fig. 427. — Condenseur.

courir un long chemin aux produits de la distillation en les faisant passer dans un système de tubes en fonte, dans lesquels les produits cèdent à l'air leur chaleur par suite de la bonne conductibilité du métal ; les vapeurs aqueuses et goudronneuses sont de cette façon transformées en liquide. Le condenseur actuellement en usage (dit *jeu d'orgue*) est représenté en coupe verticale par la figure 427 ; il se compose d'une série de tubes verticaux qui supérieurement communiquent ensemble au moyen de tubes arqués, et qui inférieurement reposent sur une caisse quadrangulaire P. Cette dernière, qui est en fonte, est suivant sa longueur et sa largeur divisée en compartiments au moyen de cloisons. Chaque compartiment est muni d'un tube adducteur *n* et d'un tube abducteur *m*. Les cloisons *r, r, r*, ne descendent pas jusqu'au fond du vase ; le liquide qui produit la fermeture hydraulique des divers compartiments peut, par conséquent, se mouvoir librement dans toute l'étendue de la caisse. Dans cette caisse se rassemble l'eau du gaz et

le goudron. Le niveau du liquide est réglé au moyen du tube d'écoulement *d* ou à l'aide d'un tube recourbé en forme de siphon; le liquide condensé est dirigé dans le réservoir en maçonnerie Q, et de là il est amené dans la citerne à goudron, au moyen d'un tube qui part du fond du réservoir. Les tubes adducteurs plongent un peu dans le liquide, ce qui force le gaz à passer à travers ce dernier. L'action d'un réfrigérant ainsi construit est beaucoup augmentée, si l'on établit au-dessus des tubes un réservoir contenant de l'eau que l'on fait tomber sur ceux-ci; l'eau en tombant le long des tubes s'évapore en partie et refroidit tout le système. Le nombre, la longueur et la largeur des tubes réfrigérants dépendent de la quantité de gaz qui doit être refroidie en un temps déterminé. Les tubes doivent en général avoir une surface totale de 40 mètres carrés pour une production de 100 mètres cubes de gaz à l'heure.

[Dans les usines de la Villette et de Vaugirard le réfrigérant est formé de trois gros tuyaux superposés, communiquant entre eux, de façon que le gaz les traverse successivement en s'élevant du premier dans le deuxième, puis dans le troisième. En été, afin d'obtenir un refroidissement plus complet, le tuyau supérieur est arrosé continuellement par de l'eau s'écoulant goutte à goutte d'une gouttière horizontale. A l'usine de Saint-Mandé, la réfrigération s'opère en faisant passer le gaz dans la partie annulaire comprise entre deux cylindres concentriques; l'air, dont l'appel est produit au moyen d'une cheminée, arrive par la base ouverte du cylindre intérieur, et par suite du courant ainsi établi, le gaz est refroidi; il passe de la partie annulaire d'un premier cylindre inférieur dans la partie correspondante d'un second cylindre supérieur et sort de ce dernier par un ajutage vertical. Comme dans l'appareil précédent, les tuyaux sont arrosés en été au moyen d'un courant d'eau.]

Laveur. Le laveur, qui est souvent employé en même temps que les tubes condensateurs pour obtenir une condensation plus parfaite, offre cela de particulier que le gaz y est mis en contact immédiat avec le liquide. Le principe sur lequel repose le laveur consiste à offrir au gaz une surface de contact aussi grande que possible dans un espace pas trop grand; cet appareil se compose de cylindres en tôle rivée (ou de tonneaux, comme cela est fréquent dans les usines à gaz anglaises), qui sont remplis de morceaux de coke (ou de pierres, ou de gros copeaux de bois ou de fagots, ou quelquefois aussi de tuyaux de drainage), que l'on maintient humides en faisant couler de l'eau par-dessus. Le laveur a pour but d'enlever au gaz brut, avant son entrée dans l'épurateur, une partie de l'hydrogène sulfuré et du sulfure d'ammonium, mais il a aussi pour fonction de produire la séparation des particules de goudron entraînées par le courant gazeux.

La figure 428 représente la coupe d'un laveur. Le cylindre a un diamètre de 1^m,50 à 1^m,50 et 3 ou 4 mètres de hauteur et, comme on l'a dit, il est rempli de morceaux de coke, sur lesquels de l'eau est répandue continuellement au moyen d'un distributeur en croix H, comme celui que l'on emploie dans les brasseries anglaises pour le mouillage de l'orge que l'on veut trans-

former en malt. Le gaz à laver pénètre dans l'appareil par le tube *i*, il s'élève à travers le coke humide, redescend par le tuyau *m* et pénètre ensuite dans un deuxième laveur. A la partie inférieure du tube adducteur du gaz se trouve un petit tuyau pour l'écoulement de l'eau de lavage et du goudron, qui se rassemblent dans le réservoir *M*. Le passage du gaz à travers un laveur n'exige qu'une pression à peine appréciable, mais les particules gazeuses se trouvent en contact avec une surface humide si grande que l'emploi

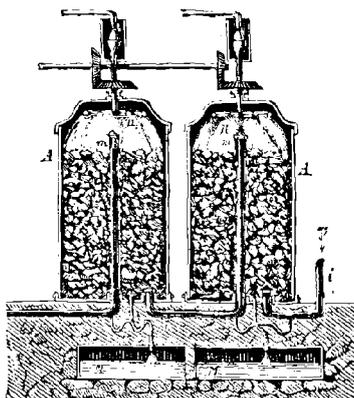


Fig. 428. — Laveur.

du laveur diminue considérablement la quantité de chaux et des autres agents épurateurs.

[Appareil de *E. Pelouze* et *P. Audouin*. — Les particules goudroneuses que le gaz renfermait encore en sortant du condenseur, ne sont retenues qu'incomplètement dans le laveur, et ce qui reste va se déposer dans la masse solide qui sert à l'épuration chimique du gaz. Afin d'éviter ce dernier inconvénient, *E. Pelouze* et *P. Audouin* ont imaginé récemment un appareil qui permet la condensation complète du goudron, et dont la construction repose sur l'observation suivante : le goudron est contenu dans le gaz impur sous la forme d'un brouillard jaunâtre composé de gouttelettes très-fines ; lorsqu'on reçoit un jet de ce gaz sur un morceau de papier blanc, les gouttelettes s'écrasent et s'étalent à la surface du papier, et celui-ci se recouvre, au bout de quelques instants, d'une tache noire de goudron. Voici, d'après *Ad. Wurtz*¹, comment est disposé le nouvel appareil qui fonctionne déjà, depuis plusieurs années, dans un grand nombre d'usines en France et à l'étranger. En sortant du condenseur, le gaz passe par une série de trous d'un diamètre de 0^m,0015, percés dans une plaque de laiton, et les jets ainsi divisés, frappent les pleins d'une autre plaque de laiton placée à une distance de 0^m,0015 de la première, et percée d'un nombre égal de trous. Mais comme ces trous ne correspondent pas à ceux de la première plaque, le jet de gaz frappe contre

¹ *Rapports de la Commission française à l'Exposition de Vienne (1875)*, t. V.

une surface plane, de manière à produire l'aplatissement et la réunion des gouttelettes de goudron. Après avoir traversé les trous de la seconde plaque, le gaz rencontre le plein d'une troisième plaque, pareillement percée, et ces deux contacts suffisent pour le débarrasser des particules goudroneuses. Un jet de gaz, ainsi épuré, lorsqu'on le projette pendant quelques instants sur un écran de papier, ne souille plus ce dernier. Le système de plaques est placé verticalement dans une cloche disposée dans l'intérieur d'un condensateur; cette cloche plonge dans un bain de goudron, dans lequel s'écoule celui qui se condense et qui ruisselle à la surface des plaques, le trop-plein se déversant continuellement dans un réservoir extérieur; comme par son passage à travers les trous et son choc contre les surfaces des plaques, le gaz éprouve une certaine perte de pression, des pompes le poussent dans l'appareil sous une pression de quelques millimètres d'eau, et au sortir de celui-ci, il se rend dans les épurateurs parfaitement dépouillé de goudron. Dans l'usine des Ternes de la Compagnie parisienne, où l'on fabrique chaque jour 80,000 mètres cubes de gaz, l'appareil de *Pelouze et Audouin* permet de recueillir journellement 600 litres d'un goudron léger et très-riche en essence légère, car il en renferme jusqu'à 20 pour 100, alors que le goudron ordinaire n'en contient que 3 à 5 pour 100.]

Extracteur ou *exhausteur*. — L'*extracteur* ou l'*exhausteur* est un appareil qui est généralement placé entre le condenseur et l'épurateur; il a pour but de diminuer la pression dans les cornues, pression qui serait la cause principale de la décomposition partielle du gaz et du dépôt de charbon sur la paroi des cornues, et par suite il empêche aussi le gaz de se dégager par les pores et les fissures des cornues. Les extracteurs ont été introduits par *Grafton* dans l'industrie du gaz en 1839; ces appareils sont surtout employés depuis que l'on se sert de cornues en terre dont la masse n'est pas par elle-même imperméable au gaz et dans laquelle il se forme aussi facilement des fissures par lesquelles, à une pression de plusieurs pieds d'eau, de grandes quantités de gaz pourraient se dégager, et en outre depuis que l'on a reconnu combien il est important, au point de vue du rendement et de la qualité de gaz, d'éliminer des cornues aussi rapidement que possible les produits volatiles de la distillation, afin de les empêcher d'exercer leur action décomposante sur les parois des cornues.

L'*extracteur* de *Grafton*, au moyen duquel le gaz peut être aspiré des cornues et la pression réduite à un minimum, se compose d'une caisse dans laquelle se trouve une roue élévatrice avec quatre aubes, dont les trois quarts au moins plongent dans l'eau; les quatre aubes sont courbées suivant la forme de la développante du cercle. Si l'on fait tourner la roue dans la direction des aubes, le gaz qui s'est accumulé entre celles-ci est abaissé peu à peu jusqu'au niveau de l'axe de la roue et se dégage ensuite par deux ouvertures latérales. L'*extracteur* de *Grafton* n'a point été admis dans les fabriques de gaz, mais il mérite cependant d'être mentionné comme étant le premier appareil à aspiration qui ait été imaginé. Vinrent ensuite les *extracteurs à cloches* qui dans le fait ne sont rien autre chose que des pompes à

air avec fermetures hydrauliques, comme celle que l'on emploie, par exemple, dans la fabrication du papier pour déshydrater la feuille sans fin par pression atmosphérique et dans la fabrication du vinaigre pour l'élimination de l'air désoxygéné et la condensation des vapeurs dans l'eau formant fermeture hydraulique. Dans ces extracteurs deux cloches en fonte fixées à un balancier et en communication avec les tubes adducteurs du gaz sont alternativement élevées et abaissées dans un réservoir rempli d'eau, et l'on obtient de cette façon un appareil aspirateur et compresseur avec fermeture hydraulique. Dans une espèce d'extracteur à cloches, celui de *Pauwels et Dubochet*, les fermetures hydrauliques ont été remplacées par des soupapes à clapet. L'exhausteur à piston, construit par *Anderson*, ressemble par son mode d'action à une soufflerie cylindrique, et il est mis en activité au moyen d'une machine à vapeur. Il en est de même pour l'extracteur de *G. Kuhre* (de Berg, près Stuttgart), dont la disposition a de l'analogie avec une pompe à double effet ; lorsque le piston est mis en mouvement, le gaz produit dans les cornues est aspiré du barillet et poussé à travers des orifices munis de clapets vers les appareils à épuration. L'effet est par conséquent analogue à celui d'une pompe ordinaire, dans le cas où la production du gaz dans les cornues est en rapport avec le rendement de l'extracteur. Mais si par suite d'un dégagement de gaz trop considérable l'extracteur ne peut pas entraîner le gaz produit, les clapets des orifices d'aspiration et de refoulement s'ouvrent sous l'influence de la pression qui s'exerce dans l'intérieur des cornues, et elles demeurent dans cet état, qui est alors indépendant du mouvement du piston, jusqu'à ce que la pression se soit modifiée.

Les *extracteurs à jet de vapeur*, dont l'emploi a été essayé récemment offrent beaucoup d'intérêt ; *F. Tieftrunk*, de Berlin, a donné sur ces appareils les indications suivantes. Depuis longtemps on se sert de la propriété que possède la vapeur d'entraîner avec elle des corps liquides lorsqu'elle pénètre par un orifice étroit dans un large espace. Il résulte de là que de l'eau peut être poussée dans une chaudière, où existe une pression même de trois atmosphères. Mais il y a une consommation très-considérable de vapeur, parce que celle-ci se transforme subitement et complètement en eau. Avec un injecteur il y a moins d'interruption dans le mouvement et une grande économie de vapeur, si seulement il aspire un fluide élastique et l'entraîne avec lui ; l'action est régulière, parce que par la transmission du mouvement de la vapeur sur un gaz on évite complètement les secousses. Pour aspirer le gaz brut des cornues, les frères *Körtzing*, de Hanovre, ont construit des appareils qui sont destinés à faire concurrence aux autres extracteurs à cause de leur simplicité et de leur prix peu élevé. Le gaz à aspirer en *a* (fig. 429) traverse un tiroir *b* et pénètre par *c* dans l'extracteur à jet de vapeur *dd*. En *e* se trouve une buse dans laquelle arrive la vapeur par la soupape *f*, qui entraîne avec elle le gaz, lequel se dirige ensuite vers les épurateurs. En *i* est un régulateur, dont l'aiguille indique le rendement maximum correspondant aux différentes saisons. La vapeur est réglée par une soupape *h*, dont le bras de levier en augmente l'afflux au moyen d'une

tige vissée sur la petite cloche *l*, lorsqu'il se produit une pression gazeuse avant l'extracteur, ou par conséquent dans le tuyau *a*, parce que le gaz arrive par *m* au-dessous de la cloche *l* et soulève celle-ci. Lorsque tout l'appareil est au repos, le gaz peut se dégager par *n* et se rendre également vers les épurateurs. On a d'abord essayé de placer l'appareil entre les cornues et les condensateurs, parce qu'on avait l'intention d'éliminer la vapeur d'eau en augmentant l'activité des cornues, mais comme les condensateurs menacèrent de se boucher, on dût le transporter entre le laveur et l'épurateur. Cet appareil offre sur les extracteurs à piston, les extracteurs de

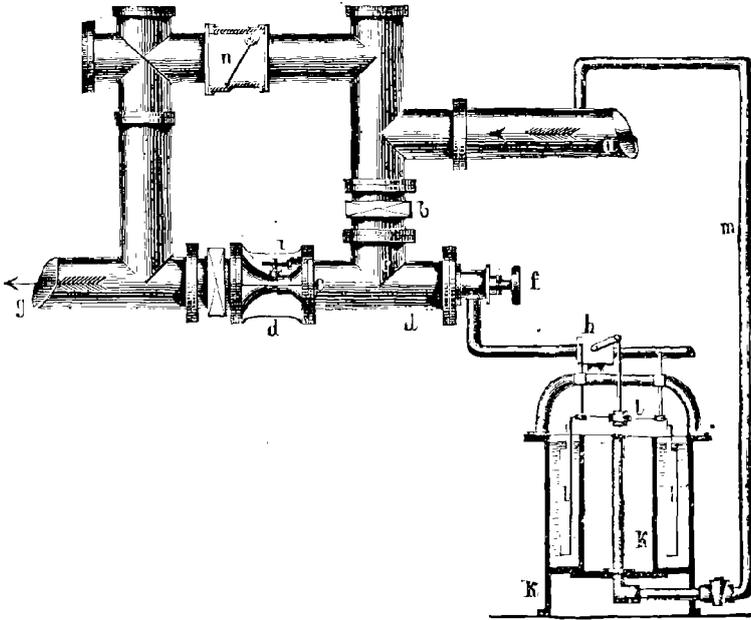


Fig. 429. — Extracteur à jet de vapeur de Körting.

Beale et les ventilateurs à ailettes de *Schiele*, plusieurs avantages, dont les principaux sont les suivants : il coûte beaucoup moins cher, s'use peu ; il n'a pas besoin de mécanisme pour le mettre en mouvement, il est relativement léger, on peut le placer en n'importe quel point de la conduite et l'on peut s'en servir immédiatement après son installation. Avec ces appareils le gaz arrive très-échauffé (25-50°) dans les épurateurs ; il reste à déterminer par des expériences si cela est avantageux.

c. Épuration chimique du gaz d'éclairage. — Au moyen de l'extracteur le gaz est maintenant conduit du condenseur et du laveur dans l'épurateur pour y être dépouillé de certaines matières étrangères, comme l'hydrogène sulfuré et l'acide carbonique et différentes combinaisons ammoniacales, telles que le carbonate d'ammonium, le cyanure d'ammonium, le sulfure d'ammonium (ainsi que les bases organiques, l'aniline, l'iridoline, etc., qui accompagnent l'ammoniaque dans le gaz d'éclairage non purifié). Dans le

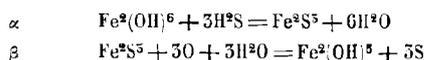
condenseur et surtout dans le laveur une grande partie des éléments qui altèrent la pureté du gaz d'éclairage ont été éliminés *mécaniquement*, mais une partie s'est cependant soustraite à la condensation et à l'action de l'eau dans le laveur, et elle doit être complètement enlevée par *voie chimique*, dans les épurateurs.

On se servit d'abord comme agent chimique pour l'épuration du gaz de *chaux caustique*, que l'on employait soit sous forme de lait de chaux, soit sous forme d'hydrate de chaux humide. L'*épurateur avec lait de chaux*, qui fut introduit par *Clegg* dans l'industrie du gaz et qui pendant plus de dix ans fut le seul épurateur employé, se composait de vases cylindriques en fonte remplis d'un lait de chaux, par lequel on faisait passer le gaz à épurer. Les particules de chaux étaient maintenues dans un mouvement continu au moyen d'un agitateur. Un tube recourbé en forme de siphon et muni d'un robinet ou d'une soupape servait pour vider le lait de chaux saturé et pour remplir à nouveau l'appareil. Le lait de chaux absorbait l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré ainsi qu'une portion notable de l'ammoniaque. L'épuration humide a cependant été remplacée dans la plupart des usines à gaz par l'*épuration sèche* au moyen d'hydrate de chaux sec ou humecté, parce que ce dernier offre de grands avantages, qui consistent en ce que l'épuration est plus complète, et cela sans que la pression s'élève beaucoup. Pour désagréger la chaux éteinte pulvérulente, et pour faciliter le passage du gaz à purifier à travers celle-ci, on la mélange avec de la paille hachée, de la sciure de bois, du tan épuisé, des bois de teinture épuisés, de la mousse, etc. Ces mélanges sont si peu denses qu'on peut les disposer dans les appareils en couches de 15 à 20 centimètres d'épaisseur sans qu'ils opposent une résistance notable, et que cinq couches superposées de 20 centimètres d'épaisseur chacune n'exigent pas une pression supérieure à trois centimètres d'eau. En ce qui concerne la quantité de chaux qui est nécessaire pour l'épuration d'une quantité de gaz déterminée, on peut admettre qu'elle s'élève en moyenne à un hectolitre (de chaux éteinte) pour 800 mètres cubes de gaz de houille de Newcastle. La *chaux du gaz* (chaux épuisée) sert comme engrais ou comme matière pour la construction des routes. Elle contient, outre l'hydrate de chaux non modifié, du sulfhydrate de calcium en si grande quantité que depuis quelque temps elle est employée dans les tanneries pour l'épilage des peaux, et dans ce cas l'action du sulfhydrate de calcium est rendue plus efficace par la petite proportion de cyanure de calcium que cette matière renferme.

Mais l'expérience a bientôt montré que l'emploi de la chaux comme agent purificateur du gaz n'était pas suffisant. Même lorsque l'hydrogène sulfuré et l'acide carbonique ont été éliminés, il reste de l'ammoniaque qui communique aux produits de la combustion des propriétés nuisibles. L'acide azoteux qui se forme, pendant la combustion d'un gaz d'éclairage, contenant de l'ammoniaque, exerce au bout de peu de temps sur certains objets métalliques une influence nuisible facilement appréciable. C'est pourquoi on fut forcé de purifier le gaz d'une manière plus complète, et c'est alors que

l'on lut conduit à proposer l'emploi des *acides* ou des *sels métalliques* pour l'absorption de l'ammoniaque, ainsi que pour la décomposition des combinaisons ammoniacales. Cependant, jusque vers 1840, on ne fit que peu d'attention aux propositions qui furent faites relativement à l'emploi des acides pour l'épuration du gaz, et cela tenait surtout à ce qu'on accordait trop peu d'importance aux sels ammoniacaux qui se forment par ce procédé. Aujourd'hui on élimine l'ammoniaque en faisant passer le gaz à travers de la sciure de bois humectée avec de l'acide sulfurique étendu et placée dans les compartiments inférieurs des épurateurs. La matière est lavée, la solution de sulfate d'ammonium obtenue est évaporée à cristallisation et la sciure de bois lessivée est employée de nouveau après avoir été desséchée et humectée avec de l'acide sulfurique.

Bien que dès l'année 1835 le *sulfate de fer* ait été proposé et employé pour l'élimination du sulfure d'ammonium du gaz d'éclairage, les *sels métalliques* et surtout le protochlorure de manganèse, que l'on obtient en si grande quantité dans les fabriques de chlorure de chaux, ainsi que le protochlorure de fer, n'ont été introduits par *Mallet* qu'en 1840 dans l'industrie du gaz pour l'épuration de ce produit. Mais le *mélange* qui fut proposé en 1847, par *R. Laming*, offre une importance beaucoup plus grande que tous les agents épurateurs mentionnés jusqu'ici, et son introduction dans la fabrication du gaz d'éclairage fait réellement époque. L'agent consiste en un mélange de sulfate de fer et de chaux caustique que l'on devrait additionner de sciure de bois, afin de rendre la masse plus poreuse. En présence de la chaux, le sulfate de fer donne naissance à du protoxyde de fer (pur ou carbonaté) et à du sulfate de calcium; la couleur du mélange, primitivement vert-noir, passe au rouge par oxydation à l'air, et l'on a alors un mélange d'hydrate de peroxyde de fer et de sulfate de calcium. La masse s'emploie à l'état sec. Depuis que l'on sait que dans le mélange de *Laming* la chaux est sans aucune importance pour l'épuration du gaz, on emploie presque généralement à la place du mélange précédent de l'oxyde de fer ou de manganèse ou encore mieux de la limonite (finement moulue, mélangée avec son volume de sciure de bois et humectée). On se sert du peroxyde de fer naturel ou bien, et avec avantage, des résidus de la réduction de la nitrobenzine à l'aide de la limaille de fer en vue de la fabrication de l'aniline (voy. p. 570). D'après une analyse effectuée par *A. Wagner*, de Munich (1867), qui est en parfait accord avec les résultats obtenus par *Gélis* en 1862, ainsi qu'avec les travaux de *E. Brescius*, de *Deicke* et d'autres, le peroxyde de fer du mélange de *Laming* serait transformé par l'hydrogène sulfuré en sesquisulfure de fer (Fe^2S^3), et en présence de l'air cette combinaison se convertirait en peroxyde de fer en perdant *tout* son soufre. Ces réactions pourraient être représentées par les deux équations suivantes :



[Les appareils d'épuration consistent généralement en caisses rectangu-

lares en fonte, fermées par un couvercle mobile en tôle, dont les rebords plongent dans une rigole ménagée à l'extérieur de la caisse et remplie d'eau. A l'intérieur de la caisse sont disposées 3 à 6 claies sur lesquelles on étend les matières épurantes. Le gaz arrive à la partie inférieure par un large tuyau, traverse les claies, puis pénètre entre la claie supérieure et le couvercle pour descendre ensuite par un canal en tôle établi à l'un des angles de la caisse et communiquant inférieurement avec un tuyau par lequel le gaz s'échappe. D'autres fois, comme dans certaines usines de la Compagnie parisienne du gaz, les caisses ne renferment qu'une seule claie ; le gaz arrive par la partie supérieure et sort par la partie inférieure, après avoir traversé toute la masse d'épuration (mélange de *Laming*), et se rend ensuite dans une autre caisse, ou bien au gazomètre. L'épurateur peut aussi consister en une caisse rectangulaire divisée, par une cloison verticale, en deux compartiments renfermant chacun trois ou quatre claies destinées à recevoir l'agent d'épuration ; le gaz pénètre par la partie inférieure de l'un des compartiments, traverse les claies de bas en haut, passe au-dessus de la cloison, arrive dans le second compartiment, d'où il sort par sa partie inférieure pour se rendre au gazomètre. Ce dispositif est représenté en M dans la figure 452, page 742.

Lorsque le mélange de *Laming* a servi pendant un certain temps, il est devenu inactif ; mais on peut lui rendre son activité primitive en l'exposant au contact de l'air, dont l'oxygène révivifie les deux éléments principaux, le peroxyde de fer et le sulfate de calcium ; cette révivification ne peut pas avoir lieu indéfiniment, parce qu'il s'accumule dans la masse une grande quantité de soufre libre résultant de la décomposition du sulfate de fer par l'oxygène de l'air (quantité qui peut s'élever jusqu'à 40 pour 100 et plus), et qu'en outre les particules du mélange se recouvrent peu à peu de principes goudronneux, qui rendent la masse de plus en plus visqueuse et tendent par suite à affaiblir son action.]

Du mélange de *Laming* épuisé on peut extraire le soufre en substance par fusion sous l'eau à une haute pression (d'après le procédé de *Max Schaffner* ; voyez t. I, page 452), ou par extraction avec l'huile de goudron. Comme on l'a décrit avec détails (t. I, page 459), on grille le mélange sulfurifère, après en avoir éliminé par lixiviation le sel ammoniacal et le cyanure de fer (ce dernier sous forme de ferrocyanure de calcium), et l'on produit ainsi de l'acide sulfureux, que l'on utilise pour la fabrication de l'acide sulfurique, et du peroxyde de fer, qui peut de nouveau servir pour la désulfuration du gaz d'éclairage. L'extraction du bleu de Prusse et du prussiate de potasse du mélange de *Laming* est pratiquée en grand à Paris par *Gauthier-Bouchard*, et à Liesing, près Vienne, par *E. Seybel* (voy. t. I, p. 72). A Marseille, *Ménier* prépare annuellement en purifiant le gaz d'éclairage de 12 à 15,000 kilogr. de sulfocyanure d'ammonium.

On a proposé il y a quelque temps (1869), avant d'employer le gaz d'éclairage, de lui enlever la benzine qu'il renferme (et qui est indispensable pour la fabrication des couleurs de goudron), au moyen des huiles lourdes de goudron, et de séparer ensuite cet hydrocarbure par distillation

fractionnée. Après la séparation de la benzine du gaz d'éclairage, il faut saturer ce dernier de vapeurs d'éther de pétrole, afin de lui restituer son pouvoir éclairant primitif. Nous ne pensons pas que ce procédé ait encore été mis en pratique (voy. p. 567).

Gazomètre. — Le gazomètre (fig. 450 et 451) n'a pas seulement pour but

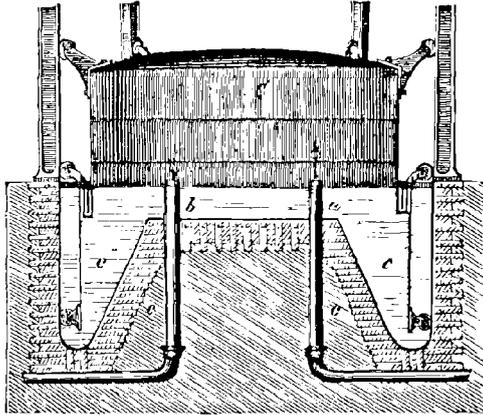


Fig. 450. — Gazomètre télescopique.

de servir à emmagasiner une grande quantité de gaz épuré, il a aussi pour fonction, par suite de la pression uniforme qu'il exerce sur le gaz qu'il renferme, d'alimenter uniformément les brûleurs, et par suite de produire une

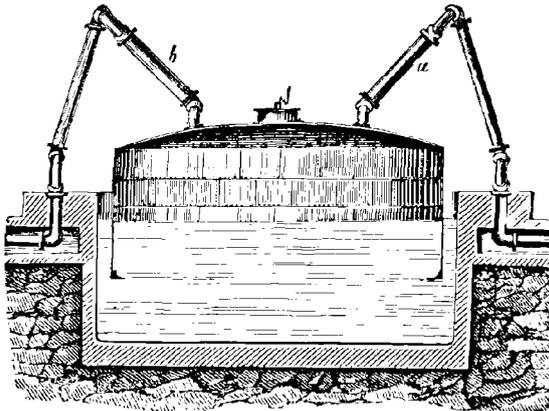


Fig. 451. — Gazomètre à tubes articulés de Pauwels.

flamme tranquille et toujours de même volume. Le gazomètre se compose de trois parties : 1^o le réservoir à eau, qui est un bassin circulaire étanche avec parois verticales et qui est destiné à recevoir l'eau formant fermeture hydraulique ; 2^o la cloche, le gazomètre proprement dit, qui au moyen de dispositions particulières s'élève et s'abaisse librement dans le bassin ; 3^o les

deux tuyaux pour le gaz, qui pénètre dans l'appareil par l'un de ces tuyaux et qui en sort par l'autre.

Autrefois le *réservoir à eau* était fait avec des plaques de fonte, dont les bords étaient munis de bourrelets percés à l'aide desquels elles étaient assemblées et fixées l'une sur l'autre au moyen de vis ; les surfaces étaient préalablement enduites de mastic de fer. Maintenant les bassins sont généralement en maçonnerie (faite avec des briques ou des pierres de grès reliées par du ciment). Le fond du réservoir est en briques cimentées, au-dessous desquelles se trouve une couche d'argile, ou bien on y laisse, comme dans le dispositif représenté par la figure 430, un cône de terre, qui doit également être revêtu d'une couche d'argile ou de briques reliées par du ciment. Cette dernière disposition a pour but de diminuer la masse d'eau du réservoir. Les *cloches* sont toujours faites avec des plaques de tôle rivée, les joints sont garnis avec du goudron, et la surface des cloches est partout enduite avec cette matière. Pour guider la cloche qui se meut librement dans le bassin, on la suspendait autrefois par le centre de son couvercle à une chaîne qui glissait sur une poulie et à l'extrémité de laquelle se trouvait un contre-poids pour contrebalancer le poids du gazomètre, de manière que celui-ci en plongeant dans l'eau n'exerce sur le gaz que juste la pression nécessaire. Ce dispositif est maintenant supprimé, et l'on préfère guider la cloche au moyen de galets. On a cherché à élever les parois latérales de la cloche en construisant des gazomètres formés par plusieurs anneaux cylindriques s'emboîtant les uns dans les autres comme les tubes d'un télescope, et l'on a donné à ces appareils le nom de *gazomètres télescopiques*. Ce dispositif, qui est représenté par la figure 450, fournit un grand espace pour le gaz sans que l'on ait besoin pour le remplir avec celui-ci d'un bassin ayant une profondeur en rapport avec les dimensions de l'appareil. Des deux tubes à gaz, l'un, le tuyau d'arrivée *a c*, amène le gaz dans le gazomètre, et l'autre, le tuyau de départ *b c*, le dirige sur les conduites. Ces tuyaux sont en fonte et ils débouchent tous deux au-dessus du niveau de l'eau du bassin, ou bien, comme dans le *gazomètre avec tubes articulés*, construit par *Pauwels* (fig. 431), ils viennent aboutir sur le couvercle de la cloche. De cette façon on évite que les tubes, qui dans les autres gazomètres sont contenus dans le bassin et ne s'élèvent que très-peu au-dessus du liquide, viennent par des circonstances fortuites à se remplir d'eau, accident qui aurait pour conséquence la suspension de l'afflux du gaz et l'extinction subite de tous les becs. Comme le montre la figure 431, pour l'intelligence de laquelle une description plus détaillée est inutile, l'arrivée et le départ du gaz s'effectuent par les tubes articulés *a* et *b*, qui, partant du couvercle de la cloche, viennent se mettre en communication avec les conduites. Pour fermer les tuyaux on se sert de robinets hydrauliques.

Tous les gazomètres sont munis d'une échelle qui indique le niveau de la cloche, et par conséquent la quantité du gaz que celle-ci renferme. La capacité du gazomètre est extrêmement variable ; elle varie de 30 à 60 mètres cubes, et elle va même jusqu'à 30,000 mètres cubes, et dans ce cas la cloche

a 45 mètres de diamètre et 20 mètres de hauteur. D'après la règle établie par *Riedinger*, la capacité de la cloche doit correspondre à 2 fois ou 2 fois $1/2$ le volume moyen du gaz consommé chaque jour. Le remplissage du gazomètre a lieu de la manière suivante. Si le tuyau de départ est fermé et si du gaz pénètre par le tuyau d'arrivée, celui-là se rassemble entre la surface de l'eau et le couvercle du gazomètre et il éprouve une pression qui se transmet à la surface de l'eau, et par suite de laquelle ce liquide s'abaisse dans la cloche et s'élève en dehors de celle-ci dans le réservoir. Lorsque, dans l'espace qui se trouve entre les parois du bassin et la cloche, le liquide a atteint la hauteur à laquelle la pression de l'eau est égale au poids de la cloche, celle-ci s'élève, en supposant que le gaz continue à arriver, et celui-ci la remplit. Le remplissage est continué jusqu'à ce que la cloche se soit élevée assez haut pour que son bord inférieur ne soit distant que de 20 centimètres environ de la surface de l'eau. Si, lorsque le remplissage de la cloche est terminé, on ouvre le tuyau de départ, la cloche, à mesure que le gaz sort, s'abaisse dans le réservoir, jusqu'à ce qu'elle ait atteint le fond de celui-ci. Le poids de la cloche détermine la pression sous laquelle le gaz est amené aux brûleurs par les tuyaux de conduite.

Pour mesurer la quantité du gaz produit par jour dans une fabrique, on se sert de grands compteurs que l'on nomme *compteurs de fabrication* ; ils sont contruits, dans ce qu'ils ont d'essentiel, comme les compteurs de consommation dont il sera question plus loin.

[La figure 432 représente une vue d'ensemble des différents appareils dont il a été question précédemment. Les cornues *c, c* contenant la houille sont chauffées par le foyer *A* ; les produits de la combustion qui a lieu dans ce dernier s'échappent par la cheminée *N* ; le gaz résultant de la distillation de la houille se rend d'abord dans le barillet *B*, puis dans le jeu d'orgue ou condenseur *D* ; le goudron se rassemble en *E* et s'écoule peu à peu dans la citerne *Q* par le siphon *H*. En sortant du condenseur, le gaz pénètre par le tuyau *K* dans le laveur *o o*, d'où il sort par le tuyau *K' L* pour se rendre dans l'épurateur *M* ; de ce dernier, le gaz est amené par le tuyau *L' s* dans le gazomètre *G*, et de là il passe par *s'* dans les tuyaux de distribution ; *H'* est un siphon pour l'écoulement dans la citerne *Q'* des particules liquides entraînées par le gaz.]

Statique de la préparation du gaz. — Nous n'avons que peu d'éléments sur lesquels on puisse établir une *statique* de la préparation du gaz considérée au point de vue de son volume et de sa composition à partir du moment où il sort des cornues, jusqu'à celui où il est amené du gazomètre aux consommateurs, après avoir traversé successivement le barillet, le condenseur, le laveur et l'épurateur. Les résultats qui offrent le plus de valeur ont été fournis par les expériences effectuées par *Firle*, de Breslau, en 1860 ; mais il ne faut pas perdre de vue que les chiffres obtenus par cet expérimentateur n'ont de valeur que pour le cas particulier dont il s'agit ici, et qu'ils ne sont pas du tout applicables à tous les cas.

Le gaz sur lequel *Firle* effectua ses expériences était du gaz de houille ; il

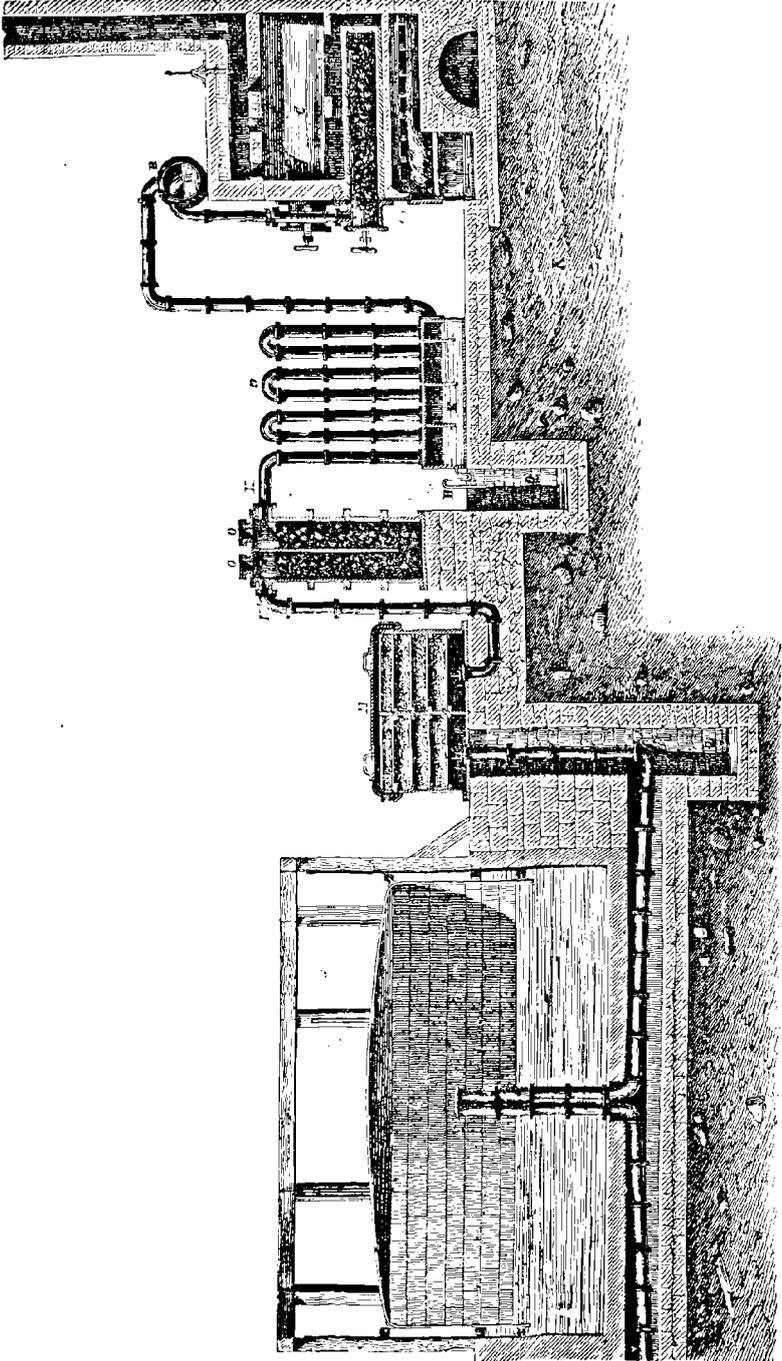


Fig. 452. — Vue d'ensemble de l'appareil employé pour la fabrication du gaz de houille.

l'a analysé à sa sortie du condenseur tubulaire (*a*), à sa sortie du condenseur à coke (*b*), à sa sortie de la machine à laver (*c*), à sa sortie de l'épurateur avec mélange de *Laming* (*d*), et enfin à sa sortie de l'épurateur à chaux (*e*) : ce dernier est par conséquent du gaz complètement épuré :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	<i>d.</i>	<i>e.</i>
Hydrogène	37,97	37,97	37,97	37,97	37,97
Hydrogène protocarboné	59,78	38,81	58,48	40,29	39,57
Oxyde de carbone	7,21	7,15	7,11	3,93	3,97
Hydrocarbures lourds	4,19	4,66	4,46	4,66	4,29
Azote	4,81	4,99	6,89	7,86	9,99
Oxygène	0,51	0,47	0,15	0,48	0,61
Acide carbonique	3,72	3,87	3,39	3,33	0,41
Hydrogène sulfuré	1,06	1,47	0,56	0,56	—
Ammoniaque	0,95	0,54	—	—	—

Si l'on rapporte ces nombres à des quantités absolues, et si l'on prend comme unité de volume le décimètre cube (1 litre), on obtient (en partant de 1000 décimètres cubes de gaz brut) les nombres suivants :

	DÉCIMÈTRES CUBES				
	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	<i>d.</i>	<i>e.</i>
Hydrogène	380	380	380	380	380
Hydrogène protocarboné	390	588	384	403	394
Oxyde de carbone	72	71	71	39	30
Hydrocarbures lourds	42	46	45	46	43
Azote	48	50	69	79	100
Oxygène	5	5	2	5	6
Acide carbonique	40	39	34	33	4
Hydrogène sulfuré	15	15	5	3	—
Ammoniaque	10	5	—	—	—

Le tableau précédent montre les changements qu'éprouve la composition du gaz pendant son épuration, ainsi que l'action des différents appareils employés pour cette épuration. Si, par exemple, 1000 décimètres cubes de gaz ayant la composition indiquée en *a* arrivent dans les appareils épurateurs, dans chacun de ces appareils il reste une fraction des gaz absorbables, de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniaque principalement, et cette fraction est représentée pour chacun de ces gaz par les nombres suivants :

Des 1000 décimètres cubes du gaz brut il est absorbé (en décimètres cubes) :

	DANS LE CONDENSATEUR À CHAUX	DANS LA MACHINE À LAVER	PAR LE MÉLANGE DE LAMING	DANS L'ÉPURATEUR À CHAUX
Acide carbonique	1	5	1	29
Hydrogène sulfuré	—	10	2	3
Ammoniaque	5	5	—	—
Oxyde de carbone	—	—	32	—
Oxygène	—	5	—	—

Le volume primitif du gaz devient par suite de plus en plus petit et des 1000 décimètres cubes du gaz brut il reste encore après la sortie

du condensateur à coke.	994	décimètres cubes.
de la machine à laver.	971	—
du mélange de <i>Laming</i>	956	—
de l'épurateur à chaux	914	—

en supposant que les autres éléments du gaz n'éprouvent aucun changement, ce qui a lieu en réalité, si l'on en excepte une petite quantité d'hydrogène protocarboné et d'hydrocarbures lourds. Mais au volume du gaz qui diminue peu à peu par absorption s'ajoute dans chaque épurateur, sous forme d'air atmosphérique, une certaine quantité d'oxygène et d'azote.

Dans 1000 décimètres cubes de gaz brut il y a, d'après l'analyse relatée en *a*, 51 décimètres cubes d'azote et d'oxygène. Cette quantité s'accroît :

dans le condensateur à coke, de.	4	décimètres cubes.
dans la machine à laver, de	20	—
dans le mélange de <i>Laming</i> , de	57	—
dans l'épurateur à chaux, de.	55	—

Le volume total du gaz éprouve donc aussi de l'augmentation dans chacun de ces appareils, et, si l'on prend en considération les variations dans la quantité de l'hydrogène protocarboné et des hydrocarbures lourds, le volume effectif de 1000 décimètres cubes s'élève encore à la sortie

du condensateur à coke, à.	999	décimètres cubes.
de la machine à laver, à	990	—
du mélange de <i>Laming</i> , à.	988	—
de l'épurateur à chaux, à.	966	—

en supposant que la température et la pression soient demeurées invariables pendant le passage du gaz à travers les appareils à épuration.

Distribution du gaz d'éclairage. — Le gaz accumulé dans le gazomètre est amené aux consommateurs de deux manières différentes, soit au moyen de conduites, soit dans des outres ou des boîtes de tôle étanches que l'on transporte sur des voitures (voy. plus loin, *Gaz portatif*). La distribution du gaz au moyen de *tuyaux de conduite* est de beaucoup la plus fréquente. La pression par laquelle le gaz est mis en mouvement dans les conduites est celle que produit le gazomètre, pression qui correspond à une hauteur d'eau déterminée. Le diamètre qui doit être donné aux tuyaux dépend de la grandeur de cette pression et de la quantité de gaz qui, dans un temps donné, doit être conduite par les tuyaux à une distance déterminée; il dépend aussi du poids spécifique du gaz et de la position plus ou moins inclinée des tubes; toutes ces circonstances doivent être prises en considération, afin que le mouvement ne soit pas ralenti par le frottement que le gaz éprouve dans les tuyaux et que, par suite, à de grandes distances, la pression reçue par le gaz ne soit pas amoindrie, de manière qu'il se produise une diminution dans la hauteur de la flamme du brûleur.

Les *conduites principales* (qui sont établies suivant les grandes voies des villes) sont en fonte et elles sont enfouies dans la terre à une profondeur de 60 centimètres à 1^m,60 ; les petits *tuyaux de distribution* (qui amènent le gaz dans les maisons) sont généralement en fer forgé fort. Les conduites en fonte se composent du *tuyau* et du *manchon* ou *tête*. Cette dernière partie, qui a un diamètre plus grand que celui du tuyau, est destinée à recevoir l'extrémité non élargie de la conduite qui la suit immédiatement. Dans les endroits où un embranchement doit être établi, le tuyau de conduite est muni d'un ajutage (petit tube avec manchon court). Dans les carrefours on emploie un tuyau avec deux ajutages. Lorsqu'on s'est assuré que les conduits sont imperméables au gaz, on les enduit d'une couche de goudron et on les assemble de manière à avoir des joints étanches, en remplissant avec un mastic approprié l'espace compris entre la paroi interne du manchon et l'extrémité du tuyau que l'on a introduite dans le manchon. Malgré toutes les précautions que l'on prend pour assembler les conduites, il n'est pas possible d'éviter la perte d'une certaine quantité de gaz. Dans certaines usines à gaz le coulage s'élève jusqu'à 15 ou 20 pour 100. Même avec un bon système de canalisation, dont les tubes sont assemblés avec soin, la perte en gaz constitue 5 à 7 pour 100 de la production annuelle. Les conduites principales doivent être aussi larges que possible, afin de diminuer le frottement du gaz et par suite d'empêcher le dépôt de la naphthaline et des hydrocarbures liquides. Afin de pouvoir extraire la vapeur d'eau condensée dans les tuyaux, ainsi que les hydrocarbures liquides, qui constituent un obstacle à l'écoulement du gaz, on adapte, dans les points les plus bas des conduites, des réservoirs ou siphons (*siphons de purge*), que l'on vide au moyen d'une pompe. Les tuyaux de distribution qui amènent le gaz dans les maisons sont en fer forgé ou plus fréquemment en plomb. Les tubes de plomb ont le grand avantage d'être extrêmement commodes à manier, mais ils ont aussi l'inconvénient d'être facilement fusibles. Les tuyaux d'étain, de laiton et de cuivre, sont trop chers, et ceux qui sont faits avec les deux derniers métaux ont en outre de grands inconvénients ; les tuyaux de laiton crèvent très-facilement dans la soudure lorsqu'on les courbe, les tubes de cuivre sont fortement attaqués par le gaz, surtout lorsque celui-ci n'a pas été dépouillé de l'ammoniaque avec tout le soin désirable, ce qui tient probablement à ce qu'il se forme de l'acide azoteux aux dépens de cet alcali. Il se produit aussi dans les tubes de cuivre des mélanges explosifs essentiellement composés, d'après *Crova*, de la combinaison d'oxydure de cuivre et d'acétylène découverte par *Berthelot*, et qui peuvent donner lieu à des explosions dangereuses.

Soupape hydraulique. — Dans le point où le tuyau principal du système des conduites quitte le gazomètre, il se trouve, comme on l'a déjà dit plus haut, un robinet qui retient le gaz dans la cloche lorsqu'il ne doit pas s'en écouler. A la place de ce robinet, il vaut mieux employer une *soupape dite hydraulique*, qui, dans ce qu'elle a d'essentiel, est disposée comme un gazomètre. Elle consiste en un vase de tôle IKLM rempli d'eau (fig. 455). Le tube

A communique directement avec le gazomètre, et le tube B avec le tuyau principal du système des conduites; au-dessus des deux tubes se trouve le tambour CEFD, qui est contrebalancé par les poids x et y . Si l'on enlève le poids y , le tambour s'abaisse d'une quantité suffisante pour que la cloison GH descende au-dessous du niveau de l'eau, et alors la communication est interrompue entre les tubes A et B.

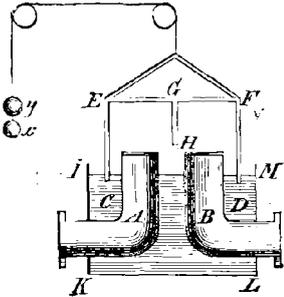


Fig. 455. — Soupape hydraulique.

Régulateur de la pression du gaz. — Le régulateur de la pression du gaz a pour but de régler l'afflux du gaz du gazomètre dans les tuyaux de conduite. Le régulateur se compose essentiellement d'une cloche reliée à une soupape conique, qui s'ouvre ou se ferme d'elle-même, suivant qu'il s'écoule trop ou trop peu de gaz pour les besoins de la consommation. L'appareil lui-même consiste en un petit gazomètre dans la cuve duquel vient aboutir le tuyau qui amène le gaz du réservoir; à côté de ce tuyau se trouve celui qui distribue le gaz dans les conduites; l'orifice de ce dernier est fermé par une plaque, qui est munie dans son milieu d'une ouverture conique plus large inférieurement que supérieurement et dans laquelle se meut un cône fixé librement par sa pointe au centre du couvercle de la cloche. Lorsque la cloche a pris une certaine position, il sort par l'ouverture annulaire la quantité de gaz qui est exactement suffisante pour maintenir une pression déterminée dans les conduites. Pour arriver à faire prendre à la cloche cette position, il faut lui donner un poids déterminé, ce à quoi l'on parvient au moyen d'un contre-poids ou d'un flotteur. Si maintenant la pression ou la vitesse de l'écoulement du gaz venant du gazomètre éprouve quelque changement, il pénètre pour le moment sous la cloche une quantité de gaz plus grande que celle qui correspond à la pression normale; mais alors la cloche s'élève, et comme la soupape conique s'élève en même temps, l'orifice annulaire du tuyau de distribution est rétréci: il faut donc que la cloche redescende, et jusqu'à ce que son poids et la pression se soient mis en équilibre. Si la pression diminue dans les tuyaux de conduite, le contraire se produit: la cloche s'abaisse, l'orifice annulaire s'agrandit et la pression normale est rétablie par un afflux plus considérable de gaz.

Essai du gaz d'éclairage. — Dans le gaz d'éclairage, de même que dans la flamme des matières éclairantes liquides et solides, ce sont les particules de charbon séparées qui portées au rouge blanc communiquent à la flamme sa propriété éclairante (voy. p. 649). Toutes les influences qui empêchent la séparation de ces particules charbonneuses ou qui les détruisent par action chimique enlèvent immédiatement à la flamme du gaz son pouvoir éclairant. A ces influences appartiennent: 1° l'afflux immodéré de l'air ou de l'oxygène; si l'on fait brûler une flamme de gaz dans l'oxygène, on remarque que son pouvoir éclairant est anéanti; la même chose a lieu, si avant la combustion on

mélange le gaz avec de l'air atmosphérique, comme cela a lieu dans l'appareil imaginé par *Erdmann* pour l'essai du gaz et dans la lampe à gaz de *Bunsen*.
 2° La présence de l'acide carbonique dans la flamme du gaz ; si du charbon rouge est mis en contact avec de l'acide carbonique, il se forme, comme on le sait, de l'oxyde de carbone ($\text{CO}^2 + \text{C} = 2\text{CO}$), qui brûle avec une flamme non éclairante. Comme le gaz élaïle (éthylène, C^2H^4) se décompose au rouge en hydrure de méthyle (hydrogène protocarboné CH^4) et en carbone (C), et que ce dernier réduit une quantité équivalente d'acide carbonique en oxyde de carbone, il en résulte que l'acide carbonique soustrait au pouvoir éclairant la moitié de son volume en gaz élaïle. Si, par exemple, un gaz d'éclairage avec 6 pour 100 de gaz élaïle contient en même temps 6 pour 100 d'acide carbonique, le pouvoir éclairant de 3 pour 100 de gaz élaïle sera détruit par l'acide carbonique ; ce fait démontre combien il est important que la séparation de l'acide carbonique dans l'épurateur à chaux soit aussi complète que possible.

Nous ne possédons que peu de renseignements sur les rapports qui existent entre l'intensité lumineuse d'une flamme de gaz et la quantité des particules charbonneuses séparées dans la flamme ; on se rapprochera cependant assez de la vérité, si l'on admet que l'intensité lumineuse et la quantité du charbon séparé sont à peu près en raison directe, que par conséquent un gaz éclaire d'autant plus que la proportion du carbone libre dans la flamme est plus grande. Cependant il ne faut pas oublier que la température à laquelle les particules charbonneuses sont chauffées dans la flamme exerce également une grande influence sur le pouvoir éclairant ; plus la température de la flamme est élevée, plus, les circonstances étant d'ailleurs les mêmes, elle éclairera fortement. Les gaz et les vapeurs riches en hydrocarbures brûlent, comme on le sait, avec une flamme rougeâtre fuligineuse et peu chaude, parce que la température de celle-ci n'est pas suffisante pour porter au rouge blanc toutes les particules de charbon séparées. Si maintenant on augmente l'afflux de l'air (comme cela se fait dans les lampes à pétrole et à huile solaire au moyen d'un verre), on peut élever la température de la flamme de manière qu'il ne se sépare plus de noir de fumée et que le carbone mis en liberté, qui est alors chauffé au rouge blanc clair, augmente le pouvoir éclairant ; il est cependant plus que probable que, sous l'influence de cet accroissement du courant d'air, une partie du carbone brûle trop rapidement et devient par suite inactive. Si nous admettons que le pouvoir éclairant d'une flamme est proportionnel à la quantité du carbone séparé, et si nous comparons les hydrocarbures gazeux qui se trouvent dans le gaz d'éclairage purifié, principalement ceux qui correspondent à la formule $(\text{CH}^2)^n$ et qui au rouge se dédoublent en hydrure de méthyle et en carbone, nous avons :

1 vol. d'éthylène	C^2H^4	qui se dédouble en	1 vol. d'hydrure de méthyle	et	2 vol. de vapeur de charbon,
1 — de propylène	C^3H^6	—	1,5 — d'hydrure de méthyle	et	3 vol. de vapeur de charbon,
1 — de butylène	C^4H^8	—	1 — d'hydrure de méthyle	et	3 vol. de vapeur de charbon,

et nous pouvons admettre que les intensités lumineuses de ces trois gaz sont entre elles comme 2 : 3 : 4. Si l'on représente par 100 l'intensité lumineuse du gaz éthylène, on obtient pour les intensités lumineuses des gaz et des vapeurs contenus dans le gaz d'éclairage purifié les valeurs suivantes, la densité des vapeurs étant ramenée par le calcul à celle qu'elles auraient à 0°, si à cette température elles restaient dans cet état :

Éthylène	100	Butyle	550
Propylène.	150	Acétylène.	450
Butylène	200	Vapeur de benzine.	450
Propyle.	250	Vapeur de naphthaline.	800

Le tableau suivant indique la quantité de gaz éthylène que, pour obtenir une égale intensité lumineuse, on peut remplacer en imprégnant un gaz combustible (hydrogène ou hydrure de méthyle) avec des vapeurs d'hydrocarbures à 0° et à 15°. Une imprégnation avec de la vapeur

	A 0°	A 15°	
de propyle est équivalente à	11,5	25,7	volumes de gaz éthylène
de benzine — à	9,65	23,7	—
de naphthaline — à	0,116	0,016	—

Par conséquent, si, par exemple, 100 litres d'hydrogène à 0° ou à 15° sont saturés avec des vapeurs de benzine, le pouvoir éclairant du mélange est égal à celui qui serait produit par un mélange de 100 litres d'hydrogène avec 9,6 ou 23,5 litres de gaz éthylène.

Pour la saturation de 100 pieds cubes anglais (= 28 mètres cubes 5) d'hydrogène (ou d'hydrure de méthyle) avec des vapeurs d'hydrocarbures, il faut :

A 0°	A 15°	
500 gr.	1128 gr.	de vapeur de propyle,
17	58	— de butyle,
214,5	522	— de benzine,
0,32	0,32	— de naphthaline.

Si, par conséquent, on voulait, comme cela a lieu dans la carburation du gaz, transformer de l'hydrogène en gaz d'éclairage par saturation avec des vapeurs de benzine, on aurait besoin, pour 1000 pieds cubes du premier à 0°, de 2145 gram. de benzine, et à 15° de 5220 gram.

Méthodes d'essai du gaz d'éclairage. — Pour essayer le gaz d'éclairage au point de vue de sa qualité et pour déterminer sa valeur relative on emploie maintenant dans la pratique quatre méthodes ou appareils : 1° la méthode gazométrique ; 2° la détermination du poids spécifique du gaz ; 3° l'appareil d'*Erdmann* ; 4° l'essai photométrique.

1° L'exécution de la *méthode gazométrique* exige une connaissance exacte du nouveau procédé d'analyse des gaz imaginé par *R. Bunsen*. Pour le but que nous avons en vue, il nous suffit de savoir qu'un mélange d'*acide sulfurique* anhydre et d'*acide sulfurique* concentré ordinaire peut absorber les

hydrocarbures lourds du gaz d'éclairage. La séparation de ces corps s'effectue de la manière la plus complète, si l'on introduit dans un tube eudiométrique une quantité déterminée de gaz, et si ensuite on fait passer dans le tube une petite boule de coke fixée à un fil de platine et imbibée d'acide sulfurique, qui en quelques instants absorbe les hydrocarbures. Pour déterminer la richesse en carbone de ces combinaisons, dont la quantité se déduit de la diminution de volume éprouvée par le gaz, on combine le procédé par absorption avec deux analyses par combustion, et dans ce but le gaz à analyser est brûlé avec un excès d'oxygène (dans l'eudiomètre, à l'aide de l'étincelle électrique); la première combustion se fait avec le gaz à l'état naturel et la seconde avec le gaz préalablement dépouillé des hydrocarbures lourds, et l'on retranche la quantité de l'acide carbonique obtenu dans la deuxième combustion de celle qui s'est formée dans la première. On a souvent employé pour l'absorption le *chlore* et le *brome*, qui forment avec les hydrocarbures lourds des liquides oléagineux. D'après une méthode d'analyse du gaz d'éclairage, imaginée par *O. L. Erdmann* et décrite par *C. O. Grasse*, le gaz qui sort d'un gazomètre est, après avoir été préalablement dépouillé de l'acide carbonique qu'il peut contenir, brûlé par introduction d'oxygène dans la flamme; l'acide carbonique et l'eau ainsi formés sont recueillis et pesés.

2° L'évaluation de la valeur d'un gaz d'éclairage d'après son *poids spécifique* est une méthode d'essai que dans la pratique on emploie très-fréquemment et avec raison, parce que l'expérience apprend qu'en général le pouvoir éclairant est directement proportionnel au poids spécifique du gaz, bien qu'on ne doive pas conclure de ce fait que, si un gaz est léger, il est nécessairement mauvais. Le gaz d'éclairage se compose d'un mélange de gaz et de vapeurs de densités très-différentes; on y trouve les gaz suivants :

	DENSITÉS
Gaz éthylène.	0,976
Gaz des marais.	0,555
Hydrogène.	0,069
Oxyde de carbone.	0,967
Acide carbonique.	1,520

Le poids spécifique des vapeurs mélangées avec ces gaz offre de très-grandes variations, qui dépendent de la nature de la substance à l'état de vapeur, et cependant ce sont ces vapeurs, celle de la benzine notamment, qui avec le gaz éthylène communiquent au gaz d'éclairage son pouvoir éclairant. La méthode basée sur la détermination du poids spécifique ne peut par conséquent être employée pour l'essai des gaz d'éclairage que si l'on s'est préalablement assuré de l'analogie de composition des gaz à essayer et à comparer (qui est une conséquence de l'analogie de composition des charbons employés pour la préparation de ces gaz). *Schilling* a construit (en se basant sur les indications de *Bunsen*) un appareil dont on se sert maintenant pour la détermination du poids spécifique des gaz d'éclairage. Cet

appareil repose sur ce principe que les poids spécifiques de deux gaz différents, qui s'écoulent sous la même pression par des orifices étroits pratiqués dans une plaque mince, sont entre eux comme les carrés des vitesses d'écoulement des gaz¹.

3° L'appareil d'Erdmann (l'essayeur du gaz), introduit dans l'industrie du gaz en 1860 pour la détermination de la valeur du gaz d'éclairage, est très-simple à manier et il donne des résultats suffisamment exacts. Dans les cas ordinaires de l'essai d'un gaz d'éclairage (de houille), c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de comparer le pouvoir éclairant de différents gaz de houille ou d'un gaz considéré dans les différents moments de la fabrication, l'appareil d'Erdmann donne à lui seul l'expression de la valeur de ces gaz ; dans d'autres cas plus rares il est un excellent moyen de contrôle pour les résultats obtenus par voie photométrique. L'essayeur du gaz repose sur l'idée de déterminer la valeur d'un gaz d'éclairage, valeur qui dépend surtout de la quantité des hydrocarbures lourds que celui-ci renferme, en se basant sur la quantité de l'air atmosphérique qui doit être dirigé sur une flamme d'un volume déterminé, pour enlever à celle-ci tout son pouvoir éclairant (toute sa lumière blanche)².

4° L'essai photométrique d'après Bunsen, Wright et Desaga, ainsi que d'après Fr. Bothe (avec le photomètre tangentiel), qui est fréquemment employé pour la détermination de la valeur du gaz d'éclairage, se pratique de la même manière que pour les autres matières éclairantes³.

[C'est au moyen des appareils photométriques imaginés par Dumas et Regnault que le pouvoir éclairant du gaz fourni par les sept usines de la Compagnie parisienne est vérifié chaque soir dans onze bureaux ou chambres noires réparties sur divers points de la ville de Paris. Voici, d'après F. Leblanc⁴, comment on procède à l'aide de ces appareils.

D'après les traités de 1861 et 1870, la Compagnie doit livrer un gaz tel que, brûlé dans le bec réglementaire (bec d'Argand, système Bengel) sous la pression de 2 ou 3 millimètres d'eau, il n'exige que 25 ou 27 lit., 5 de gaz, au maximum, pour posséder un pouvoir éclairant équivalent à celui de la flamme d'une lampe Carcel de dimensions réglementaires et brûlant, pendant le même temps, 10 grammes d'huile de colza épurée (= 42 gram. d'huile à l'heure) ; au-dessus de cette limite de 27 litres 5, il y a déficit de pouvoir éclairant. Les deux flammes, celle du gaz et celle de la lampe, sont fixées dans une position convenable, à la même distance du photomètre, de telle sorte que, leurs pouvoirs éclairants étant maintenus égaux, en modifiant seulement la consommation du gaz, il n'y a en définitive que deux éléments à déterminer à la fin de l'expérience : le nombre de grammes d'huile brûlée et le nombre de litres de gaz consommés pendant ce même temps. Ces deux

¹ Voy. P. Bolley, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. française, traduite par L. Gautier, p. 764. Paris, 1877.

² Voy. P. Bolley, loc. cit., p. 756.

³ Voy. P. Bolley, loc. cit., p. 749.

⁴ Bulletin de la Société d'encouragement, avril, 1878, p. 208.

quantités représentent aussi des nombres équivalents eu égard au pouvoir éclairant des deux flammes.

On se sert pour l'expérience du photomètre de *Foucault* à plaques de verre amidonnées, auquel est ajouté un tube noirci, qui permet d'observer dans le sens de l'axe de l'instrument. Le gaz à essayer avant de se rendre au bec passe par un compteur indiquant la consommation dans un temps donné à $1/20$ de litre près. Entre le compteur d'une part et le bec de gaz et la lampe d'autre part se trouve une cloison, vers la partie inférieure de laquelle est enchâssé le photomètre. L'essayeur étant placé du côté du compteur a l'œil au photomètre pour conserver à la flamme du gaz un pouvoir éclairant égal à la flamme type de la lampe Carcel, et dans ce but il modifie la dépense du gaz à l'aide d'un robinet particulier dont est muni le compteur. L'axe de ce dernier porte deux aiguilles, l'une pouvant être rendue fixe ou mobile à volonté, l'autre étant constamment en mouvement lorsque le gaz passe dans le compteur; un système de levier que l'on pousse permet de faire partager, à un moment donné, à l'aiguille fixe, le mouvement de rotation de l'arbre du volant du compteur, et détermine simultanément le départ des aiguilles des minutes et des secondes d'un petit chronomètre fixé au-dessus du compteur à gaz. Une balance particulière construite par *Deleuil*, qui reçoit sur l'un de ses plateaux la lampe Carcel réglementaire et sur l'autre une tare, indique à un centigramme près, pour une charge de 5 kilogr. dans chaque plateau, le moment où la lampe a consommé une quantité déterminée d'huile dans un temps qui est accusé par le chronomètre.

Lorsque la lampe allumée a été équilibrée par sa tare placée dans le plateau opposé, une petite quantité d'huile venant à être brûlée, l'équilibre est rompu; un marteau automatique que porte l'aiguille de la balance tombe alors sur un timbre et indique que l'expérience doit immédiatement commencer. L'essayeur, placé devant le photomètre et le compteur, met aussitôt en mouvement, en poussant le levier, l'aiguille indicatrice du compteur à gaz et du même coup les aiguilles du chronomètre, lesquelles étaient à zéro. Il relève alors le marteau et place du côté de la lampe un poids de 10 grammes. Lorsque 10 grammes d'huile sont consommés, l'aiguille de la balance s'incline, le marteau tombe sur le timbre et avertit que l'expérience est terminée. L'essayeur tire alors en avant le levier et arrête simultanément le mouvement de l'aiguille du compteur à gaz et des aiguilles du chronomètre. Le chemin parcouru par l'aiguille du compteur indique en litres et fractions la consommation pendant le temps accusé par le chronomètre, ce qui permet aussi de reconnaître si la combustion de l'huile s'est effectuée dans les conditions réglementaires.

Le gaz fourni par la Compagnie parisienne doit être à l'épreuve de l'acétate de plomb, c'est-à-dire qu'il doit être exempt d'acide sulfhydrique ou de sulfure d'ammonium. Pour vérifier s'il en est ainsi, on fait arriver le gaz dans une cloche en verre par les trous circulaires d'un bec de *Bengel*, en le faisant écouler avec un débit de 100 litres à l'heure environ et sous une pression de quelques millimètres d'eau que l'on observe au moyen d'un manomètre. Le

gaz s'échappe hors de la chambre d'observation par un tube de caoutchouc adapté sur la douille dont la cloche est munie à sa partie supérieure. Une bande de papier d'acétate de plomb, suspendue à une pince dans l'atmosphère de la cloche, doit rester entièrement blanche pendant un quart d'heure de passage du gaz. On rend l'épreuve plus sensible en faisant plonger la cloche dans une couche d'eau, qui communique au gaz un certain degré d'humidité.]

Compteurs. — Depuis que l'on a cessé de faire payer le gaz aux consommateurs d'après le nombre de becs que ceux-ci emploient, on se base pour la détermination du prix du gaz consommé sur un procédé beaucoup plus convenable, qui consiste à mesurer le volume du gaz livré, et c'est dans ce but que l'on emploie généralement les *compteurs*, qui indiquent (en pieds cubes ou en mètres cubes) quelle est la quantité de gaz qui a été fournie à chaque consommateur.

Les compteurs peuvent être partagés en deux catégories, suivant que l'on opère *avec* ou *sans* eau. Les derniers, les *compteurs secs*, ressemblent, dans la plupart des formes proposées, à des soufflets de cuir ou à d'autres machines soufflantes cylindriques ou en forme de roues, et, bien que les dispositifs primitivement adoptés aient été abandonnés depuis longtemps, parce que leurs parois élastiques et leurs charnières perdaient facilement la mobilité qui leur était nécessaire, ils ont cependant été récemment (depuis 1867) remis en usage après avoir été perfectionnés, et en France ils sont maintenant assez employés. Les *compteurs humides* peuvent à leur tour être divisés en deux espèces : 1° Ceux dont l'appareil à mesurer se compose, comme dans le premier compteur construit par *S. Clegg* en 1815 et dans celui décrit par *Hensen* en 1861, de cloches qui s'élèvent et s'abaissent alternativement dans le sens vertical, tout comme les grands gazomètres, et dans lesquelles le liquide obturateur ne détermine pas en même temps, comme cela a lieu dans les compteurs de la deuxième espèce (2°), le volume à mesurer. 2° Les compteurs dont la pièce principale consiste en un tambour cylindrique muni de compartiments ou chambres et qui tourne autour d'un axe horizontal dans une grande boîte métallique (système avec tambour rotatif).

Le compteur humide avec tambour rotatif a été imaginé par *Clegg* en 1817 et ensuite beaucoup perfectionné par *Crosley*. Les figures 454, 455, 456 et 457, représentent un compteur de ce genre avec le dispositif qui maintenant est généralement employé. Cet appareil se compose d'une boîte cylindrique en fer-blanc ou en fonte, dans laquelle un tambour à quatre compartiments, fixé à un axe et plongé dans l'eau jusqu'au-dessus de la moitié de sa hauteur, se meut sous l'influence de la pression du gaz et de celle qui résulte des inégalités produites en même temps dans le niveau de l'eau des compartiments du tambour que le gaz remplit et abandonne alternativement, et pendant ce temps l'axe du tambour met en mouvement un appareil qui enregistre le nombre des tours effectués par le tambour et par suite le volume du gaz qui a traversé le compteur. La

figure 434 montre l'appareil tel qu'il s'offre après que l'on a enlevé la plaque qui ferme la partie antérieure destinée à recevoir le régulateur ; la figure 435 représente une vue d'un des côtés de l'appareil, la figure 436 une vue de l'autre côté, enfin la figure 437 donne une coupe horizontale

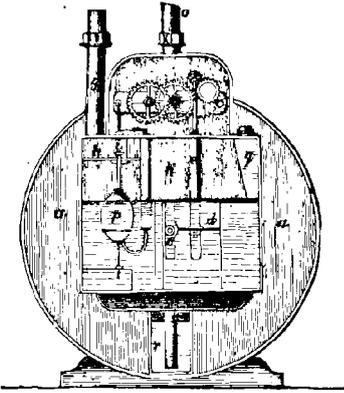


Fig. 454. — Compteur du gaz.

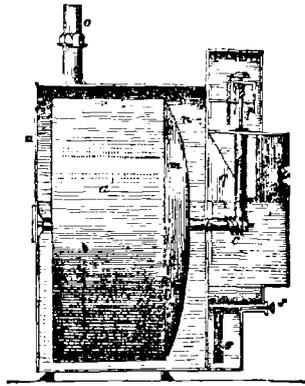


Fig. 455. — Compteur du gaz.

au-dessus de l'axe du tambour. *a* est la boîte, *a'* le tambour, *b* l'axe de celui-ci, sur lequel est fixée la vis sans fin *c*, qui s'engrène dans la roue *d* et qui transmet le nombre des rotations du tambour au mouvement d'horlogerie *f*, par l'intermédiaire de l'arbre *e*. Par *g*, le gaz entre dans la boîte *h*, il pénètre dans l'espace *k* par la soupape *i*, par le tube recourbé *l* il se rend

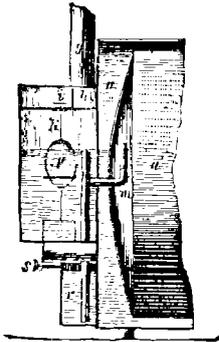


Fig. 456. — Compteur du gaz.

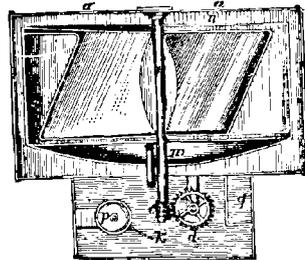


Fig. 457. — Compteur du gaz.

dans la partie antérieure *m* du tambour et de là dans chacun des compartiments de celui-ci. De ces derniers le gaz pénètre dans l'espace *n* où il se rassemble et par le tube *o* il se rend dans les tuyaux de distribution. *i* est une soupape à flotteur, *p* le flotteur, *q* le tube pour l'introduction de l'eau, *r* la boîte pour l'eau en excès et *s* le bouchon à vis pour faire écouler celle-ci. Si maintenant le robinet principal d'un tuyau de distribution est ouvert, le gaz pénètre dans le compteur ; si le robinet du brûleur est fermé,

le tambour demeure immobile, mais, dès que le gaz est brûlé, le tambour tourne et le mouvement d'horlogerie enregistre le volume de gaz qui a traversé le compteur. Le mouvement d'horlogerie est disposé de telle sorte que l'une des roues enregistre les unités, la seconde les dizaines, la troisième les centaines, etc., et que par suite les chiffres indiqués par les index sur les cadrans correspondant aux roues (et qui représentent des pieds cubes ou des mètres cubes) doivent être énoncés en commençant par celui qui occupe le rang le plus élevé, pour qu'ils expriment la quantité totale du gaz qui a traversé le compteur. Si, par exemple, les index marquent 1, 4, 5, 2, cela indique que 1452 mètres cubes ont passé par l'appareil. Les dispositions proposées dans ces derniers temps pour obtenir que l'eau reste constamment au même niveau dans les compteurs sont toutes plus ou moins inutiles dès que l'on emploie pour remplir l'appareil un liquide autre que l'eau, tel que la *glycérine*, qui a en outre l'avantage d'empêcher les compteurs de geler. Pour l'installation de ces appareils il est très-important de choisir un lieu dans lequel l'eau qui les remplit ne soit pas exposée à geler. Les compteurs ont des dimensions qui varient avec le nombre des becs qu'ils doivent alimenter. Pour les petits compteurs, qui sont destinés à distribuer le gaz à trois becs, le diamètre du tambour s'élève à 27 centimètres, pour ceux qui doivent alimenter 10 becs il est de 45 centimètres et pour les appareils qui fournissent le gaz à 20 becs il est égal à 50 centimètres.

Régulateur de consommation. — Derrière le compteur est placé un

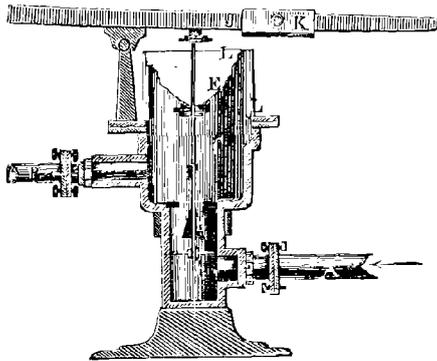


Fig. 438. — Régulateur de consommation.

régulateur, appelé *régulateur de consommation*, pour le distinguer de celui de la fabrique; il est destiné à corriger le défaut d'uniformité de la pression du gaz dans les conduites principales et à maintenir le gaz dans tout l'édifice à la même pression. On distingue les *régulateurs à cloches* et les *régulateurs à membrane*. Les premiers sont basés sur l'emploi d'une cloche métallique, qui s'élève lorsque la pression augmente (voy. p. 746) et s'abaisse lorsque la pression diminue, et une soupape conique dont la cloche est munie se ferme ou s'ouvre entièrement ou partiellement. Dans les régulateurs à membrane (imaginés par *S. Elster*, de Berlin), le gaz pénètre par A (fig. 438) et

sort par B ; l'espace C constitue un réservoir dans lequel le gaz entre par la partie inférieure ; il est muni d'une sorte de couvercle mobile, qui est formé par une membrane dense et très-souple conservant pendant longtemps son élasticité. Dans le milieu de cette membrane est fixée la tige F, qui, au moyen du cône H, ouvre ou ferme l'orifice du tube G, suivant le degré de tension de la membrane, tension que l'expérimentateur peut faire varier à volonté en déplaçant le poids K, mobile sur le levier J s'appuyant sur la tige F. Au-dessus de la partie sensible de l'appareil, la membrane E est protégée par un couvercle L. Le gaz qui pénètre par A est, par conséquent, forcé de se dégager par B sous forme d'un courant modéré et sous une pression convenable.

Brûleurs ou becs. — Les *brûleurs* ou *becs*, desquels s'échappe le gaz pour former la flamme, sont en fer (autrefois aussi en laiton), en porcelaine ou en stéatite. Ces derniers portent le nom de *becs de lave*. Les brûleurs en porcelaine et en stéatite n'ont pas l'inconvénient de s'obstruer par suite de l'oxydation des bords des orifices d'écoulement du gaz, ce qui se produit facilement avec les becs métalliques. La forme des brûleurs, leur calibre et le diamètre des orifices d'écoulement, doivent être déterminés par la qualité du gaz.

Suivant la forme de la flamme, on distingue les *becs à jet* et les *becs plats*. Dans les becs à jet, le gaz s'échappe d'un (ou de trois) petit orifice percé perpendiculairement et il forme un jet de flamme à section circulaire. Cette forme de flamme est la plus désavantageuse au point de vue du pouvoir éclairant du gaz, parce qu'une grande partie des particules de charbon séparées à l'intérieur de la flamme n'est pas portée au rouge par suite du manque d'oxygène. Dans les becs plats, la forme aplatie de la flamme est produite par une fente (becs à fente) ou par deux trous pratiqués dans la plaque supérieure du brûleur et inclinés l'un sur l'autre sous un certain angle (bec à deux trous ou becs Manchester).

Les types de brûleurs les plus importants sont les suivants : 1° Le *bec à un trou* consiste en un court cylindre creux, qui est fermé supérieurement par une plaque munie d'un orifice étroit ; l'extrémité inférieure est terminée en forme de cône ou bien elle porte un filet de vis. 2° Le *bec à trois trous* a la même disposition que le précédent, mais sa plaque supérieure est percée de trois ouvertures, qui forment un triangle équilatéral ou bien qui sont placées sur la même ligne. 3° Le *bec à fente*, qui est terminé par une petite sphère creuse munie d'une fente longitudinale pratiquée avec un trait de scie ; sa flamme est plate, plus large que haute, et il est très-employé pour l'éclairage des rues ; à cause de la forme de la flamme on nomme aussi ce bec *bec en ailes de chauve-souris* ou *bec papillon* ; si deux becs à fente sont inclinés sur l'un ou l'autre, de manière que les deux flammes se pénètrent et n'en forment qu'une seule, on a le *bec géminé*, qui donne plus de lumière que les deux becs séparés. 4° Le *bec Manchester* (bec à deux trous, bec en queue de poisson) a, au lieu de la fente du bec chauve-souris, deux trous qui sont inclinés l'un sur l'autre sous un angle de 90°, de sorte

que les deux courants de gaz qui s'échappent de ces orifices s'aplatissent mutuellement et se réunissent en donnant lieu à une flamme plate, dont la surface n'est pas dans le plan des deux trous, mais perpendiculaire à ce plan. Le *bec en éperon*, qui maintenant n'est plus usité, se termine par une sphère à 3 ou 5 ouvertures, qui sont assez éloignées les unes des autres pour former 3 ou 5 jets séparés. 5° Dans les *becs d'Argand, de Bengel et de Monnier*, qui conviennent surtout pour l'éclairage des appartements, la flamme est formée d'une série de petits jets disposés circulairement et dont chacun s'échappe d'un orifice particulier. Le brûleur est une couronne creuse dont la surface supérieure est munie de petits trous. 6° Le *bec de Dumas* ressemble au bec d'Argand, seulement la flamme est produite par un courant gazeux qui sort d'une fente circulaire.

Produits secondaires de la fabrication du gaz de houille. — Les *produits secondaires de la fabrication du gaz de houille*, dont le traitement et la vente viennent puissamment en aide à l'exploitation de l'industrie du gaz, sont : 1° le coke ; 2° l'eau ammoniacale ; 3° le goudron ; 4° la chaux épuisée ; 5° le soufre du mélange de *Laming*. En outre, dans quelques localités on prépare du bleu de Berlin avec le cyanure de calcium du mélange de *Laming* (voyez t. I, p. 77) et on sépare la benzine du gaz (voyez p. 567).

1° *Coke* (coke de gaz). Dans le chapitre qui traite des combustibles, les usages de ce produit seront décrits avec tous les développements nécessaires. Nous dirons seulement ici que les cokes obtenus par distillation de la houille sont plus légers et plus spongieux que ceux que l'on prépare dans les fours à coke, et c'est pour cela qu'ils sont très-recherchés pour le chauffage des appartements. Le carbone qui se dépose sur la paroi interne des cornues (*charbon de cornue*) est enlevé de temps en temps et employé dans la confection des piles à charbon.

2° *L'eau ammoniacale* ou *l'eau de condensation* consiste essentiellement en une solution aqueuse de carbonate d'ammonium [$2(\text{AzH}^+)^2\text{CO}^2 + \text{CO}^2$]. Dans le barillet, il se condense à peu près les deux tiers de la totalité de l'eau ammoniacale. A cause de la haute température qui règne dans cet appareil, l'eau qui s'y condense ne contient que très-peu d'ammoniaque (dans un cas spécial, *A. Wagner* n'en a trouvé que 0,19 pour 100); la majeure partie de l'ammoniaque se condense, en même temps que le reste des vapeurs aqueuses, dans le condensateur (dont le liquide contient, d'après *A. Wagner*, 0,52 à 2 pour 100 d'ammoniaque) et dans le laveur (2,45 pour 100 d'ammoniaque). La quantité de l'ammoniaque n'est pas constante, elle dépend du degré d'humidité des charbons employés pour la préparation du gaz, de leur teneur en azote et de la température à laquelle la distillation a été effectuée. Plus la richesse du charbon en eau est considérable, moins est grande la teneur de l'eau du gaz en sel ammoniacal, et plus est grande la proportion de l'azote de la houille, plus aussi est considérable (en général) la quantité des sels ammoniacaux qui se forment pendant la distillation. La température à laquelle s'effectue la distillation et la durée de celle-ci ont également de l'influence sur la quantité des sels ammoniacaux

produits : plus la température est élevée et plus son action se prolonge, plus est grande la proportion de l'ammoniaque formée aux dépens de l'azote du charbon, qui se dégage aussi partie sous forme d'aniline, de lépidine, de chinoline, etc., partie sous forme de cyanogène. Le charbon, tel qu'il est employé (avec environ 5 pour 100 d'eau hygroscopique) dans les fabriques de gaz, renferme 0,75 pour 100 d'azote ; 100 kilogrammes d'un charbon de ce genre ne peuvent donc fournir dans les cas les plus favorables que 910 grammes d'ammoniaque (AzH^3). On a trouvé que 1 mètre cube d'eau de condensation donne en moyenne au moins 50 kilogrammes de sulfate d'ammonium sec ($[\text{AzH}^4]^2\text{SO}^4$), de sorte que 20 hectolitres d'eau du gaz sont suffisants pour la préparation de 100 kilogrammes de ce sel¹. En présence de la teneur en ammoniaque si différente de l'eau du gaz du barillet, du condenseur et du laveur, il n'est pas avantageux de traiter pour ammoniaque l'eau du réservoir commun ; mais il serait plus rationnel (d'après *A. Wagner*) de recueillir dans des réservoirs particuliers, d'une part l'eau riche en ammoniaque du condenseur et du laveur, et d'autre part l'eau du barillet, et de traiter seul le premier liquide. Dans le goudron épaissi du barillet, on trouve souvent du sel ammoniac en telle quantité (*R. Gasch*, 1875), que sa séparation est avantageuse.

5° Le *goudron de houille* qui, il y a 20 ans, était encore une source d'incommodités pour les fabriques de gaz et les habitations voisines, a acquis depuis 1858 une importance considérable, en tant qu'il est devenu le point de départ d'une nouvelle et puissante industrie, l'industrie du goudron. Le goudron², liquide épais et noir d'un poids spécifique de 1,2, est, comme on l'a déjà dit page 559, un mélange d'hydrocarbures liquides (benzine, toluène, propyle), d'hydrocarbures solides (naphtaline et anthracène), d'acides (acides phénique, crésylique et phlorylique) et de bases (aniline, chinoline, lépidine, etc.) ; on y trouve en outre des résines non volatiles et du charbon qui constituent les éléments du brai. La quantité et surtout la qualité du goudron de houille dépendent non-seulement de la nature du charbon, mais encore de la manière dont le chauffage est effectué et de l'intensité de celui-ci. La quantité du goudron est d'autant plus grande que l'on chauffe plus uniformément et que la température employée est plus basse. A cause de l'acide carbolique (acide phénique) qu'il renferme, le goudron est un puissant antiseptique. On l'emploie pour enduire le fer et d'autres métaux, les murs et le bois. On consomme des quantités considérables de goudron pour la préparation du carton goudronné (carton pour toiture). Nous ne mentionnerons ici qu'incidemment l'emploi du goudron pour la fabrication

¹ Une tonne de charbon de Newcastle donne environ 45 litres d'eau de condensation, dont chaque litre fournit de 74 à 81 gr. de sulfate d'ammonium.

² Les charbons anglais donnent de 4 à 4,5 pour 100 de goudron, les charbons de Silésie de 5 à 6 pour 100. Sur 100 parties de goudron, on en trouve, si l'on se sert de charbon anglais :

62,6	pour 100	dans le barillet,
11,8	—	dans le condenseur,
25,6	—	dans le laveur.

des briquettes (briques de menu de coke ou de charbon et de goudron), pour la coloration des poteries de grès, pour la conservation des pierres à bâtir, etc. Il y a peu d'années on cherchait encore à transformer en gaz (gaz de goudron), mais sans obtenir de grands avantages, le goudron, qui dans la préparation du gaz se forme pour ainsi dire contre la volonté des fabricants. Lorsqu'il s'agit de traiter le goudron en vue d'en isoler les différents éléments, on procède comme il a été dit page 560 (*Distillation du goudron*).

4° La *chaux épurée* (chaux du gaz) est employée, à cause du sulfhydrate de calcium qu'elle renferme, dans le tannage des peaux, pour le pelanage de celles-ci, et comme elle contient du cyanure et du sulfo-cyanure de calcium, on s'en sert aussi pour la préparation du bleu de Prusse et des composés sulfocyaniques.

5° Le soufre contenu dans le mélange de *Laming* est employé dans beaucoup d'endroits (ainsi qu'on l'a déjà dit, page 738) pour la préparation de l'acide sulfurique qui, par conséquent, doit aussi être mis au nombre des produits secondaires de la fabrication moderne du gaz. Il serait peut-être plus avantageux d'extraire le soufre libre de la masse avec de la vapeur d'eau à 150°. Le traitement de la masse avec l'huile de goudron, qui dissout le soufre libre, a été aussi employé avec succès pour la séparation du soufre du mélange de *Laming*. *E. Seybel*, de Liesing, près Vienne, *Phipson*, *Gauthier-Bouchard* et *P. Spence* ont tenté d'utiliser pour la fabrication du bleu de Prusse le cyanogène contenu dans le mélange de *Laming*.

Composition du gaz de houille. — Comme exemples de la *composition du gaz de houille épuré*, nous citerons les analyses suivantes; 100 parties en volume contiennent :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Hydrogène	44,00	44,37	39,80	51,29	50,08	46,0	27,7
Gaz des marais	38,40	38,30	45,12	56,45	55,92	59,5	50,0
Oxyde de carbone	5,75	5,56	4,66	4,45	5,02	7,5	6,8
Éthylène	4,13	5,00	4,75	4,91	5,53	3,8	13,0
Propylène	3,14	4,34					
Azote	4,23	5,45	4,65	1,41	1,89	0,5	0,4
Oxygène	—	—	—	0,41	0,54	—	—
Acide carbonique	0,37	—	3,02	1,08	1,21	0,7	0,1
Vapeur d'eau	—	—	—	—	—	2,0	2,0

I et II. Gaz de houille d'Heidelberg; III. Gaz de houille de Bonn, analysé par *H. Landolt*; IV et V. Gaz de houille de Chemnitz, analysé par *Wunder*; VI. Gaz de houille de Londres (1867); VII. Gaz de houille de cannel-coal, de Londres (1867).

[**Gaz portatif.** — Afin d'éviter les frais considérables qu'exige l'établissement des canaux de distribution du gaz, on a eu l'idée, il y a déjà plusieurs années, de comprimer le gaz dans des réservoirs particuliers et de le transporter ainsi réduit à un petit volume chez les consommateurs. Le gaz que l'on emploie dans ce but n'est pas retiré de la houille, mais d'un schiste bitumineux désigné sous le nom de *boghead* et très-abondant en Écosse, près

de Glasgow¹ ; cette matière fournit par distillation un gaz riche, d'un pouvoir éclairant beaucoup supérieur à celui de la houille ordinaire. *D'Hurecourt* et *Hugon* ont beaucoup contribué dans ces dernières années au perfectionnement de l'industrie du gaz portatif (*gaz comprimé, gaz de boghead*), qui, établie d'abord à Paris, s'est ensuite propagée dans plusieurs autres villes de France et de l'étranger (Bordeaux, Orléans, Bruxelles, Namur, Barcelone, Gènes, Venise, Moscou).

Le boghead est distillé dans des cornues dont la forme se rapproche beaucoup de celles que l'on emploie pour la fabrication du gaz de houille. En sortant du barillet, le gaz se rend dans les condenseurs, où il dépose environ 600 grammes d'huile par mètre cube ; il est ensuite amené dans des épurateurs contenant de la chaux et de là dans un gazomètre. Aussitôt arrivé dans ce dernier, le gaz est repris par une pompe et refoulé sous une pression de 12 atmosphères dans des récipients cylindriques en tôle forte, qui servent à le transporter à domicile ; de ces cylindres il est versé chez les consommateurs, au moyen d'un tube flexible, dans de petits gazomètres à cloche, où il ne se trouve plus qu'avec une pression de 4 atmosphères. La distribution du gaz aux différents becs qu'il est destiné à alimenter a lieu sous une faible pression (12 à 20 millimètres d'eau) par l'intermédiaire d'un régulateur. On obtient avec 100 kilogrammes de boghead environ 55 mètres cubes de gaz.

Les produits secondaires de la fabrication du gaz portatif sont des hydrocarbures liquides et de la paraffine, et il reste dans les cornues une argile charbonneuse (*coke de boghead*)² qui peut être employée pour la fabrication des briques ou, suivant *Morile*, pour désinfecter les fosses d'aisances, les abattoirs, les huiles infectes et tous les corps qui émettent des gaz insalubres ; réduit en poudre, le coke de boghead serait employé pour fabriquer le noir animal et le noir de fumée pour encre d'imprimeur. Quant aux hydrocarbures liquides, on les raffine et on les soumet à des distillations fractionnées, dont on livre les produits au commerce ; voyez plus loin : *Industrie de la paraffine et des huiles minérales*].

[**Fabrication du gaz à domicile.** — Dans les maisons, les stations de chemins de fer, les usines, etc., qui sont situées loin des villes possédant des fabriques de gaz, la préparation du gaz d'éclairage peut être effectuée

¹ [D'après *Payen*, la quantité de boghead extraite annuellement en Écosse s'élève actuellement à 25 millions de kilogrammes, dont 16 millions sont consommés en France par les fabricants d'huiles de boghead (9 millions), par l'usine à gaz portatif de Paris (5 millions) et par les usines à gaz ordinaire (4 millions).]

² [D'après *Payen*, le coke de boghead contient 0,715 de substances minérales qui donnent à l'analyse, après incinération :

Silice.	59,25	p. 100
Alumine.	39,98	—
Chaux et magnésie.	0,11	—
Potasse.	0,10	—
Oxyde de fer.	0,56	—

et 0,287 de charbon.]

simplement et économiquement avec le boghead, au moyen de l'appareil construit par *F. Verdier*, de Cour-Cheverny (Loir-et-Cher). Cet appareil

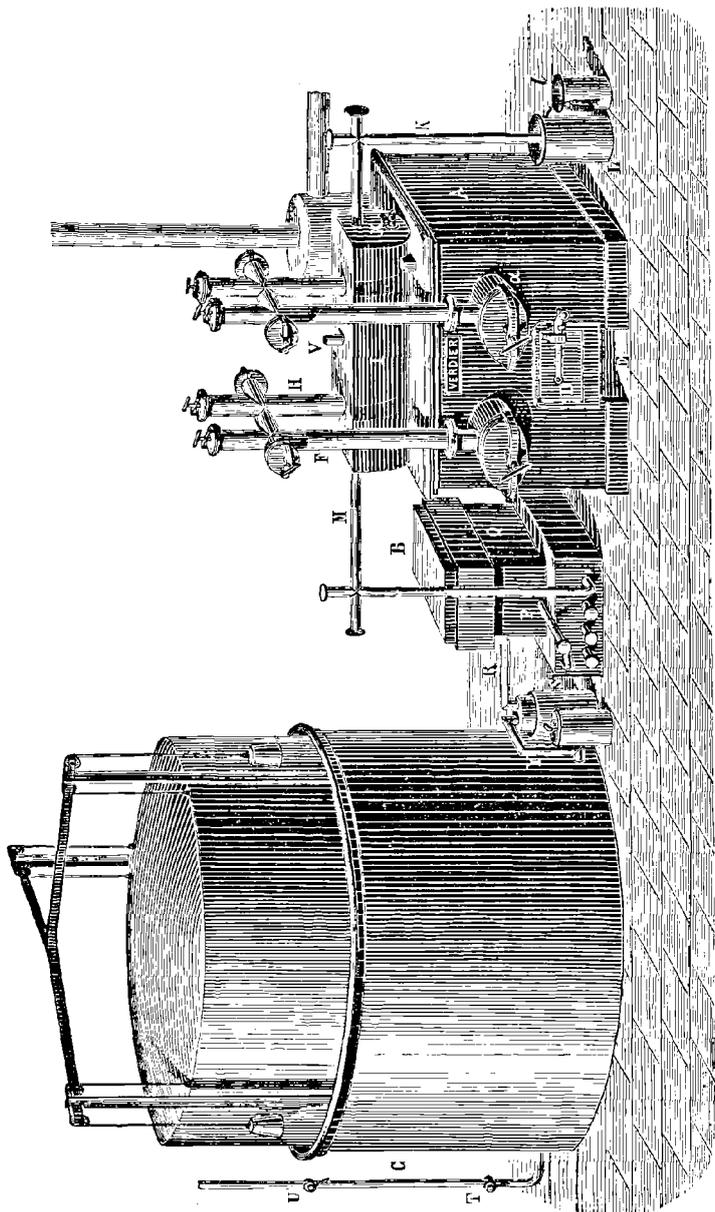


Fig. 439. — Appareil de *F. Verdier* pour la fabrication du gaz à domicile.

(fig. 439), qui est une réduction et une simplification d'une usine à gaz, se compose d'un fourneau A à deux cornues α , d'un barillet I, d'un épurateur B,

au-dessous duquel se trouve un condenseur, et d'un petit gazomètre C; X est le robinet de vidange du barillet, D la porte du foyer et E le cendrier. Pour mettre l'appareil en activité, on remplit d'abord d'eau le barillet I par le tube V, jusqu'à ce que le liquide coule par le tuyau K dans le réservoir L, et qu'il déborde par le trop-plein l; on verse également de l'eau dans le condenseur jusqu'au niveau indiqué par son trop-plein, puis dans le vase S et dans la cuve de gazomètre; enfin, on met du coke en petits morceaux dans le petit compartiment Q de l'épurateur, et de la chaux éteinte en poudre sur des claies disposées à cet effet dans le grand compartiment B. Le robinet T étant fermé, on allume le feu dans le foyer D, et l'on a soin de le mener assez rapidement pour que, en trente ou quarante minutes, les cornues, provisoirement fermées avec des portes en tôle légère, soient portées au rouge presque cerise; on introduit alors vivement dans les cornues les charges de boghead contenues dans des cartouches ou tubes en papier fort, que l'on pousse jusqu'au fond; cela fait, on place les portes en fonte après les avoir garnies avec un mélange de chaux et d'argile, et on les assujettit au moyen d'étriers à vis. Le gaz se produit immédiatement; des cornues il passe dans les tuyaux F et H, traverse l'eau du barillet, accompagné de vapeurs de goudron et d'eau ammoniacale, qui s'y dissolvent en partie et se condensent en liquides; ceux-ci s'écoulent par le tuyau K dans le réservoir L et débordent par l dans un petit vase, que l'on enlève au fur et à mesure qu'il se remplit. Le gaz s'échappe du barillet par le tuyau M, s'engage dans les tubes du condenseur, où les dernières vapeurs se liquéfient. En sortant du condenseur, le gaz passe par le tube P dans l'épurateur, où il traverse le coke en abandonnant ses dernières traces de goudron, puis la chaux qui le dépouille de l'acide carbonique et de l'hydrogène sulfuré; le gaz ainsi épuré se dirige alors par R, S et Y dans le gazomètre, d'où il sort par le tuyau à robinet TU.]

[**Statistique de l'industrie du gaz de houille.** — L'emploi du gaz de houille se répand de plus en plus. En 1873, il n'y avait en France que trois départements sans usines à gaz, le Haut-Rhin (Belfort), la Lozère et les Hautes-Pyrénées. Dans cette même année, la production des 478 usines disséminées sur le territoire français s'élevait à 315,815,540 mètres cubes de gaz. La distillation de la houille employée pour la fabrication de cette immense quantité de gaz a fourni 653,771,000 kilogrammes de coke et 60,085,400 kilogrammes de goudron, sans compter les eaux ammoniacales et autres résidus. La valeur totale de ces produits s'est élevée à 115,284,166 francs, dans lesquels le gaz seul entre pour 88,281,541 francs.

Le département de la Seine produit à lui seul 156,634,252 mètres cubes de gaz, c'est-à-dire près de la moitié de la consommation totale de la France; après le département de la Seine, ceux qui fabriquent le plus de gaz sont le Nord (25,732,000 mètr. cub.), le Rhône (14,799,000 mètr. cub.), la Seine-Inférieure (11,440,000 mètr. cub.) et les Bouches-du-Rhône (10,535,000 mètr. cub.).

La fabrication du gaz d'éclairage a pris à Londres, dans ces dernières années, un accroissement considérable. D'après *J. Field*, les six grandes

compagnies qui alimentent cette ville ont soumis à la distillation, en 1876, dans dix-neuf usines, 1,575,507,845 kilogrammes de houille, et il a été consommé dans cette même année 404,781,600 mètres cubes de gaz, représentant une valeur d'environ 67,459,545 francs; la vente des produits secondaires (coke, eaux ammoniacales, goudron, etc.) a fourni une somme de 20,516,000 francs, de sorte que la fabrication du gaz a produit, au total, 87,976,125 francs, dont les deux tiers environ appartiennent à la *Chartered Company*, qui à elle seule distille chaque jour pour plus de 50,000 francs de houille.]

B. GAZ AU BOIS.

Historique et généralités. — Comme on l'a dit page 721, l'ingénieur français *Ph. Lebon d'Humbersin* s'est occupé, dès 1796, de préparer du gaz d'éclairage avec le bois, à l'aide de sa thermolampe. Mais cet appareil, qui répandait à la fois de la lumière et de la chaleur, fut bientôt abandonné, parce que le pouvoir éclairant du gaz ainsi produit était faible et ne pouvait pas lutter avec le gaz de houille, qui apparut peu de temps après. On ne connaît pas un seul exemple de l'emploi du gaz au bois de *Lebon* pour l'éclairage régulier. *J. Dumas* dit avec raison que la thermolampe ne pouvait pas réussir, soit à cause de son maniement difficile, soit à cause du peu d'intensité de la lumière qu'elle produisait. Les gaz qui s'y formaient ne consistaient qu'en hydrogène protocarboné et en oxyde de carbone qui, comme on le sait, ne possèdent qu'un faible pouvoir éclairant. En 1849, *M. v. Pettenkofer*, de Munich, eut l'occasion de reprendre les expériences relatives à la fabrication du gaz au bois. Il trouva que l'opinion de *Dumas* était tout à fait exacte, et notamment qu'à la température de la carbonisation du bois il ne se produit que des gaz qui ne peuvent être d'aucune utilité pour l'éclairage, parce que, outre l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, il ne se forme que du gaz des marais, mais pas d'hydrocarbures lourds. Mais, si lors de la carbonisation du bois on élève la température des vapeurs qui prennent naissance, il se produit une plus grande quantité de gaz, et il s'effectue des décompositions accompagnées de la formation d'hydrocarbures lourds, de telle sorte que le gaz au bois est plus riche en ces corps que le gaz de houille.

On aurait dû réussir depuis déjà longtemps à préparer un gaz éclairant avec le bois, puisque les vapeurs de celui-ci se forment à une température très-basse, à 150°. A cette température, il ne se dégage de la houille ni gaz ni vapeurs. Pour bien comprendre le mode de formation du gaz de bois, il faut d'abord établir une distinction entre la température à laquelle le bois est décomposé en charbon et en vapeurs, — la *température de carbonisation*, — et celle à laquelle les vapeurs produites sont transformées en *gaz d'éclairage permanent*. Avec la houille (la résine et l'huile), on obtient, dans les cornues ordinaires des usines à gaz, un gaz d'éclairage que l'on peut immédiatement employer, parce que les vapeurs possèdent, lors de leur

formation, une température beaucoup plus élevée que celles qui se dégagent du bois : aussi n'ont-elles besoin que d'être très-peu chauffées pour être transformées en gaz d'éclairage, ou, en d'autres termes, cette différence tient à ce que, pour la houille, les températures de *carbonisation* et de *formation du gaz d'éclairage* sont beaucoup plus rapprochées l'une de l'autre que pour le bois. Pour cette raison, les appareils qui conviennent pour la préparation du gaz avec la houille ne peuvent pas servir pour la fabrication du gaz au bois. Parmi les corps riches en carbone et en hydrogène qui préexistent dans le goudron de bois, il y en a qui peuvent être distillés (leur point d'ébullition variant de 200 à 250°) sans éprouver de décomposition chimique à une température beaucoup plus élevée que celle à laquelle ils se forment aux dépens du bois. C'est à eux principalement qu'est dû le pouvoir éclairant, et ils doivent être décomposés à une température encore plus élevée en gaz permanents, riches en carbone. Pour préparer le gaz au bois, il faut une capacité dans laquelle s'effectue la décomposition du bois, c'est-à-dire une cornue de la forme des cornues à gaz ordinaires, et à côté de cette capacité, ou de cette cornue, une deuxième capacité, le *générateur*, pour la transformation des vapeurs produites en premier lieu en gaz d'éclairage. Autrefois on entourait la cornue, dans laquelle le bois était carbonisé, avec des tubes maintenus au rouge, dans lesquels les vapeurs devaient circuler pour être converties en gaz d'éclairage; mais maintenant on a généralement abandonné ces cornues compliquées, et on se sert de cornues plus simples, mais plus grandes. Ces cornues sont très-spacieuses relativement à une charge de bois (= 60 kilogr.), elles pourraient contenir facilement une quantité de bois trois fois plus grande.

Il n'y a pas de grandes différences relativement à la quantité et à la qualité du gaz fourni par les différentes espèces de bois. Les différences dans la quantité sont mises en évidence par les recherches de *W. Reissig*, qui a employé pour préparer du gaz au bois le bois de peuplier (1), le bois de tilleul (2), le bois de mélèze (3), le bois de saule (4), le bois de sapin (5) et le bois de pin (6) :

	MÈTRES CUBES	KILOGR.
50 kilogr. (1) ont donné	17,72 de gaz purifié et	9,90 de charbon.
50 — (2) —	18,6 à 20,2 —	9 à 11 —
50 — (3) —	16,50 —	12,50 —
50 — (4) —	19,80 —	9,00 —
50 — (5) —	19,44 —	9,00 —
50 — (6) —	16,92 —	9,20 —

Composition du gaz au bois. — Le gaz non épuré contient de grandes quantités d'acide carbonique, comme le montre l'analyse faite par *v. Pettenkofer* sur le gaz préparé avec du bois de sapin dépouillé, autant que possible, de résine :

Hydrocarbures lourds.	6,91
Gaz des marais.	11,06
Hydrogène.	15,07
Acide carbonique.	25,72
Oxyde de carbone.	40,59

Dans un volume d'hydrocarbures lourds, il y avait 2,28 de vapeur de carbone. L'acide carbonique est éliminé avec soin du gaz brut au moyen de l'hydrate de chaux. Le gaz au bois épuré a, d'après les recherches de *Reissig*, la composition suivante :

	(1)	(2)	(3)	(4)
Hydrocarbures lourds.	7,24	7,86	9,00	7,34
Hydrogène.	31,84	48,67	29,75	29,60
Gaz des marais.	35,50	21,47	20,96	24,02
Oxyde de carbone.	25,62	22,30	40,28	39,04
	100,00	100,00	100,00	100,00

Fabrication du gaz au bois. — Relativement à la marche à suivre pour la fabrication du gaz, nous nous contenterons de donner les indications suivantes. Le bois qui doit être employé pour la distillation, bois de pin ou de sapin, est apporté dans une chambre qui se trouve derrière le four à cornues, et qui est chauffée au moyen de la fumée amenée du four dans un canal placé au-dessous de la sole de la chambre; le bois reste dans cette étuve pendant 24 heures. La cornue est chargée avec 50 ou 60 kilogr. de bois et fermée comme à l'ordinaire. En 1 heure 1/2 la distillation est terminée, et après l'élimination de l'acide carbonique par la chaux on obtient au moins 16 mètres cubes de gaz éclairant. Dans la plupart des localités où le gaz au bois est préparé, on préfère depuis quelque temps distiller avec le bois une certaine quantité de boghead écossais ou de charbon feuilleté de Bohême.

Brûleurs pour le gaz au bois. — Le diamètre des orifices des becs destinés à brûler le gaz au bois doit être pris en grande considération, parce que le poids spécifique de ce gaz n'est pas généralement inférieur à 0,70, tandis que le plus souvent celui du gaz de houille n'atteint pas 0,50. La densité des gaz exerce une grande influence sur la forme et le développement des flammes qu'ils produisent. Plus un gaz est léger, plus il s'écoule et se répand facilement dans l'air; plus il est lourd, plus son écoulement et son ascension dans l'air s'effectuent lentement. Un gaz léger ne pourra pas en s'écoulant écarter et déplacer l'air ambiant, tandis qu'un gaz lourd pénétrera plus aisément l'air atmosphérique qui l'environne et s'y mélangera en plus grande proportion. Afin que ce mélange n'atteigne pas un degré nuisible pour le pouvoir éclairant, l'orifice des brûleurs à gaz au bois doit être beaucoup plus *large* que celui des becs à gaz de houille. Le gaz au bois brûlé sous une pression un peu forte dans des becs à gaz de houille, qui sont calculés pour une consommation de 70 à 100 litres à l'heure, donne en général une flamme à peine éclairante, tandis que le même gaz brûlé dans des becs munis de larges orifices développe un pouvoir éclairant qui dépasse celui du gaz de houille ordinaire. D'après les expériences exécutées en 1855 par *v. Liebig* et *Steinheil* (la quantité des gaz consommés par heure étant égale à 126 litres),

Le gaz de houille = 10,84 bougies de cire normales.
Le gaz au bois = 12,92 —

Par conséquent le rapport du pouvoir éclairant du gaz au bois et du gaz de houille est en moyenne = 6 : 5.

Les avantages de la préparation du gaz au bois sont évidents. La carbonisation du bois se trouve réunie à la fabrication d'une matière éclairante, et le gaz au bois remplit entièrement la condition du bon marché, parce qu'il prend naissance avec un produit ayant de la valeur et facile à utiliser — le charbon de bois. Le bois fournit à poids égal beaucoup plus de gaz que la houille, et cela dans un temps beaucoup plus court, et l'intensité du pouvoir éclairant est en faveur du gaz au bois. En outre, ce dernier a le grand avantage d'être complètement exempt d'ammoniaque et de combinaisons sulfurées, de sorte que, lorsqu'il brûle, il ne peut jamais donner naissance à de l'acide sulfureux. En comparant le prix de revient du gaz de houille avec celui du gaz au bois, on a vu que, surtout où l'on peut se procurer 100 kilog. de bois de pin ou de sapin non flotté à meilleur marché que 100 kilogr. de houille à gaz, l'éclairage au gaz au bois est plus avantageux. Le capital d'établissement et son intérêt sont aussi en faveur de l'éclairage au gaz au bois. Les appareils nécessaires pour la préparation du gaz avec le bois exigent aussi un espace moindre que celui dont on a besoin pour la fabrication du gaz de houille, et il faut beaucoup moins de cornues, parce que la distillation du bois s'effectue beaucoup plus rapidement. En 24 heures une cornue fournit 300 mètres cubes de gaz au bois et 120 mètres cubes de gaz de houille. Mais on doit signaler comme un inconvénient de l'éclairage par le gaz au bois la grande quantité de chaux qu'exige la purification du gaz, et la grande dépense que nécessite la préparation préliminaire de cet agent épurateur.

Le goudron de bois (dont la quantité s'élève à 2 pour 100 du poids du bois sec) et le vinaigre de bois (100 parties de bois donnent 0,50 à 0,75 d'acétate de calcium sec) sont utilisés aussi avantageusement que la localité le permet; dans quelques fabriques, on brûle le premier sous les cornues, si l'on ne peut pas lui trouver un meilleur emploi.

[L'usage du gaz au bois pour l'éclairage public ou privé est assez répandu en Allemagne et en Suisse.]

C. GAZ DE TOURBE.

Produits de la distillation de la tourbe. — Lorsqu'on soumet de la tourbe à la distillation sèche, on obtient, exactement comme avec la houille, du gaz, un liquide, du goudron et du charbon (charbon de tourbe) : ainsi, par exemple, *Vohl* a obtenu, en distillant 100 parties d'une tourbe séchée à l'air (tourbe marécageuse du canton de Zurich) :

Gaz	17,625
Goudron	5,375
Produit liquide	52,000
Charbon	25,000
	<hr/>
	100,000

Les produits de la distillation sèche de la tourbe sont :

Hydrocarbures liquides et solides	}	Huile de tourbe d'un poids spécifique de 0,820. Huile lourde d'un poids spécifique de 0,885. Paraffine.
Bases	}	Ammoniaque. Éthylamine. Picoline. Lutidine. Aniline. Cespitine.
Produits gazeux	}	Acides Acide carbonique. Hydrogène sulfuré. Acide cyanhydrique. — acétique. — propionique. — butyrique. — valérianique. — phénique. Hydrocarbures lourds. Gaz des marais. Hydrogène. Oxyde de carbone.

Production et composition du gaz de tourbe. — L'appareil dont on se sert pour la préparation du gaz de tourbe est semblable à celui que l'on emploie pour la préparation du gaz au bois. *W. Reissig*, qui a fait pendant longtemps des expériences sur la fabrication du gaz de tourbe, s'est servi d'une tourbe des environs de Munich, qui fournissait très-peu de cendre et contenait de 14 à 15 pour 100 d'eau; 100 kilogr. donnèrent en moyenne 20 mètres cubes de gaz. Comme pour le bois, le dégagement du gaz se produit d'abord rapidement; cependant la distillation est, en général, plus régulière pour la tourbe. Il résulte des expériences et des analyses de *Reissig* que le gaz de tourbe peut être obtenu d'une excellente qualité. Du gaz de tourbe épuré offrait la composition suivante :

I. Hydrocarbures lourds	9,52
Gaz des marais	42,65
Hydrogène	27,50
Oxyde de carbone	20,33
Acide carbonique et hydrogène sulfuré	traces.
	100,00

L'analyse d'un autre gaz, préparé avec une tourbe d'excellente qualité, a donné les résultats suivants :

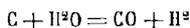
II. Hydrocarbures lourds	{	Éthylène = 9,52	}	=	13,16
		Ditétryle = 3,64			
Gaz des marais					33,00
Hydrogène					35,18
Oxyde de carbone					18,34
Acide carbonique et hydrogène sulfuré					0,00
Azote					0,32
					100,00

D. GAZ A L'EAU.

Fabrication du gaz à l'eau. — Le procédé employé pour la production du gaz à l'eau consiste essentiellement à faire passer des vapeurs aqueuses

à travers des cornues de fer ou d'argile, qui sont remplies de charbon de bois ou de coke chauffé au rouge. Au contact de ces corps, l'eau est décomposée et il se forme un mélange gazeux qui consiste essentiellement en hydrogène, oxyde de carbone, acide carbonique et hydrogène protocarboné (ce dernier en petite quantité). Le gaz dépouillé de l'acide carbonique par la chaux et presque entièrement composé d'oxyde de carbone et d'hydrogène a été, bien qu'il ne soit pas éclairant, employé pour l'éclairage : 1^o d'après le procédé de *Gengembre* et *Gillard*, qui consiste à fixer sur l'orifice des brûleurs de petits cylindres de platine qui sont bientôt portés au rouge par la flamme et communiquent à celle-ci des propriétés éclairantes, et 2^o d'après une méthode consistant à imprégner (à carburer) le gaz de vapeurs riches en carbone. Ce dernier procédé est le plus ordinaire; l'idée sur laquelle il repose a été émise par *Jobard*, de Bruxelles (1832). L'hydrogène possédant un coefficient de diffusion très-élevé, il se dégage très-facilement par les joints et petites fentes des tuyaux de conduite, inconvénient qui présente d'autant plus de danger que ce gaz ne peut pas, comme le gaz d'éclairage, être immédiatement reconnu à son odeur.

Les indications relatives à la composition du gaz à l'eau sont très-différentes : ainsi *Jacquelin* et *Gillard* disent que le gaz obtenu par eux est un mélange d'hydrogène et d'acide carbonique, qui, dépouillé de ce dernier au moyen de la chaux, se compose essentiellement d'hydrogène; d'autres avancent, et avec plus de raison, que leur gaz renferme de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Les résultats obtenus par *Langlois* s'accordent avec cette dernière opinion. Pour la formation de 1 molécule d'oxyde de carbone, il faut 1 molécule de vapeur d'eau, dont l'hydrogène devient libre :



Si maintenant de la vapeur d'eau rencontre de l'oxyde de carbone à une température encore plus élevée que celle du rouge sombre, qui est nécessaire pour la réaction précédente, l'oxyde de carbone enlève (ainsi que *Verver* l'a constaté par l'expérience), dans des circonstances favorables, l'oxygène de la vapeur d'eau, pour se transformer en acide carbonique, tandis qu'une nouvelle quantité d'hydrogène devient libre : $CO + H^2O = CO^2 + H^2$.

La métamorphose de l'acide carbonique en oxyde de carbone par absorption d'une nouvelle molécule de carbone ne peut avoir lieu que dans le cas où l'acide carbonique produit n'est pas extrait de l'appareil avec une rapidité suffisante et reste en contact pendant quelque temps avec le charbon rouge. D'après le procédé de *Tessie du Motay* et *Maréchal*, qui a été mis en pratique par la *New-York Oxygen-Company*, on prépare le gaz à l'eau en chauffant du charbon avec de l'hydroxyde de calcium dans des cornues en fer : $C + 2Ca(OH)^2 = 2H^2 + 2CaCO^2$. Le gaz à l'eau a certainement un grand avenir, bien que les procédés d'éclairage par l'hydrogène indiqués jusqu'à présent n'aient pas eu beaucoup de succès.

Gaz-platine de Gillard. — En 1846, *Gillard* érigea à Passy une usine à

gaz dans laquelle il prépara par décomposition de l'eau du gaz hydrogène destiné à être employé pour l'éclairage. Cette fabrication était primitivement basée sur la décomposition de la vapeur d'eau dans une cornue à gaz remplie de fils de fer; la cornue était chauffée au rouge, et, au moyen d'un dispositif particulier, il était possible de rétablir immédiatement et sur place l'activité que le fil de fer avait perdue par suite de son oxydation. Cependant *Gillard* rencontra de grandes difficultés, qui le forcèrent à changer ce système contre un autre, et il fut ainsi conduit à substituer le charbon au fer. Pour purifier le gaz riche en acide carbonique ainsi obtenu, on le fait passer sur du carbonate de sodium cristallisé, qui se transforme en bicarbonate. Le gaz est brûlé avec un bec d'Argand muni d'un très-grand nombre de petits trous; la flamme est entourée avec une toile de fil de platine de grosseur moyenne, qui au bout de peu de temps est portée au rouge et rend éclaire la flamme du gaz. A Paris, ce gaz porte le nom de *gaz-platine*.

Il est très-pur, inodore, et naturellement il brûle sans produire de noir de fumée. C'est pour cela qu'il a été introduit dans les ateliers et les magasins d'orfèvrerie de *Christofle et Cie*, à Paris. Son pouvoir éclairant est plus grand que celui du gaz de houille (d'après *Girardin* le rapport est comme 150 : 122). La beauté de la flamme ne laisse rien à désirer; et ce mode d'éclairage est extrêmement agréable à cause de la grande fixité et de l'immobilité complète de la lumière, qui sont dues à ce que c'est un corps solide porté au rouge blanc qui donne lieu au rayonnement de lumière et non une flamme vacillante comme celle que produit le gaz carburé. D'après les indications de *Verver*, on employait à Narbonne pour la production de 1 mètre cube de gaz 320 grammes de charbon de bois et pour le chauffage 1,440 de houille.

Gaz à l'eau carburé. — Dans ses recherches sur l'huile qui se forme lorsqu'on comprime le gaz d'éclairage préparé avec l'huile, *Faraday* a découvert que, lorsque le gaz des marais, qui par lui-même éclaire peu, est mis en contact avec cette huile, il brûle avec une flamme fortement éclairante. *Lowe* s'empara de cette observation et proposa dès 1832 d'imprégner le gaz de houille ordinaire avec des vapeurs d'huile de goudron ou de pétrole, afin d'augmenter son pouvoir éclairant; en même temps il indiqua le moyen de produire avec de la vapeur d'eau et du coke un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène, qui à l'aide des vapeurs des hydrocarbures nommés était transformé en gaz d'éclairage. Plus tard *Jobard*, de Bruxelles, reprit ce sujet et communiqua le résultat de ses expériences à l'ingénieur français *Sellique*, qui, à la suite de recherches approfondies sur le même objet, se saisit de la chose avec empressement et employa le premier le gaz à l'eau carburé pour l'éclairage en grand. Pour carburer le gaz à l'eau, *Sellique* employait de l'huile de schiste qui était extraite par distillation sèche de schistes marneux bitumineux de la même manière que l'on extrait encore aujourd'hui l'huile de schiste à Reutlingen et dans d'autres localités. L'appareil employé par *Sellique* pour la production du gaz se compose d'une batterie de trois cornues, qui sont maintenues au rouge sans interruption.

Deux de ces cornues sont remplies de charbon. Un courant de vapeur d'eau pénètre dans la première et y donne naissance à de l'oxyde de carbone et à de l'hydrogène ; la décomposition est achevée dans la deuxième cornue, et l'acide carbonique produit est réduit en oxyde de carbone (contrairement à ce qui a lieu dans le procédé aujourd'hui en usage pour la préparation du gaz à l'eau, procédé dans lequel on cherche à convertir aussi complètement que possible l'oxyde de carbone en acide carbonique). Le mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène porté au rouge arrive dans la dernière cornue, où il rencontre de l'huile de schiste en décomposition ; cette cornue est munie aux deux tiers de sa hauteur d'une chaîne de fer destinée à augmenter la surface de chauffe. Un courant continu d'huile de schiste descend dans la cornue (pour 10,000 litres de gaz on compte 5 kilogr. d'huile), où le liquide se décompose et est mis en contact avec le mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène. Un four à gaz avec six cornues (ayant ensemble une capacité de 6 mètres cubes) donne, d'après *Selligue*, de 24,000 à 28,000 hectolitres de gaz d'éclairage en 24 heures, ce qui nécessite une consommation de 1,251 kilogr. d'huile de schiste, de 400 kilogr. de charbon (produisant le gaz) et de 16 hectolitres de houille (pour le chauffage des cornues).

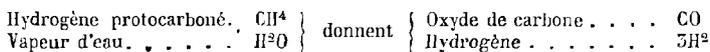
Le procédé de *Selligue* a donné naissance aux méthodes suivantes :

1° Le procédé de *White*, dans lequel du gaz à l'eau, produit avec des vapeurs aqueuses et du charbon et mélangé avec une portion de vapeur d'eau non décomposée, passe à travers une cornue dans laquelle on soumet à la distillation sèche de la *résine*, suivant l'ancien procédé, ou du *cannel-coal* et du *bothead*, d'après le nouveau ; 2° Le procédé de *Leprince*, qui fournit le *gaz mixte de Leprince*, n'est autre chose que le procédé de *White* perfectionné. Les produits de la décomposition des vapeurs aqueuses et du coke, mélangés avec de la vapeur d'eau, sont mis en contact avec de la *houille* à une température déterminée (dans la même cornue) ; 3° Le procédé d'*Isoard*, d'après lequel des vapeurs aqueuses surchauffées sont amenées sur du *goudron de houille* ; 4° D'après la méthode de *Baldamus* et *Grüne*, la vapeur d'eau et l'hydrocarbure liquide sont décomposés en même temps dans la même capacité ; 5° Le procédé de *Kirkham*, d'après lequel du gaz à l'eau (préparé à la manière ordinaire par décomposition de la vapeur d'eau au moyen de charbon chauffé au rouge dans un appareil construit par l'auteur) est rendu éclairant simplement par imprégnation avec des vapeurs d'hydrocarbures liquides (benzine, photogène, pétrole, naphte) ; 6° Comme appendice au gaz à l'eau, nous mentionnerons le *gaz à l'air carboné* proposé par *Longbottom*, qui se compose d'air atmosphérique imprégné de vapeurs de benzine ou de naphte de pétrole (d'après *Wiederhold*).

1° *Procédé de White*. — La proposition faite par *Selligue* d'imprégner le gaz à l'eau avec des vapeurs d'hydrocarbures liquides pour lui communiquer la propriété de brûler avec une flamme éclairante a été modifiée par l'Anglais *White* de la manière suivante : ce dernier fait passer le gaz à l'eau mélangé avec des vapeurs aqueuses non décomposées à travers une cornue dans laquelle il soumet à la distillation, à la température rouge intense, du

cannel-coal ou du boghead. Le procédé de *White* fut d'abord froidement accueilli, mais plus tard, lorsque les expériences effectuées dans l'usine à gaz de *Clarke and Co*, de Manchester, eurent donné un résultat favorable, la méthode fut l'objet d'une attention plus générale, sans que cependant on ait réussi à l'introduire dans la pratique.

Les analyses effectuées par *Frankland* sur le gaz ainsi préparé montrent qu'il renferme 15 pour 100 d'oxyde de carbone, qu'il ne contient pas d'acide carbonique, mais que sa teneur en hydrogène s'élève jusqu'à 45 pour 100. Cet accroissement de la richesse en hydrogène, sans augmentation équivalente de la teneur en oxyde de carbone, ne peut être attribué qu'à l'action de la vapeur d'eau sur l'hydrogène protocarboné contenu dans les cornues remplies de cannel-coal, action qui peut être mise en évidence par l'équation suivante :



La composition du gaz obtenu avec ou sans gaz à l'eau était la suivante :

GAZ DE BOGHEAD	SANS GAZ A L'EAU	AVEC GAZ A L'EAU
Hydrocarbures lourds	24,50	14,12
Hydrogène protocarboné	58,58	22,25
Hydrogène	10,54	45,51
Oxyde de carbone.	6,58	14,34
Acide carbonique.	—	3,78
Oxygène et azote.	—	—
	100,00	100,00

Les avantages du procédé de *White* ne consistent pas seulement en ce que dans le gaz obtenu la teneur en hydrogène est beaucoup plus grande que dans le gaz de houille ordinaire, et la richesse en oxyde de carbone un peu plus faible, et celle en hydrogène protocarboné beaucoup plus petite; mais ils doivent être surtout cherchés dans l'action mécanique des produits de la décomposition de l'eau. Pendant leur passage à travers la cornue remplie de cannel-coal, ces produits enlèvent rapidement les hydrocarbures éclairants formés dans la région portée au rouge, où sans cela ils seraient en partie décomposés en donnant un abondant dépôt de charbon, et ils donnent à ces hydrocarbures l'occasion de se diffuser abondamment dans le goudron et de s'associer ainsi d'une manière persistante aux éléments éclairants. D'après les expériences de *Frankland*, le procédé de *White* offre les avantages suivants : 1° il peut être introduit dans toute usine à gaz sans dispositions particulières et sans frais; 2° le rendement en goudron est diminué parce qu'une bonne partie de celui-ci est gazéifiée; 3° la température de la flamme du gaz en combustion et la formation de l'acide carbonique par celle-ci sont amoindries, parce que le gaz contient plus d'hydrogène et moins de carbone.

2° *Gaz mixte de Leprince*. — La méthode imaginée par *Leprince* pour la préparation du gaz à l'eau n'est rien autre chose qu'une modification du

procédé de *White*; d'après cette méthode, on emploie des cornues divisées en trois compartiments au moyen de cloisons horizontales et dans lesquelles s'effectuent les deux phases de l'opération, la décomposition partielle de l'eau par le coke ou le charbon de bois et la carburation du gaz au moyen des produits volatils de la décomposition de la houille. Le *gaz mixte de Leprince* a été employé, par exemple, dans la fabrique de drap de *Simonis*, à Verviers, dans les usines à zinc de la *Vieille-Montagne*, en Belgique, dans l'établissement de *Cockerill*, à Liège, et on s'en est aussi servi pour l'éclairage de la ville de *Maestricht* jusqu'en 1872 (d'après *H. Landolt*), époque à laquelle il a été remplacé par le gaz de houille.

3° *Procédé d'Isoard*. — Nous ne mentionnerons qu'incidemment le procédé d'*Isoard*; il consiste essentiellement en ce que la décomposition de la vapeur d'eau surchauffée n'est pas produite par le charbon, comme dans les méthodes de *Sellique*, de *White* et de *Leprince*, mais au moyen du *goudron de houille*.

4° *Méthode de Baldamus et Grüne*. — D'après la méthode de *Baldamus et Grüne*, la décomposition de la vapeur d'eau et des hydrocarbures s'effectue en même temps et dans le même espace, de telle sorte que l'hydrogène contenu dans la vapeur d'eau ne se dégage pas à l'état libre, mais en combinaison avec du carbone, sous forme d'hydrocarbure éclairant. La matière qui produit le gaz (lignite, tourbe, houille feuilletée) est complètement utilisée sans qu'il se forme de produits secondaires, parce que les produits goudronneux sont entièrement convertis en gaz, qui forment avec l'hydrogène de l'eau la matière éclairante, à laquelle les auteurs du procédé donnent le nom de *gaz hydrocarboné*.

5° *Gaz carburé*. — Le procédé proposé par *Kirkham* et d'autres consiste simplement à transformer le gaz à l'eau en gaz d'éclairage en l'imprégnant avec des vapeurs d'hydrocarbures liquides (benzine, photogène, pétrole, naphte). Cette imprégnation s'effectue soit dans le lieu même où le gaz est préparé, soit, et plus convenablement, dans le lieu où il est consommé et immédiatement avant qu'il s'échappe du brûleur. Parmi les nombreux appareils qui ont été proposés pour la *carburation* du gaz, il n'en est aucun dont l'usage se soit beaucoup répandu, malgré les résultats brillants que l'on obtint tout d'abord. La difficulté de se procurer des matières tout à fait convenables, le défaut d'uniformité dans l'action de celles-ci sur le pouvoir éclairant et d'autres empêchements se sont jusqu'à présent opposés dans beaucoup d'endroits à l'introduction de la carburation des gaz non éclairants par eux-mêmes. Relativement aux quantités des hydrocarbures liquides qui sont nécessaires pour communiquer à des gaz combustibles non éclairants des propriétés lumineuses, nous ferons remarquer, pour éviter des mécomptes, que si c'est la benzine (C⁶H⁶), par exemple, qui doit être employée pour la carburation, il faut pour

30 mètres cubes de gaz à 0°,	2342 gr. de benzine,
30	15°, 5694

pour rendre le gaz éclairant par saturation avec des vapeurs de benzine. La carburation du gaz d'éclairage, c'est-à-dire son amélioration par mélange de vapeurs d'huiles volatiles riches en carbone (comme, par exemple, le *naphte pour carburation*, que l'on obtient dans la fabrication de l'huile de goudron), est, au contraire (d'après *G. Lunge*), très-employée en Angleterre dans les habitations et les fabriques, et elle se répand de plus en plus.

6° *Gaz d'air*. — Comme appendice aux méthodes qui viennent d'être décrites, nous mentionnerons ici le procédé proposé par *Longbottom* pour transformer l'*air atmosphérique*, préalablement dépouillé d'acide carbonique et de vapeur d'eau, en gaz d'éclairage, au moyen de vapeurs d'hydrocarbures liquides et volatils (comme l'éther de pétrole, la benzine, etc.). Les expériences faites sur la carburation de l'air par des vapeurs de benzine ont montré que l'air ainsi traité peut bien servir comme matière éclairante; mais pour le brûler il faut que les becs aient de larges ouvertures et que l'écoulement du gaz soit lent. Avec des becs ordinaires, à ouverture étroite, la flamme est petite et d'un très-faible pouvoir éclairant; lorsque l'écoulement du gaz est rapide, elle s'éteint promptement sous l'influence du refroidissement produit par l'air ambiant. Des appareils pour la production du gaz d'air ont été construits par *Marcus, Mille, Müller, Méthei* et *F. Verdier*.

L'appareil construit par *F. Verdier* se compose d'un ventilateur hydraulique A (fig. 440), dont l'organe essentiel est une cagnardelle mise en mouvement par un contre-poids fixé à l'extrémité d'une corde s'enroulant sur le treuil C, et d'un carburateur E, consistant en une caisse à doubles parois, entre lesquelles se trouve de l'eau, et destiné à recevoir de l'essence de pétrole. L'appareil est, en outre, muni d'un régulateur de pression D', d'un thermomètre M, d'un regard K indiquant le niveau du liquide dans le carburateur, d'un manomètre L notant la pression à laquelle le gaz est produit et d'un tube D conduisant l'air du ventilateur au carburateur. Pour mettre l'appareil en activité, on le fixe soit sur le plancher, soit sur deux traverses, au moyen des vis N; on fait passer la corde du treuil par des poulies de renvoi disposées à cet effet, et on y suspend le poids moteur. On verse ensuite de l'eau dans le ventilateur par un bouchon à vis spécial, jusqu'à ce que le liquide s'écoule par un autre bouchon I, préalablement dévissé; les deux bouchons étant remis en place, on remplit le carburateur, au moyen de l'entonnoir G, avec de l'essence de pétrole pesant de 650 à 660 grammes le litre, jusqu'au trait de niveau K. Le treuil étant remonté au moyen de la manivelle B et le robinet d'arrêt H ouvert, l'air poussé par le ventilateur pénètre dans le carburateur, traverse l'essence de pétrole contenue dans ce dernier, et sort, après s'être transformé en gaz combustible, par le tube F, qui communique avec les tuyaux de distribution. Pour assurer le bon fonctionnement de l'appareil, il faut que la température extérieure ne s'abaisse pas au-dessous d'un point d'évaporation suffisant pour que la quantité de vapeur à entraîner soit toujours proportionnelle au volume d'air; il faut,

en outre, compenser le froid produit par la vaporisation ; c'est pour obtenir ce résultat que le carburateur est entouré d'une enveloppe contenant de l'eau, dont la chaleur latente suffit pendant assez longtemps pour retarder l'abaissement de la température, et que l'on peut maintenir au même point

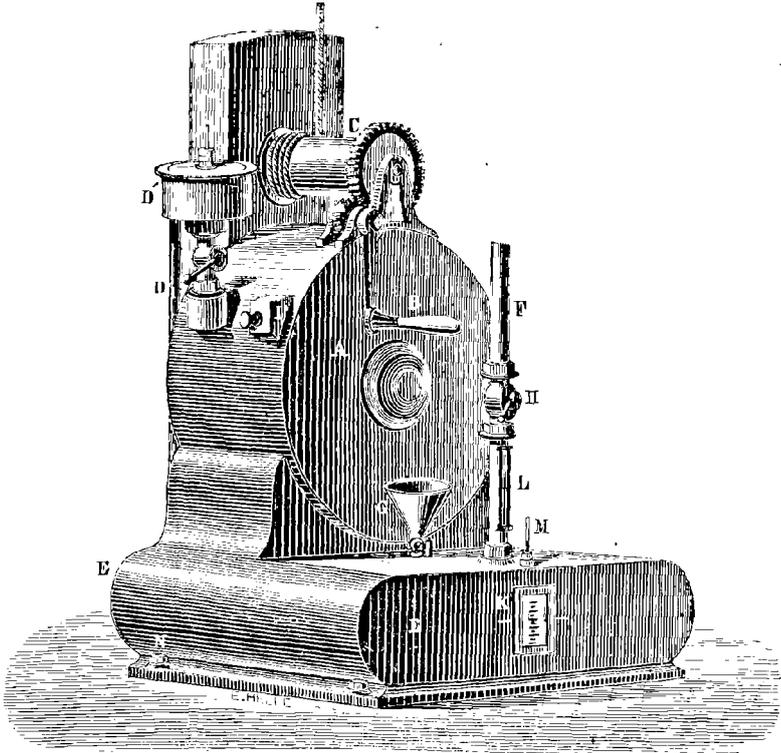


Fig. 440. — Appareil de Verdier pour la fabrication du gaz d'air.

en mettant de temps en temps un peu d'eau chaude. Cet appareil est tout à fait convenable pour la production du gaz de chauffage dans les laboratoires qui n'ont pas le gaz à leur disposition.]

E. GAZ EXTRAIT DES CORPS GRAS.

Gaz de l'huile. — Les huiles grasses font partie des corps à l'aide desquels on peut préparer le gaz d'éclairage le plus pur et le meilleur. Par suite de leur composition (*Lefort* a trouvé, pour

L'huile de colza, la formule	$C^{10}H^{18}O^2$
— d'olives, —	} $C^{18}H^{32}O^2$
— de pavot, —	
— de lin, —	$C^{15}H^{26}O^2$
— de chènevis, —	$C^{14}H^{22}O^2$

elles donnent à la distillation sèche du gaz éthylène principalement, ou, ce qui est à peu près la même chose, un mélange d'hydrogène et de gaz des marais avec des vapeurs d'hydrocarbures liquides, dont le pouvoir éclairant est équivalent à celui du gaz éthylène ; en outre, il ne se forme que de petites quantités d'acide carbonique et pas d'hydrogène sulfuré, ce qui fait que le gaz à l'huile n'a pas besoin d'être purifié, et enfin la distillation ne donne pour ainsi dire pas de résidu.

Comme le gaz d'huile possède un pouvoir éclairant plus grand que celui du gaz de houille, l'appareil nécessaire pour sa préparation est beaucoup moins compliqué que pour l'extraction du gaz de la houille ; pour un éclairage de même étendue on n'a besoin que d'un gazomètre plus petit, et en outre l'épuration à la chaux, qui est si ennuyeuse et qui exige une surveillance non interrompue, devient dans ce cas inutile. La préparation du gaz donne aussi lieu à une odeur beaucoup moins désagréable, et par suite elle peut être effectuée partout. Pour cette raison, elle est surtout convenable pour de petits établissements. Malgré ces avantages incontestables, le gaz à l'huile a cependant, à cause de son prix élevé, cédé presque partout le pas au gaz de houille.

Le poids spécifique du gaz de l'huile est en moyenne égal à 0,76 — 0,90, mais il peut aussi s'élever jusqu'à 1,1. Un hectolitre d'huile donne de 60 à 70 mètres cubes de gaz, ce qui représente de 90 à 96 pour 100 de son poids.

Depuis quelque temps, *J. Pintsch* (de Berlin) prépare du gaz d'huile comprimé, qui (d'après les indications de *Tieftrunk*) est employé avec beaucoup de succès pour l'éclairage des wagons de chemin de fer. Ainsi, par exemple, il sert en Allemagne pour éclairer le wagon-salon du train impérial.

Gaz du suint. — Le gaz du suint, que l'on extrait des eaux savonneuses ayant servi au lavage de la laine et au décreusage de la soie, se rattache étroitement au gaz d'huile. Dans les filatures d'Augsbourg et de Mulhouse, l'eau de lavage, qui contient le suint de la laine et le savon employé, est dirigé des cuves de lavage dans des citernes où elle est abandonnée à un repos de douze heures, après avoir été mélangée avec un lait de chaux¹. Il se forme un dépôt qui, après avoir été séparé du liquide clair au fond duquel il se trouve, est versé sur des filtres de toile grossière. Les impuretés, comme les poils, le sable, etc., sont retenues, tandis que la portion qui a traversé les filtres se rend dans une citerne, où elle forme, au bout de six ou huit jours, une masse pâteuse, qui est divisée, au moyen d'une bêche, en morceaux prismatiques de la grosseur d'une demi-brique, et desséchée sur des claies. Les fragments sont, comme dans la préparation du gaz, soumis à la distillation, et ils fournissent un gaz qui n'a pas besoin d'être purifié, et qui possède un pouvoir éclairant trois fois plus grand que celui du gaz fabriqué avec de bonne houille. L'eau de lavage d'une filature de laine à pei-

¹ A Reims, la première eau de lavage, qui ne contient pas de savon, mais seulement du suint (suintate de potasse), est traitée pour carbonate de potassium et pour gaz (voyez t. I, p. 295), bien que dernièrement *Havrez* ait proposé de convertir le suint riche en azote, non-seulement en carbonate de potassium, mais encore en prussiate de potasse.

gne avec 20,000 broches, soumise au traitement qui vient d'être décrit, fournit par jour environ 500 kilogr. de masse sèche, nommée *suint*; 1 kilog. de suint donne 210 litres de gaz. On obtient en moyenne par année 150,000 kilogr. de suint, et avec une exploitation régulière on peut en extraire 51,500,000 litres de gaz. Un bec consume par heure 35 litres; avec la quantité mentionnée on peut alimenter 750 becs, en comptant 1200 heures d'éclairage. Une fabrique avec 20,000 broches n'a besoin pour s'éclairer que de 500 becs; le suint qui reste, soit 50,000 kilog., peut être employé ailleurs. A Augsbourg, le suint a une valeur de 6 à 7 francs les 50 kilogr., et à Mulhouse de 9 à 10 francs. L'utilisation du suint pour la préparation du gaz d'éclairage est due à *Houzeau-Muiron*, qui l'a introduite à Reims il y a plusieurs années.

F. GAZ D'HUILE DE SCHISTE, D'HUILE DE PARAFFINE ET DE PÉTROLE.

Gaz d'huile de schiste. — Le schiste à posidonies du lias des environs de Reutlingen dans le Wurtemberg fournit à la distillation sèche environ 5 pour 100 de goudron, duquel on extrait l'*huile de schiste*, en le soumettant à la distillation. Par suite de la quantité assez considérable de soufre qu'elle renferme, l'huile de schiste n'est pas convenable pour brûler dans les lampes, mais elle constitue une excellente matière pour la fabrication du gaz d'éclairage. D'après les indications de *Haas*, 50 kilogr. d'huile de schiste de Reutlingen, ayant une valeur de 21 francs, fournissent 36 mètres cubes $1/2$ de gaz, de sorte que le mètre cube, y compris le combustible et la main-d'œuvre, revient à la somme ronde de 59 centimes; ce gaz est très-bon marché, eu égard au pouvoir éclairant élevé du gaz ¹.

W. Reissig a trouvé (1862) dans le gaz d'huile de schiste de Reutlingen les substances suivantes :

Hydrocarbures lourds.	25,30
Gaz des marais.	64,80
Oxyde de carbone.	6,65
Hydrogène.	3,05
Acide carbonique.	0,20
Oxygène et azote.	traces.
	<hr/>
	100.00

Les expériences exécutées à Stuttgart ont montré que le pouvoir éclairant du gaz d'huile de schiste est 2 fois $1/2$ plus grand que celui du gaz de houille.

Gaz d'huile de paraffine. — L'huile de paraffine, que l'on obtient dans les fabriques de paraffine et d'huile minérale, est aussi employée pour fabriquer du gaz d'éclairage (outre qu'elle sert comme huile de graissage); 50 kilog. d'huile de paraffine fournissent 30 mètres cubes d'excellent gaz.

¹ Le gaz d'huile de schiste du lias de Reutlingen est employé depuis quelque temps à Tubingue comme gaz de chauffage, sur la proposition de *Dorn*.

A. *Hilger* (d'Erlangen) a trouvé (1874) le gaz d'huile de paraffine (poids spécifique = 0,724) composé de la manière suivante :

Hydrocarbures lourds.	7	28,91
Hydrocarbures légers.		54,92
Hydrogène.		5,65
Oxyde de carbone.		8,94
Acide carbonique.		0,82
		<hr/>
		99,24

Gaz de pétrole. — Depuis quelques années, on se sert également du pétrole pour préparer du gaz d'éclairage. La préparation du gaz de pétrole s'effectue de deux manières différentes, soit par simple gazéification du pétrole, soit en mélangeant le gaz ainsi obtenu avec du gaz à l'eau (ce dernier procédé n'est autre chose qu'une carburation du gaz à l'eau).

D'après le procédé de *Thompson et Hind* (1862), le gaz de pétrole, préparé par distillation sur des plaques de fer ou des briques chauffées au rouge, est mélangé avec le gaz que l'on obtient en faisant agir des vapeurs aqueuses sur des charbons rouges. Le mélange gazeux est lavé avec de l'acide chlorhydrique, et on le fait ensuite passer à travers une série de vases épurateurs de manière qu'il arrive dans le gazomètre pur et inodore. L'appareil employé pour la décomposition du pétrole est une cornue en fonte reposant sur une grille et au couvercle de laquelle est fixé un cylindre creux rempli de coke ou de charbon de bois. Entre le cylindre et la paroi de la cornue se trouve une plaque de tôle enroulée en spirale autour du cylindre. Le couvercle de la cornue est traversé par deux tubes, l'un pour l'huile brute, l'autre pour l'eau ; le premier est en communication avec le serpent, qui lui-même débouche dans la partie supérieure du cylindre ; le dernier traverse le serpent et s'ouvre dans le fond supérieur du cylindre. Le pétrole se décompose en traversant le serpent, l'eau se vaporise dans le tube et se décompose au contact des charbons rouges. Un troisième tube entraîne tous les gaz de la partie supérieure de l'appareil vers l'épurateur. Si l'on gazéifie le pétrole (sans le mélanger avec du gaz à l'eau), on obtient avec 50 kilogr. d'huile de Pennsylvanie 47 mètres cubes 700 de gaz. D'après *Bolley*, le gaz de pétrole pur a la composition suivante :

	I.	II.
Hydrocarbures lourds	51,1	33,4
Gaz des marais	45,7	40,0
Hydrogène	52,7	26,0
	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0

Hirzel prépare du gaz d'éclairage avec les résidus du raffinage du pétrole, qui sont les parties les moins volatiles, ou avec le pétrole lui-même. L'appareil de *Hirzel* est déjà très-répandu en Allemagne, en Autriche, en Russie et dans d'autres pays, et il convient particulièrement pour la préparation du gaz dans les fabriques, les casernes, les hôpitaux, les gares, etc.; il fournit un gaz qui n'a pas besoin d'être purifié et qui surpasse tous les autres par son pouvoir éclairant.

Au moyen de la figure 441 il est facile de se rendre compte de la disposition de l'appareil et de son mode de fonctionnement. D est un réservoir en fer forgé, qui est rempli de pétrole ou de résidu de pétrole. Dans ce réservoir se trouve une pompe aspirante et foulante E, dont on peut remplir le piston de pétrole en faisant mouvoir un mécanisme d'horlogerie. Dès que la cornue est chauffée au rouge, le piston est chargé de poids et le pendule du mécanisme d'horlogerie est mis en mouvement ; la corde de la poulie du mécanisme se déroule et laisse descendre lentement le piston chargé dans le corps de pompe, le pétrole s'élève alors uniformément par le tube *i* dans la cornue A portée au rouge. Le pétrole est immédiatement gazéifié, et de la tête *a* de la cornue les gaz s'élèvent par le tube d'ascension *d*, et ils se rendent dans le gazomètre par le tuyau *f*, en traversant successivement le récipient B et le condensateur C rempli de briques. Dans le récipient B est une fermeture à l'huile qui empêche le retour du gaz du gazomètre dans la cornue. Afin que le niveau du liquide de cette fermeture reste constant, et que le récipient ainsi que le condensateur ne se remplissent pas outre mesure avec l'huile que le gaz dépose en se refroidissant, l'extrémité inférieure

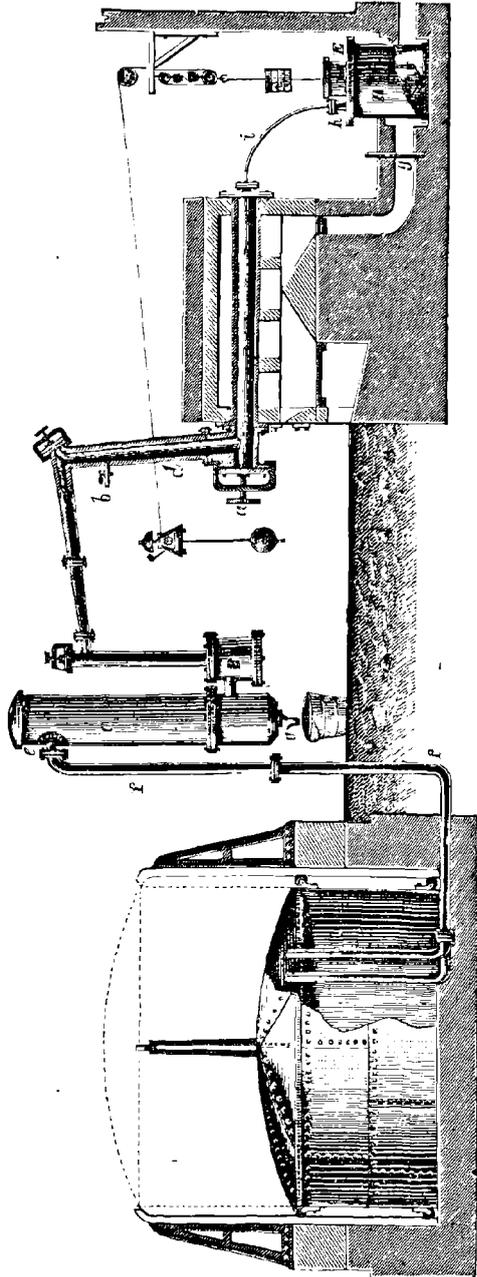


Fig. 441. — Appareil pour la préparation du gaz de pétrole.

du condensateur est munie du tube en *U c*, par lequel s'écoule l'huile en excès, que l'on peut ensuite verser dans le réservoir. Au milieu du tube d'ascension *d* se trouve un tube *b* large seulement de 1 centim. $1/2$ et qui est en communication avec un manomètre suspendu contre le mur ; ce manomètre indique la pression à l'intérieur de la cornue, pression qui pendant la préparation du gaz est ordinairement égale à une colonne d'eau de 8 à 12 centimètres. La partie supérieure du condensateur, qui est munie d'un couvercle *e* avec fermeture hydraulique, est remplie avec une matière poreuse, avec des fragments de coke ou des briques. La conduite de l'appareil est extrêmement simple, tout à fait exempte de danger, et elle peut être confiée à tout ouvrier intelligent. Le mécanisme d'horlogerie est mis en mouvement pendant environ une heure, et pendant ce temps la pompe aspire autant de résidu de pétrole qu'il en faut pour obtenir à peu près 6 mètres cubes de gaz. Si les tubes viennent à se boucher, on le reconnaît facilement à l'aide du manomètre, ainsi qu'au soulèvement du couvercle du condensateur, ou enfin à la cessation de la marche régulière du mécanisme d'horlogerie ; mais cet accident ne se produit pas lorsqu'on nettoie l'appareil toutes les cinq ou six semaines. Après que l'appareil a fonctionné 12 fois, il est cependant convenable d'ôter le couvercle de la cornue, afin d'enlever avec un morceau de fer pointu les croûtes de coke qui se sont déposées sur son fond. Le gaz produit à l'aide de cet appareil est également du gaz d'éclairage très-pur, qui peut être préparé sur une grande échelle ; il se compose exclusivement d'hydrocarbures lourds, qui par les plus grands froids de l'hiver, ainsi que sous une forte pression et dans les conduites les plus étendues, ne se condensent pas et peuvent être conservés sans éprouver d'altération ou sans perdre de leur pouvoir éclairant. Le gaz de pétrole ne dépose pas de particules huileuses ou goudronneuses dans les conduites, il est entièrement exempt de combinaisons sulfureuses ou ammoniacales et d'acide carbonique, aussi peut-il être immédiatement recueilli dans le gazomètre sans épuration préalable.

Le gaz de pétrole a un poids spécifique de 0,69, il est exempt de soufre et d'ammoniaque ; il se compose essentiellement d'acétylène (C^2H^2), et il est brûlé avec des becs qui consomment par heure seulement 2 litres $1/2$, 15 litres, 22 litres $1/2$, 30 ou 60 litres au plus de gaz. L'appareil fournit par heure 6 mètres cubes de gaz, qui équivalent à 30 mètres cubes de gaz de houille. — Sur les indications de *L. Ramdohr* (1866), le phénylate de sodium (créosotate de sodium), qui se produit en grande quantité dans les fabriques de paraffine et d'huile minérale, est transformé en gaz d'éclairage (*gaz de créosote*).

G. GAZ DE RÉSINE.

Lorsque la colophane (voy. p. 590) était importée de l'Amérique du Nord en Europe en grande quantité et à un prix assez bas, on l'employait dans

plusieurs villes de l'Angleterre et du continent pour la préparation du gaz d'éclairage.

Préparation du gaz de résine. — La colophane, en se décomposant sous l'influence de la chaleur, donne un liquide oléagineux, l'*huile de résine* (voy. p. 391), qui se gazéifie au rouge. L'huile de résine est un corps très-complexe, et elle renferme des éléments qui se volatilisent à une température de beaucoup inférieure au rouge; cette circonstance est un grand inconvénient pour la fabrication du gaz de résine, parce que ces éléments sont volatilisés aussitôt après leur production et bien avant qu'ils puissent prendre la température convenable pour la gazéification. Par conséquent, pour obtenir que l'huile de résine se forme en quantité aussi petite que possible, il faut faire passer les produits de la décomposition de la résine à travers plusieurs cornues, ce qui complique l'appareil et augmente les frais de chauffage. En employant une seule cornue, on obtient de grandes quantités d'huile de résine. Un autre inconvénient de la préparation du gaz de résine résulte de cette circonstance que la colophane est un corps solide, qui doit être préalablement liquéfié, pour que l'on puisse alimenter sûrement et uniformément les cornues. Dans quelques appareils proposés la liquéfaction s'effectue par dissolution préalable de la résine dans de l'huile de résine (ou dans l'essence de térébenthine); dans d'autres la résine est simplement fondue et on la fait couler goutte à goutte dans les cornues où se trouvent des morceaux de coke. Les produits volatils formés sont d'abord conduits dans un réservoir entouré d'eau froide, où se précipite la majeure partie de l'huile de résine non décomposée. Le gaz est ensuite dirigé dans un condensateur et de là à travers une dissolution de soude caustique, où il perd jusqu'à 8 pour 100 de l'acide carbonique qu'il renferme. 50 kilogrammes de colophane fournissent environ 56 mètres cubes 400 de gaz. Si l'on applique à la production du gaz de résine le procédé de *Frankland et White*, le rendement est beaucoup plus grand. Malgré cela, le gaz de résine n'est plus nul part employé.

LUMIÈRE DE DRUMMOND, LUMIÈRE DE TESSIÉ DU MOTAY, ÉCLAIRAGE AU MAGNÉSIUM, ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Lumière de Drummond. — Si l'on enflamme un mélange de deux volumes d'hydrogène et de un volume d'oxygène, et si l'on entretient la combustion en faisant arriver les deux gaz contenus dans deux gazomètres différents, on obtient l'appareil connu sous le nom de *chalumeau à gaz oxy-hydrogène*, dont la flamme possède une température telle qu'elle peut produire avec facilité la fusion du platine. La flamme de ce mélange gazeux, qui peut aussi être remplacée avec avantage par une flamme de gaz alimentée avec de l'oxygène, n'est que peu éclairante, mais, si on la met en contact avec un cylindre de chaux caustique, celle-ci est portée au rouge blanc intense et produit une lumière blanc-bleu, dont l'œil peut à peine supporter l'éclat. L'idée (exprimée par *Gaudin*, de Paris, en 1838) d'employer cette flamme pour

l'éclairage des villes, a paru d'abord impossible à mettre en pratique ; mais, depuis que le problème de la préparation industrielle du gaz oxygène, d'après le procédé de *Tessié du Motay* (voy. t. I, p. 247), a été résolu d'une manière satisfaisante, on l'emploie dans les grandes villes des États-Unis d'Amérique pour l'éclairage des phares, des signaux, des travaux nocturnes, des grandes places publiques, des salles de spectacle, et surtout des projections d'images faites dans les salles de conférences au moyen de la lanterne magique. Dans la dernière guerre américaine, l'armée de l'Union s'en est servie lors du siège de quelques forts. On nomme cette lumière *lumière sidérale*, *lumière de chaux*, *lumière au gaz oxy-hydrogène* ou *lumière de Drummond*¹.

Lumière de Tessié du Motay. — Il y a quelques années, on a beaucoup parlé du mode d'éclairage imaginé par l'industriel *Tessié du Motay* (de Metz). Malgré toutes les réclames, l'usage de cette nouvelle lumière n'a pu s'implanter nulle part d'une manière durable. Le mélange gazeux est du gaz à l'eau (un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone) ou de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage, qui au moment de la combustion est mis en présence d'un courant régulier d'oxygène. L'oxygène nécessaire est obtenu par décomposition de vapeurs d'acide sulfurique, ou de manganate de sodium (voy. t. I, p. 247), ou enfin de protochlorure de cuivre. La flamme du gaz oxy-hydrogène est dirigée sur un petit cylindre de *magnésie* (*lumière de magnésie*) ou de *zircone* (*lumière de zircone*).

Dans ces derniers temps (1870), *Tessié du Motay* a modifié sa méthode de la manière suivante : il fait passer l'oxygène dans un liquide (une solution de naphthaline dans l'éther de pétrole), qui lors de la combustion sépare des corps d'un pouvoir éclairant intense. On nomme cette lumière *lumière oxy-*

¹ D'après le *Journal of Gaslighting* (1869), le ministère de la guerre d'Angleterre a eu l'intention d'introduire la lumière de Drummond, à la place de la lumière du gaz, dans les casernes et dans les écuries. Des expériences avec la lumière de Drummond ont été exécutées dans la cour de la caserne de la Reine, dans un angle d'une aile de la caserne et dans les salles de celle-ci. Sur un support haut de 6 mètres étaient placés l'appareil éclairant et le miroir réflecteur. Lorsque l'appareil fut mis en activité et que le miroir fut dirigé vers la cour, celle-ci était presque aussi bien éclairée que par le soleil à midi, et à une distance de 100 yards (= 91^m,44) de la source lumineuse on pouvait lire l'écriture la plus fine. Une lumière plus petite, entourée d'un globe de verre et placée à une des extrémités de l'angle, était suffisante pour permettre de trouver, à une distance de 30 yards (= 27^m,43), une épingle déposée sur le sol. Un appareil encore plus petit, installé dans une salle de la caserne, l'éclairait beaucoup mieux que le gaz de houille. D'après les indications d'*Abel*, de Woolwich, la lumière de Drummond n'a été introduite dans aucun des établissements militaires de l'Angleterre. Suivant *H. Vogel* (1871), cette lumière joue un grand rôle aux États-Unis pour l'éclairage de la lanterne magique. Cet instrument qui, en Allemagne et en France, n'est regardé que comme un jouet, est très-employé pour l'enseignement. Sur des plaques de gélatine transparente on imprime dans de petites dimensions des gravures scientifiques ou des dessins techniques, ou bien on en fait des photographies sur verre, que l'on grossit ensuite jusqu'à 100 fois au moyen de la lanterne magique, et que l'on fait servir aux démonstrations dans les conférences; on obtient ainsi des images beaucoup plus belles que celles des planches murales, qui sont dessinées sur une grande échelle et souvent d'une manière défectueuse. De petits dessins faits sur gélatine ou des figures empruntées à des ouvrages scientifiques sont de cette façon rendus, sans beaucoup de peine, faciles à comprendre d'un grand nombre d'auditeurs. On peut aussi opérer pendant le jour, si l'on a soin d'intercepter la lumière au moyen de rideaux.

carbonée. La combustion a lieu dans une lampe avec mèche (lampe de *Phillip*), dans la flamme de laquelle l'oxygène pénètre horizontalement. Le liquide porte le nom de *carboline*. La nouvelle lumière serait tout à fait convenable pour l'éclairage de haut en bas avec l'aide de réflecteurs. D'après une modification de ce procédé, on fait arriver l'oxygène sur un gaz d'éclairage rendu très-riche en carbone par carburation et on effectue la combustion dans un bec à fente en stéatite. La figure 442 représente un bec de ce genre.

La plaque *aa*, qui ferme supérieurement le cône métallique creux *b* rempli d'oxygène, est munie d'une couronne de trous desquels l'oxygène, comme le gaz d'éclairage dans le bec d'Argand, s'élève sous forme d'un cylindre gazeux, dans lequel vient brûler avec une lumière d'un blanc brillant le gaz à l'huile arrivant par *c*. Comme on le voit, l'afflux des deux gaz est réglé par un seul robinet *d*, afin qu'on puisse les faire arriver tous les deux rapidement et sûrement en proportion convenable. L'appareil est disposé de façon que 60 litres de gaz à l'huile brûlés en une heure avec 50 litres d'oxygène fournissent une lumière qui représente 18 bougies de blanc de baleine ou 150 litres de gaz de houille. Bien que cette méthode d'éclairage ne puisse être que difficilement employée pour une ville tout entière, elle offre cependant de l'importance dans les cas où l'intensité ou la coloration de la lumière du gaz ordinaire n'est pas suffisante. Elle convient pour l'éclairage des travaux de nuit, des monuments, des mines, des tunnels et des grands magasins de nouveautés, en photographie et en microscopie, dans les travaux sous-marins à grandes profondeurs, etc. On peut (avec *P. Tieftrunk*) considérer l'introduction de l'oxygène comme un progrès important et plein d'avenir de l'industrie du gaz.

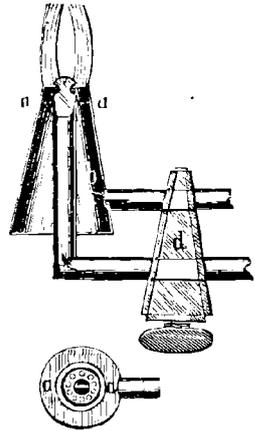


Fig. 442. — Bec pour la lumière oxycarbonée.

Éclairage au magnésium. — La lumière intense que produit la combustion du magnésium (voyez t. I, p. 255) est maintenant beaucoup employée dans la photographie sous le nom de *lumière de magnésium*. *Brothers*, photographe à Manchester, a trouvé que l'action photographique de la lumière du magnésium est rigoureusement proportionnelle au poids du métal brûlé. Le temps nécessaire pour fixer un objet dépend aussi de l'épaisseur et du nombre des fils en combustion. On peut abrégier ce temps de moitié en brûlant par seconde un poids double de fil. Sous certains rapports, l'éclairage au magnésium rend de véritables services. On a déjà dit quelle était son intensité optique. En outre, on trouve que son spectre renferme toutes les couleurs naturelles ; celles-ci sont, en réalité, légèrement modifiées par un excès de rayons lumineux qui se produit à l'extrémité violette du spectre, où la réfraction est la plus grande, et qui a pour effet de donner à la lumière une faible teinte bleue ; mais cette légère coloration ne présente aucun incon-

vènient. Son influence se réduit à faire paraître le jaune un peu plus clair, le bleu et le vert un peu plus foncés, et le rouge tirant un peu sur le violet. Ces changements sont moins sensibles que ceux produits par la lumière du gaz et des bougies. La lumière du magnésium a encore cet avantage que, proportionnellement à son pouvoir éclairant, elle produit très-peu de chaleur; sous ce rapport, le gaz est déjà supérieur à la bougie, car il ne donne que la moitié de chaleur dans un éclairage de même intensité. Mais le magnésium est de beaucoup supérieur au gaz, vu que pour une lumière également intense il produit une chaleur 265 fois moindre. Quant aux produits de la combustion, le magnésium a également un avantage sur le gaz et les bougies en ce qu'il ne produit ni vapeur d'eau ni acide carbonique, et que, par suite, il n'altère pas l'air d'une manière sensible, ce qui mérite surtout considération pour les cas d'une ventilation insuffisante. Cependant, si le magnésium, en brûlant, ne donne naissance ni à de la vapeur d'eau ni à de l'acide carbonique, il produit, il ne faut pas se le dissimuler, une quantité d'oxyde qui, sous forme d'une poussière extrêmement fine, se répand dans l'air et le rend promptement irrespirable. Néanmoins, le principal obstacle qui s'oppose à l'emploi du magnésium, comme matière éclairante, ne réside pour le moment que dans son prix élevé.

Les lampes au magnésium sont disposées pour brûler le magnésium soit en fils, soit en poudre. Dans les deux cas une flamme d'esprit-de-vin empêche la combustion de s'interrompre avant la fin de l'expérience. Dans les lampes de la *première* espèce (fig. 443) un fil rubané ou rond *og* est poussé en avant par un mouvement d'horlogerie réglé au moyen d'un volant R. Dans celles de la *deuxième* espèce la poudre de magnésium contenue dans un réservoir muni d'un robinet tombe lorsqu'on ouvre celui-ci dans la flamme de l'esprit-de-vin. La poudre de magnésium est mélangée avec du sable fin ($1/3$ de magnésium et $2/3$ de sable), afin qu'une quantité suffisante d'air arrive au contact du métal et que la combustion soit aussi complète que possible. (Dans la guerre de l'Angleterre contre l'Abyssinie (1868), la lumière de magnésium paraît avoir joué un certain rôle pour l'éclairage.) Un grand avenir est certainement réservé à la lumière au magnésium. Si l'on parvenait à préparer le magnésium en l'isolant du minerai au moyen du charbon de bois, comme on le fait pour le zinc — et l'analogie des deux métaux montre que ce n'est pas là une chose impossible — l'éclairage au magnésium coûterait beaucoup moins cher, et son adoption produirait une révolution analogue à celle qu'a provoquée le gaz lorsqu'il remplaça l'huile et la bougie.

Lumière de Chatham. Sous le nom de *lumière de Chatham*, on désigne en Angleterre une lumière éclatante obtenue par insufflation d'un mélange de résine et de magnésium en poudre dans la flamme d'une lampe à alcool; cette lumière peut être employée avec avantage dans la télégraphie ou pour produire des signaux pendant la nuit.

Éclairage électrique. — L'éclairage électrique a acquis dans ces deux dernières années une importance tout à fait inattendue, et il semble même destiné à faire une concurrence redoutable à l'éclairage par le gaz. On sait

qu'il se produit un vif dégagement de chaleur et de lumière lorsqu'on fait passer à travers des cylindres de charbon taillés en pointe et juxtaposés la décharge d'une batterie galvanique ou les courants produits par les machines magnéto-électriques de *Gramme*, et de *de Méritens*⁴. Les pointes des charbons s'échauffent et elles projettent une lumière blanche éblouissante. Lorsque le courant est en activité, on peut éloigner l'une de l'autre les pointes de charbon, et l'on obtient un magnifique arc lumineux

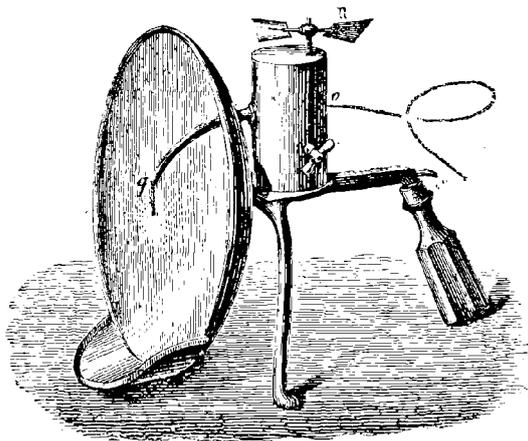


Fig. 445. — Lampe au magnésium.

produit par les particules incandescentes, qui se détachent du charbon en rapport avec le pôle positif de la pile et rejoignent l'autre charbon.

[Les cylindres de charbon que l'on emploie le plus souvent pour la production de la lumière électrique sont faits avec les dépôts qui se forment dans les cornues à gaz (charbon de cornue); mais il est préférable de se servir de charbons fabriqués artificiellement, d'après la méthode suivante, indiquée récemment (1877) par *F. Carré*. On lave d'abord du charbon de bois réduit en poudre fine avec une lessive alcaline, des acides et de l'eau régale, puis on humecte la poudre soit avec du sirop de gomme, une solution de gélatine, etc., soit avec des huiles grasses épaissies avec des résines, et l'on

⁴ Les machines magnéto-électriques, construites par *W. Siemens, v. Hefner-Alteneck, Gramme* et *de Méritens*, sont certainement appelées à jouer un rôle considérable dans les questions d'éclairage, parce que dans ces appareils le travail mécanique est transformé en électricité. Elles offrent à l'industrie le moyen de produire des courants électriques d'une force illimitée, d'une manière commode et économique, partout où une force active est disponible. Les résultats obtenus à Londres en 1867 avec la machine de *Siemens*, ont donné de grandes espérances, relativement à l'emploi des appareils magnéto-électriques pour l'éclairage, ainsi que pour l'électro-métallurgie, la décomposition de l'eau, la préparation de l'ozone dans les grandes blanchisseries, etc. D'après les expériences effectuées plus récemment (1874), il n'est pas impossible que dans un temps plus ou moins éloigné on puisse, comme cela a lieu maintenant pour le gaz et l'eau, conduire dans les habitations un courant électrique produit par de puissantes machines de ce genre, suivant les besoins, de la lumière, de la chaleur ou de la force.

en forme une pâte suffisamment plastique et consistante pour s'étirer en baguettes cylindriques dans une filière sous une pression d'environ 100 atmosphères. A l'aide de ce procédé, dont l'industrie tire aujourd'hui parti, on obtient des charbons trois ou quatre fois plus tenaces et surtout bien plus rigides que le charbon de cornue ; on peut les préparer avec la longueur et la grosseur que l'on désire ; ils sont d'une homogénéité parfaite et donnent une lumière très-stable. D'après *Carré*, on peut modifier l'éclat, l'intensité ou la couleur de la lumière électrique, en mélangeant avec la matière des charbons de l'acide borique et certains sels métalliques. Ces substances, ajoutées sous forme de poudre, dans la proportion de 3 à 8 pour 100, produisent les résultats suivants : la potasse et la soude doublent la longueur de l'arc électrique, le rendent muet, se combinent avec le silicium du charbon, le font fluer sous forme d'une perle de verre et augmentent la lumière dans le rapport de 1,25 : 1 ; la chaux, la magnésie et la strontiane accroissent l'intensité lumineuse dans la proportion de 1,30 ou 1,50 à 1, en produisant différentes colorations ; le fer et l'antimoine portent l'augmentation à 1,60 ou 1,70 ; l'acide borique augmente la durée des charbons en les enveloppant d'un enduit vitreux qui les isole de l'oxygène, mais sans augmenter la lumière.

Dans les appareils destinés à produire la lumière électrique il est indispensable qu'un régulateur maintienne constant l'écartement des charbons et rapproche les pointes à mesure qu'elles se consomment, sans les laisser arriver au contact. En général, les appareils au moyen desquels on arrive à ce résultat sont basés sur l'action d'un électro-aimant qui est traversé par le courant et qui met les charbons en mouvement, quand ce courant s'affaiblit par suite de l'écartement trop grand des pointes. Le régulateur de *Serrin*, qui est un des plus parfaits, comprend deux mécanismes : l'un, sorte de parallélogramme à angles articulés, oscillant de bas en haut, de haut en bas, sert à produire directement l'écart des charbons ; l'autre sert à les rapprocher proportionnellement à leur usure. L'un des côtés verticaux du parallélogramme sert à le maintenir en équilibre entre les deux forces antagonistes qui le sollicitent, son poids qui tend à le faire descendre, et un ressort qui tend à le faire monter. Le charbon supérieur descend ou s'arrête, commandé par le parallélogramme ; le charbon inférieur, mobile dans le système oscillant, peut glisser, par rapport à lui, de bas en haut, entraîné par le mécanisme de rapprochement. Le parallélogramme oscillant porte à sa base une armature en fer doux qui s'approche ou s'éloigne, en restant horizontale, des pôles d'un électro-aimant dont le fil fait partie du circuit du régulateur. Tant que le courant ne passe pas, les deux pointes de charbons se touchent ; le parallélogramme s'abaisse sous la pression du charbon supérieur, et enraye le mécanisme de rapprochement. Mais, dès qu'on ferme le circuit, l'électro-aimant, devenu actif, attire l'armature, entraînant avec elle le système oscillant et, par suite, le charbon inférieur, préalablement enrayé par ce mouvement ; l'arc électrique apparaît aussitôt et remplit le vide entre les deux pointes de charbon. A mesure que le courant devient moins

énergique, par suite de l'usure et de l'écartement des pointes, l'électro-aimant devient moins puissant, l'armature s'éloigne, le parallélogramme remonte et les pointes de charbon se rapprochent. Par suite de ce rapprochement incessant du parallélogramme, qui tantôt remontant de lui-même, tantôt descendant attiré par l'armature, dégage ou enraye tour à tour les rouages du mécanisme rapprochant, les charbons, une fois réglés, restent constamment à la distance voulue, et la lumière ne subit, dans son intensité, d'autres variations que celles qui sont causées par le défaut d'homogénéité de la matière des charbons.

B (fig. 444) est la tige qui porte le charbon positif c , elle se termine à la partie inférieure par une crémaillère C et elle glisse à frottement doux dans une douille H. Lorsqu'elle s'abaisse, et avec elle le charbon positif, la crémaillère transmet le mouvement à une roue G, dans l'axe de laquelle est fixée une poulie D. Cette poulie, tournant de droite à gauche, fait enrouler une chaîne z qui passe sur une seconde poulie y et va s'attacher en i à la partie inférieure d'une tige rectangulaire ; celle-ci, en s'élevant, fait monter la pièce K, qui porte le charbon négatif c' , en sorte que celui-ci monte à mesure que le charbon positif descend. Les deux charbons étant en contact, le courant entre par le fil P, monte suivant H B, jusqu'au charbon positif, passe au charbon négatif, va à la pièce K, se rend dans le sens des flèches dans la borne d , qui le cède à l'électro-aimant E, d'où il sort pour aller à la borne x et retourner à la pile par le fil N. Aussi souvent que le courant passe dans

l'électro-aimant, l'armature en fer doux A est soulevée et produit l'écart des charbons, par le mécanisme suivant. A l'armature est fixé un cadre VS oscillant autour d'un axe horizontal V, et lié à une tige q articulée en n à un second cadre mnp , mobile lui-même autour d'un axe m . L'armature A soulevée fait basculer le levier VS, la tige q s'abaisse et détermine l'écart des deux charbons. La tige q a abaissée en même temps une pièce g qui se termine par une lame horizontale t . Celle-ci, embrayant alors dans les dents

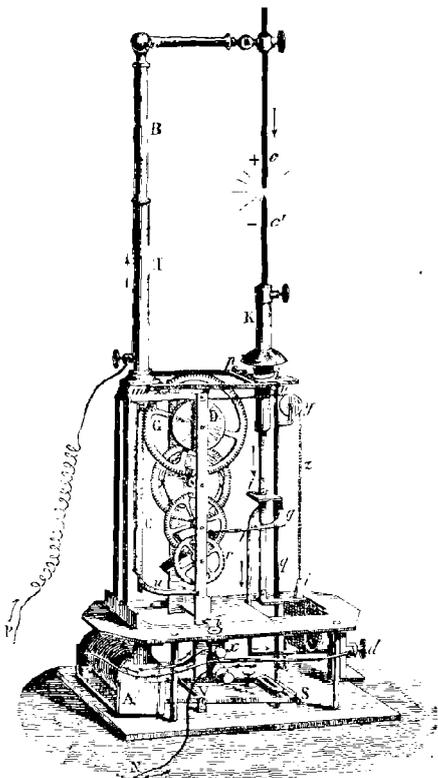


Fig. 444. — Régulateur de Serrin.

d'une roue à rochet r , l'arrête, et avec elle toutes les roues dentées de la crémaillère C . Les charbons sont alors fixés, et restent tels tant que le courant a assez d'intensité pour tenir l'armature A soulevée. Les charbons s'usant, leur distance augmente, et le courant faiblit, l'armature descend, la roue r se désembraye, les charbons marchent l'un vers l'autre, mais sans arriver au contact, parce que le courant, redevenu plus intense, soulève de nouveau l'armature et arrête les charbons. Cet appareil est rigoureusement automatique ; on peut l'abandonner entièrement à lui-même.

Le régulateur électro-magnétique, qui constitue la partie la plus importante de la lampe électrique, est un appareil coûteux et sujet à de fréquents dérangements. Le système imaginé en 1876 par l'ingénieur russe *P. Jablochkoff*, dans lequel les charbons se maintiennent d'eux-mêmes à la distance voulue et constante, est beaucoup plus simple et en même temps d'une grande efficacité. *Jablochkoff* dispose les charbons parallèlement l'un à côté de l'autre, à une distance convenable et qui dépend de l'intensité de la source électrique. Ces charbons sont noyés tous les deux dans une matière isolante, fusible et volatile, ayant l'apparence d'une bougie, de façon que leurs extrémités supérieures libres soient comme deux mèches de bougies placées en regard l'une de l'autre. Lorsqu'on met les charbons en communication avec le courant électrique par leurs extrémités inférieures, l'arc voltaïque se produit entre celles-ci, et à mesure que les charbons brûlent, la matière qui les enveloppe fond comme le corps gras d'une bougie, se volatilise et laisse ainsi à nu continuellement la même longueur des deux charbons, nécessaire à l'entretien de l'arc lumineux.

Jablochkoff, poursuivant ses recherches sur la production de la lumière électrique, a montré, en 1877, qu'il était possible de diviser en plusieurs foyers de petite dimension l'énorme quantité de lumière fournie par une seule source électrique. On se sert, dans ce but, des étincelles produites par un courant d'induction agissant sur des corps réfractaires. Le fil intérieur d'une série de bobines d'induction est introduit dans le circuit central d'une machine magnéto-électrique, et l'étincelle, résultant du courant induit, est dirigée sur une lame de kaolin, placée entre les deux extrémités du fil extérieur de chaque bobine. Le courant rend le kaolin incandescent. On fait passer d'abord le courant sur une amorce plus conductrice, disposée sur le bord de la lame de kaolin. La portion de plaque ainsi chauffée donne une ligne formant un conducteur très-résistant et qui, au passage d'un courant de forte tension, rougit au blanc en émettant une belle lumière. Sur toute cette longueur, une certaine quantité de kaolin, d'ailleurs très-faible (environ 1 millimètre par heure), est consommée. On obtient ainsi entre les deux extrémités du fil de la bobine une bande lumineuse magnifique, qui peut atteindre une longueur beaucoup plus grande que l'étincelle d'induction ordinaire et qui donne une lumière aussi douce et plus fixe qu'aucune lumière connue et dont la puissance dépend du nombre des spires et du diamètre des fils des bobines. Comme on peut placer un grand nombre de bobines dans le circuit et que sur chaque bobine on peut diviser en plu-

sieurs sections, qui éclairent séparément, une bande de kaolin de longueur convenable, on arrive ainsi à la division complète de la lumière électrique ; il est possible de cette façon d'obtenir avec la plus grande facilité cinquante foyers lumineux, d'intensité différente. *Jablochkoff* a employé dans ses expériences des bobines de diverses grandeurs ; l'intensité du foyer correspondant à chacune d'elles variait avec les dimensions de la bobine. Les intensités des différents foyers ont été échelonnées de façon à produire une série graduée de bandes lumineuses, dont les plus faibles donnaient une lueur équivalant à un ou deux becs de gaz et les plus forts à une lumière de quinze becs. Avec l'emploi de courants alternatifs, on peut supprimer l'interrupteur et le condensateur des bobines. Le système de distribution des courants se réduit alors à une artère centrale, représentée par la série des fils intérieurs de la bobine, sur laquelle s'embranchent autant de conducteurs distincts qu'il y a de bobines sur le circuit. Chaque foyer lumineux est par conséquent tout à fait indépendant ; il peut s'éteindre ou s'allumer séparément. La distribution de l'électricité dans un édifice qui doit être éclairé par la lumière électrique devient ainsi analogue à la distribution du gaz d'éclairage. Dans une fabrique l'éclairage est disposé de façon que les grandes pièces soient éclairées par des bougies électriques, et les bureaux, les corridors, etc., au moyen de bandes électriques. Les appareils pour l'éclairage de petits locaux sont très-simples : ils se réduisent à une pince retenant une lame de porcelaine, qui, avec une longueur de 1 centimètre, peut brûler toute une nuit. Au mois d'avril 1877, une des grandes salles des magasins du Louvre a été éclairée tous les soirs avec des foyers multiples d'après le système *Jablochkoff*, et au mois de juillet de la même année, dans les ateliers de *Denayrouse*, des expériences ont été effectuées avec un plein succès à l'aide de la lumière divisée et des bougies électriques ; la lumière divisée était douce, fixe, continue et blanche, et n'altérait aucunement les nuances des étoffes et des peintures ; enfin, les tentatives d'éclairage public, faites à Paris, en 1878, sur une très grande échelle à l'aide des nouveaux appareils, ont également donné des résultats tout à fait satisfaisants¹.

Dans la *lampe à charbons obliques*, imaginée par *E. Reynier* (1877), la lumière est produite par l'étincelle qui jaillit entre les bords de deux disques plats de charbon de cornue ; ces disques sont disposés obliquement l'un vers l'autre et leur écartement ou leur rapprochement est réglé par deux mouvements d'horlogerie agissant isolément sur chacun des charbons ; l'un de ces mouvements est manœuvré par l'opérateur pour la mise en place des disques, tandis que l'autre est commandé par un solénoïde intercalé dans le circuit et agit automatiquement. *Werdermann*, *Edison*, *Rapieff*, *Haughton* et d'autres, ont également construit tout récemment (1878) pour la produc-

¹ [D'après une décision prise récemment par le conseil municipal de Paris, l'Avenue de l'Opéra, déjà éclairée en 1878 par l'électricité, continuera à l'être, à titre d'essai, pendant un an à partir du 15 janvier 1879, et deux grands éclairages électriques seront établis l'un sur la place de la Bastille et l'autre dans un pavillon des Halles centrales.]

tion de la lumière électrique des appareils à l'aide desquels on effectue en ce moment des expériences en Angleterre, en France et en Amérique. Mentionnons enfin la bougie électrique de *Wilde*, qui comme celle de *Jablochkoff* se compose de deux charbons parallèles placés à une distance de 3 millim. l'un de l'autre, mais qui en diffère en ce que ces charbons sont libres dans toute leur étendue.]

Jacobi, de Saint-Petersbourg, a fait il y a quelques années, avec *Arge-reaud*, de Paris, des expériences extrêmement intéressantes sur l'éclairage des rues au moyen de la lumière électrique. Un appareil fut placé sur la tour de l'Amirauté à Saint-Petersbourg et les trois plus grandes rues de cette ville furent ainsi éclairées de 7 à 10 heures du soir; la lumière était si éclatante que les yeux pouvaient à peine la supporter pendant quelques secondes; bien que l'air fût tout à fait pur et le ciel étoilé, on voyait, en se plaçant de côté, l'air traversé par les rayons émanant de la source lumineuse, absolument comme lorsque la lumière solaire pénètre dans une chambre obscure par un petit trou; la lumière des lanternes à gaz paraissait rouge et fuligineuse. La pile qui fournissait le courant était composée de 187 éléments de *Bunsen*.

La lumière électrique est maintenant en France et en Angleterre l'objet d'applications très-étendues. En 1854, les docks Napoléon, à Rouen, ont été éclairés chaque soir durant plusieurs mois, pendant trois ou quatre heures; huit cents ouvriers, ainsi éclairés, travaillaient à une distance de plus de 100 mètres de la source lumineuse; l'appareil producteur de l'électricité se composait d'une batterie de 100 éléments de *Bunsen* grand modèle; la dépense de chaque soir s'élevait à 58 fr. 08, soit 4 centimes $\frac{3}{4}$ par ouvrier; la lumière revenait par conséquent à très-bon marché, et d'un autre côté le travail s'effectuait sans aucun danger et avec une régularité qu'il eût été impossible d'obtenir avec un autre mode d'éclairage. Dans le nord de l'Espagne, les travaux des chemins de fer furent, durant les étés de 1862 et 1863, effectués pendant la nuit, à cause de la grande chaleur du jour, et dans ce cas l'éclairage électrique fut aussi employé avec beaucoup de succès. Lors de la construction à Berlin, en 1871, du monument provisoire destiné aux séances du Reichstag, l'éclairage eut lieu pendant la nuit principalement à l'aide de la lumière électrique, qui était entretenue par deux piles, l'une de 200 éléments et l'autre de 80. Depuis quelque temps, on se sert de la lumière électrique pour l'éclairage des phares, par exemple, au cap de La Hève, près le Havre, pour les illuminations au théâtre (pour figurer le soleil dans *le Prophète*), dans les expériences d'optique (chromatope, *dissolving views*, éclairage des microscopes dans les cours publics), et pour l'éclairage des jardins publics à Paris, à Londres, à Vienne, à Berlin, à Bruxelles, à New-York et dans d'autres grandes villes. On a aussi tenté avec succès d'employer la lumière électrique en photographie (par exemple, dans l'établissement de *Goupil et C^{ie}*, à Asnières, près Paris); on a encore cherché à utiliser ce mode d'éclairage pour la pêche du poisson, du corail, des éponges et des perles. Au moyen de l'appareil du colonel russe *Weyde*, la mer peut être parfaite-

ment éclairée à une très-grande profondeur, ce qui est important pour les opérations militaires, comme l'a montré la guerre franco-allemande de 1870, pendant laquelle les vaisseaux français, qui avaient mission d'opérer dans la mer du Nord et dans la Baltique, étaient munis d'appareils pour la production de la lumière électrique; cet appareil a aussi son utilité lorsqu'il s'agit d'opérer le sauvetage des navires et de leur cargaison. Pendant le siège de Paris (1870-1871), la lumière électrique des forts fut fréquemment employée pour effectuer des reconnaissances.

[Au mois de mai 1877, la magnifique nef du palais de l'Industrie, qui mesure 200 mètres de long sur 60 mètres de large et 35 mètres de hauteur, a été éclairée pendant l'exposition de peinture et de sculpture au moyen de lampes de *Serrin*; deux foyers, composés chacun de six de ces lampes, étaient placés à 50 mètres de hauteur; l'électricité était fournie par douze petites machines *Gramme*, mues par deux locomobiles. L'intensité lumineuse ainsi obtenue était à peu près égale à celle de six mille becs de gaz; on lisait très-facilement des caractères assez fins dans toutes les parties de cette immense salle. L'éclairage électrique à l'aide du régulateur de *Serrin* et de la machine magnéto-électrique de *Gramme* a déjà remplacé le gaz dans différentes usines ou grands établissements. La gare du chemin de fer du Nord, la fonderie Ducommun à Mulhouse, la fabrique de caoutchouc de Ménier à Grenelle, la filature de Pouyer-Quertier à Rouen, l'établissement de Bréguet à Paris, etc., sont éclairés au moyen de la lumière électrique. Enfin l'éclairage des navires et des locomotives par l'électricité paraît, d'après les expériences effectuées tout récemment, devoir donner d'excellents résultats.]

TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DU POUVOIR ÉCLAIRANT DES PRINCIPALES MATIÈRES EMPLOYÉES POUR L'ÉCLAIRAGE.

a.	b.	c.	d.	e.
Espèce de la matière éclairante.	Consommation par heure en grammes.	Intensité de la lumière (1 bougie de cire = 100).	Lumière obtenue avec 40 gr. de matière.	Pouvoir éclairant (bougie de cire = 100).
Cire	9,02	102,0	111,02	100
Acide stéarique	9,94	95,55	96,08	84
Blanc de baleine	8,87	108,5	125,17	108
Suif	8,87	90,25	101,70	90
Paraffine (1 ^{re} qualité).	8,85	—	94,69	123
(2 ^e —).	8,49	—	159,87	159
Huile de colza (lampe modér.). . .	40,69	694,0	170,07	52
— (lampe de cuisine).	7,35	45,67	62,50	
— (lampe d'étude, sans verre).	9,86	114,1	115,80	102
Photogène	20,02	—	149,05	131
Huile solaire	26,82	—	222,64	199
Pétrole	15,60	—	174,40	180
—	8,90	—	186,10	195

D'après les expériences de *Frankland* et d'autres (1863-1874), les quantités suivantes de matières éclairantes donnent le même pouvoir éclairant :

Huile de paraffine (huile solaire de boghead)	4,53 litres.
Pétrole américain n° 1	5,70 —
— — n° 2	5,88 —
Pétrole allemand (de B. Hübner, de Zeitz)	5,27 —
Pétrole de Galicie	5,76 —
— de Roumanie.	5,89 —
Bougies de paraffine (de pétrole).	8,42 kilogr.
— — (de lignite).	9,35 —
— de blanc de baleine	10,57 —
— de cire.	11,95 —
— de stéarine.	12,50 —
Chandelles de suif ξ	16,59 —
— — (à la baguette)	18,50 —

INDUSTRIE DE LA PARAFFINE ET DES HUILES MINÉRALES

PARAFFINE.

La *paraffine* a été découverte en 1850 par le baron *Karl v. Reichenbach* de Blansko en Moravie et mort à Leipzig le 19 janvier 1869) parmi les produits de la distillation sèche du bois (pour la première fois dans le goudron de bois de hêtre) ; elle doit son nom au peu d'affinité (*parum affinis*) qu'elle a pour les autres substances ; elle n'est décomposée ni par les alcalis, ni par les acides, ni par la chaleur rouge. Plus tard, on a trouvé que la paraffine se forme aussi dans la distillation sèche de la tourbe, du lignite, du boghead, du schiste feuilleté, etc. (mais non de la houille proprement dite) ; c'est *Reece* qui le premier prépara, en 1849, de la paraffine par distillation sèche de la tourbe. L'extension qu'a prise en Allemagne la fabrication de la paraffine par distillation du schiste feuilleté du Rhin et du lignite de Saxe est due à *P. Wagenmann*, de Neuwied, et à *B. Hübner*, de Zeitz. Mais la paraffine se rencontre toute formée dans la nature et en très-grande quantité, par exemple : 1° dans le pétrole, qui en contient de 6 à 40 0/0 ; 2° dans les substances désignées sous les noms d'ozokérite, de *neft-gil* ou de cire fossile, qui se composent entièrement ou partiellement de paraffine ; 3° dans le *bitume* (malthe, asphalte), qui se trouve dans les roches schisteuses (schistes bitumineux).

La méthode employée pour la préparation de la paraffine diffère suivant que celle-ci doit être un produit principal ou un produit secondaire. On l'obtient comme produit secondaire dans le traitement du pétrole, de l'ozokérite et du *neft-gil*, et comme produit principal dans la distillation sèche du lignite, de la tourbe, du déblai des mines de houille appelé en Angleterre *coal shale*, du boghead, etc.

I. Extraction de la paraffine (belmontine) du pétrole, de l'ozokérite et du bitume. — *a. Extraction de la paraffine du pétrole.* On sait, depuis longtemps déjà, que le pétrole renferme de la paraffine ; ainsi *A. Buchner* a trouvé dès 1820, dans le pétrole de Tegernsee (Bavière supérieure), une substance grasse, que plus tard *v. Kobell* reconnut pour de la paraffine

(c'est pour cela que *Buchner* est regardé dans la province de Munich comme l'auteur de la découverte de la paraffine), et les analyses effectuées sur le pétrole de Bakou, sur le bord de la mer Caspienne, et sur celui d'Amiano, non loin de Parme, ont montré que cette matière renferme d'assez grandes quantités de paraffine. L'idée de traiter le pétrole pour paraffine ne s'est cependant produite qu'en 1856, lorsque cette huile minérale et surtout les espèces riches en paraffine arrivèrent sur le marché en quantité considérable. Les pétroles d'Amérique ne contiennent que peu de paraffine, mais il s'en trouve de grandes quantités dans ceux qui viennent des Indes, notamment dans le naphte de Burmah ou l'huile de Rangoon, qui, d'après *Gregory, de la Rue et H. Müller*, en renferme jusqu'à 10 pour 100, et dans le pétrole de Java, dont la richesse en paraffine s'élève jusqu'à 40 pour 100, d'après les recherches de *Bleekerode*. Le naphte de montagne est aussi employé avec avantage dans la Galicie occidentale pour la préparation de la paraffine (d'après *Jicinsky*, on a extrait en Galicie, en 1866, 2,250,000 kilogrammes de paraffine du naphte de montagne).

D'après le brevet pris en Angleterre en 1854 par *de la Rue*, pour la préparation de la paraffine et des hydrocarbures avec le pétrole, l'huile de Rangoon, que l'on extrait de puits creusés à Burmah non loin du fleuve Irawaddi, est traitée de la manière suivante : L'huile brute est d'abord distillée, et dans ce but elle est introduite dans une chaudière, dans laquelle on fait arriver de la vapeur d'eau à 100°, et qui peut aussi être chauffée extérieurement. Il distille environ 25 pour 100 du poids de la substance, que par distillation fractionnée on peut dédoubler en différents hydrocarbures, dont la densité varie de 0,62 à 0,86 et le point d'ébullition de 26,7 à 200°. Le plus léger de ces hydrocarbures est employé comme anesthésique sous le nom de *sherwood oil*, les plus lourds sont brûlés comme huile solaire. Le résidu de la distillation, qui s'élève à 75 pour 100 du poids de l'huile employée, est soumis dans une cornue en fer à une deuxième distillation, pour laquelle on emploie de la vapeur d'eau à 150 ou 300°. Les produits de volatilité différente sont recueillis séparément. Les portions qui passent en dernier lieu contiennent surtout de la paraffine, que l'on peut séparer aussi complètement que possible par réfrigération. Les essences lourdes sont employées comme huile de graissage. La paraffine purifiée porte le nom de *belmontine*.

b. Extraction de la paraffine de l'ozokérite. — A Aussig, à Florisdorf, à Ostrau, en Moravie, à Vienne (dans la fabrique de *G. Wagenmann*), à Neupest, à Temesvar, à Stockerau, à Hermanstadt, dans la fabrique de *J.-F. Otto*, à Francfort-sur-l'Oder et aussi depuis quelque temps (dans la fabrique de *G. Siemens*) à Battersea, près de Londres, on prépare de grandes quantités de paraffine avec l'*ozokérite de Galicie* (cire minérale, paraffine fossile), qui se trouve surtout dans le sable, l'argile et la marne à Boryslaw, près de Drohobycz, et à Dzwiniacz, près de Stanislawow (Galicie) sur le versant septentrional des Carpathes et des montagnes de la Transylvanie, jusque dans les vallées du Danube, en Moldavie (à Slanik). L'ozokérite se rencontre éga-

lement au Texas, ainsi qu'en Angleterre, près de Newcastle. La paraffine est aussi fabriquée depuis plusieurs années avec le *neft-gil* (naphte solide, bitume cireux), matière identique avec l'ozokérite, et que l'on rencontre dans les îles de Swatoï-Ostrow et de Tschelekan (ou île de naphte), situées sur les côtes occidentale et orientale de la mer Caspienne.

[Le traitement de l'ozokérite de Galicie¹ s'effectue, d'après *J. Grabowski* (1877), de la manière suivante : L'ozokérite brute est d'abord séparée de sa gangue par fusion à feu nu ou à la vapeur. Dans le premier cas, on fait fondre la matière dans une chaudière en fer d'environ 50 centimètres de diamètre et de 1 mètre de hauteur, on décante la partie liquide, on ajoute de l'eau au résidu et l'on chauffe de nouveau (à la vapeur); le reste de l'ozokérite se rassemble alors à la surface de l'eau. Lorsque ce reste a été réuni à la portion décantée et que les impuretés adhérentes se sont déposées par le repos, on verse le liquide clair dans des moules en fer pouvant contenir 50 à 60 kilogrammes, et l'on emballe les blocs ainsi obtenus. On rencontre dans le commerce deux sortes d'ozokérite, qui sont distinguées par les dénominations de *prima* et *secunda*. L'ozokérite *prima* ne doit pas contenir d'impuretés; elle doit être transparente en couches minces et d'un brun verdâtre ou jaune. La *secunda* est brun foncé, mate, plus molle et imprégnée d'impuretés. Elles sont employées toutes les deux soit pour la préparation de la paraffine et des huiles minérales, soit pour la fabrication de la cérésine. Pour extraire la paraffine et les huiles minérales, on soumet l'ozokérite à la distillation, par quantités de 700 à 1,000 kilogrammes, dans des cornues en fer chauffées à feu nu, et l'on obtient :

Benzine	2	à	8 p. 100
Naphte	15	20	—
Paraffine	36	50	—
Huiles de graissage.	17	20	—
Résine	10	20	—

D'après le procédé de *Cogniet* (1877), l'ozokérite est d'abord débarrassée des matières terreuses par lévigation et fusion à la vapeur; elle est ensuite soumise à l'action de la vapeur surchauffée à 285°; il passe à la distillation de la paraffine et des hydrocarbures liquides, ainsi que de l'ozokérite amorphe que l'on traite de nouveau par la vapeur surchauffée. La paraffine, séparée de la partie liquide par un filtre à double effet, est décolorée par le noir animal à une haute température.]

Dans la fabrique de Stockerau, près de Vienne, ainsi que chez *J.-C. et J. Field*, à Lambeth, près de Londres, et chez *E. Wagenmann*, à Vienne, on prépare, sans distillation, depuis 1875, avec l'ozokérite, outre la paraffine obtenue par distillation, une *ozokérite purifiée*, qui possède la plupart des propriétés de la cire des abeilles et que l'on produit dans toutes les nuances du jaune de cire au blanc et avec un point de fusion variant de 50 à 80°.

¹ La production de l'ozokérite de Galicie s'est élevée, en 1875, à 20 millions de kilogrammes, sur lesquels plus de 18 millions ont été fournis par Boryslaw.

Des produits analogues, qu'on livre au commerce sous le nom de *cérésine*, de cire minérale ou de cire d'abeilles factice (voyez p. 694), sont fabriqués à Francfort-sur-l'Oder.

c. Extraction de la paraffine du bitume. — En Angleterre on prépare également de la paraffine avec le *bitume*, qui se rencontre sous le nom d'asphalte ou de goudron minéral. Les roches schisteuses, comme l'argile et la marne schisteuses, imprégnées de bitume, portent le nom de *schistes bitumineux*.

Le bitume, qui se trouve dans l'île de la Trinité, à Cuba, en Californie, dans le Nicaragua, au Pérou et au Canada, constitue une source abondante de paraffine et de matières éclairantes liquides. L'asphalte de Cuba et celui de la Trinité fournissent 1,75 pour 100 de paraffine. Le schiste bitumineux que l'on rencontre en quantités abondantes dans le Banat et en Hongrie est traité dans la ville d'Oravicza. D'après *Wünschmann*, le goudron de ce schiste donne par distillation 5 à 6 pour 100 de paraffine, 49 pour 100 d'huile pour lampes et 6 pour 100 d'huile de graissage. Le schiste bitumineux de la Transylvanie était autrefois traité pour paraffine par la Société *Wiesmann et Cie*, à Beul, près de Bonn.

II. Préparation de la paraffine par distillation sèche. — On prépare la paraffine par distillation sèche avec le lignite, la tourbe, le schiste feuilleté ou schiste à kérosène, le boghead, le cannel-coal, etc.

Le lignite est, en Allemagne, la matière la plus importante pour la préparation de la paraffine; mais tous les lignites ne conviennent pas pour cet usage; le meilleur se trouve dans le district de Mersebourg, près de Halle, de Weissenfels et de Zeitz, ainsi que dans le royaume de Saxe, près de Borna. La fabrication de la paraffine et de l'huile minérale est devenue très importante dans la province de Saxe. [Le schiste feuilleté ou schiste à kérosène, désigné aussi récemment sous le nom de *naphtoschiste*, est exploité en France, dans le département de Saône-et-Loire, aux environs d'Autun, ainsi que dans le département de l'Allier, près de Buxières-la-Grue. Le terrain houiller des environs de Fréjus (Var), à Boron, renferme également des couches de naphtoschiste, ressemblant au boghead d'Écosse et à certains *cannel-coals*, et que depuis quelques années on exploite également pour les distiller et en fabriquer des huiles minérales (*huiles de schiste*). Dans le bassin houiller de Vouvan (Vendée), ainsi que dans l'Ardèche, à Vagnas, on rencontre aussi des naphtoschistes. Le *boghead* d'Écosse, aussi employé pour la préparation du gaz portatif (voyez p. 758), donne par distillation une huile (*huile de boghead*) extrêmement éclairante; le charbon désigné sous le nom de *cannel-coal* sert aussi en Angleterre pour la fabrication des huiles minérales. En Autriche, on utilise pour la préparation des huiles et de la paraffine des schistes avoisinant la houille. Enfin, la Nouvelle-Galles du Sud renferme également des naphtoschistes se rapprochant beaucoup du boghead d'Écosse et que l'on soumet à la distillation. A Kildare, en Irlande, à Fontaine-le-Comte (Oise) et en Allemagne, la tourbe est distillée sur une

très-grande échelle en vue de la préparation du gaz, des huiles minérales et de la paraffine.]

La fabrication de la paraffine avec les matières dont il vient d'être question comprend : 1° la préparation du goudron par distillation de la matière brute, et 2° le traitement du goudron pour photogène, huile solaire et paraffine. (Le goudron de houille, que l'on obtient en si grande quantité dans les usines à gaz, ne contient pas de paraffine, mais seulement de la naphthaline et de l'anthracène.)

Distillation de la matière brute. — La *préparation du goudron* est une des opérations les plus importantes et les plus difficiles de l'industrie de la paraffine et de l'huile solaire, et les nombreuses entreprises qui depuis cinquante ans ont été faites en vue du traitement des combustibles fossiles pour matières éclairantes ont péri uniquement à cause de l'imperfection des procédés employés pour la préparation du goudron.

On prépare le goudron dans des fours disposés spécialement pour cet usage (*fours à goudron*) ou dans des *cornues*, et avec ou sans emploi de la vapeur d'eau surchauffée. L'extraction du goudron dans les fours est la méthode la plus ancienne et la plus grossière. Le principe du four à goudron est simple. On veut que la couche inférieure de combustible fossile qui brûle produise la distillation sèche des couches qui sont au-dessus, et qui alors se carbonisent avec formation de goudron et de produits gazeux. Le goudron, qui se condense sur la couche d'argile qui recouvre le combustible à transformer en goudron, coule vers les parties inférieures de la masse et se rassemble dans une rigole où on le recueille ; les produits gazeux se perdent dans l'air. Bien que ces fours offrent l'avantage de pouvoir travailler d'une manière continue, l'expérience de dix années a cependant montré que la transformation en goudron des combustibles bitumineux offre de grandes difficultés et qu'elle donne de mauvais résultats lorsqu'il s'agit de préparer un goudron destiné à être traité pour paraffine et photogène, même si l'on construit le four en forme de cuve et si on le munit de ventilateurs pour l'aspiration des produits volatils de la distillation sèche. Un four à goudron, construit en 1859 par *L. Unger* (directeur d'une fabrique de paraffine, à Döllnitz, près de Halle), ferait disparaître les inconvénients qui accompagnent la transformation des combustibles fossiles en goudron par le procédé ordinaire ; en outre, il aurait l'avantage de pouvoir être installé à peu de frais, de donner un grand rendement, de n'exiger qu'une faible dépense de main-d'œuvre et de combustible, et la conduite de l'opération est tellement simplifiée que les bons résultats que l'on obtient dépendent moins de l'intelligence et du soin des ouvriers que de l'appareil lui-même.

Les *cornues*, notamment les cornues *horizontales*, sont aussi fréquemment employées pour la préparation du goudron. L'expérience a cependant appris que les fours dans lesquels se trouvent au-dessus du même feu (comme dans la fabrication du gaz, qui repose sur des principes tout à fait opposés) un grand nombre de cornues, par exemple, 4 ou 8, ne donnent

pas des résultats favorables, même lorsque l'opération est conduite avec soin. Il semble beaucoup plus convenable d'établir chaque cornue dans un foyer séparé, surtout si l'on se sert d'une grande cornue de fonte à section ovale et de 3 mètres de long sur 90 centimètres de large et 45 centimètres de hauteur, parce que cette forme est celle qui résiste le mieux à la force expansive des gaz et des vapeurs. On a récemment employé en Bohême avec des résultats assez favorables un four analogue à un four de boulanger à voûte plate et entièrement construit avec des briques bien cuites; mais, lorsqu'il est hors d'usage, on ne peut pas le mettre en activité sans le reconstruire, parce qu'il ne peut être réparé que très-difficilement, bien que d'un autre côté il offre l'avantage de pouvoir être établi à peu de frais. *Vohl* a observé que la présence de 20 à 25 pour 100 d'eau dans la matière à transformer en goudron favorise beaucoup le rendement en cette dernière substance, ce qui paraît tenir à ce que la vapeur d'eau surchauffée prévient l'échauffement trop considérable de la matière, échauffement qui convertirait une partie du goudron en produits gazeux, et en outre à ce que les vapeurs aqueuses éloignent aussi rapidement que possible les produits de la distillation de la sphère de décomposition de la cornue ou de l'appareil producteur de goudron; c'est cette observation qui a conduit *Lavender* à construire un appareil qui en principe ressemble à l'appareil imaginé par *Violette* pour la carbonisation du bois (voy. t. I, p. 328). L'appareil de *Lavender* est un cylindre en fonte horizontal, muni inférieurement d'ouvertures, par lesquelles pénètre de la vapeur d'eau surchauffée; à la partie supérieure du cylindre se trouve un tube abducteur pour les produits de la distillation. Le procédé de *L. Ramdohr* pour l'extraction du goudron de lignite à l'aide de la vapeur d'eau semble plus convenable, il fournit un goudron (*goudron à la vapeur*) qui contient de 22 à 24 pour 100 de paraffine et de 56 à 58 pour 100 d'huile.

Condensation des vapeurs de goudron. — Le refroidissement ou la condensation des produits de la distillation est de la plus grande importance au point de vue du rendement en goudron. *Vohl* a montré que, même si la construction des cornues est défectueuse, on peut obtenir un rendement en goudron avantageux, si le refroidissement est conduit avec soin.

La condensation complète des vapeurs de goudron est un des problèmes les plus difficiles de la fabrication de la paraffine et de l'huile minérale, et les moyens ordinairement employés dans ce but (refroidissement énergétique, larges surfaces de condensation, refroidissement par l'air ou la terre, injection d'eau froide, etc.) ont en général été reconnus comme insuffisants, et ils ne peuvent empêcher la perte de grandes quantités de vapeur. On a essayé fréquemment de condenser les vapeurs de goudron comme on condense les vapeurs aqueuses et alcooliques. Mais, si l'on examine attentivement d'une part la distillation des liquides, et d'autre part la distillation sèche, on trouve qu'elles offrent de très-grandes différences. Pendant l'ébullition des liquides, comme, par exemple, lors de la distillation de l'alcool contenu dans le moût fermenté (voyez page 208), les vapeurs qui se forment dépla-

cent peu à peu l'air contenu dans la chaudière et dans le réfrigérant et finissent par remplir tout l'appareil. Dès que les vapeurs arrivent au contact des parois froides du réfrigérant, elles se précipitent et par suite du vide produit par la condensation elles font place à d'autres vapeurs, qui passent aussi immédiatement à l'état liquide. Lorsque le refroidissement est suffisant, la perte, comme l'apprend la fabrication de l'alcool, est réduite au minimum, car la dernière bulle de vapeur ne peut pas se soustraire à la condensation. Dans la distillation sèche les choses se passent tout autrement. Il se forme en même temps que les vapeurs de grandes quantités de gaz : lorsque le mélange de gaz et de vapeurs arrive dans le réfrigérant, les particules de vapeur, qui se trouvent immédiatement en contact avec les parois du réfrigérant, se précipitent et sont remplacées par une couche de gaz qui enveloppe le reste des vapeurs et qui conduisant mal la chaleur empêche l'action du condensateur. Il résulte de là que dans le milieu des tubes réfrigérants un courant de vapeur mélangée avec des gaz permanents passe sans changer d'état, malgré un refroidissement énergique, et c'est ce qui explique pourquoi, avec une condensation insuffisante, il se dégage du condensateur, sous forme d'un nuage épais, des particules d'huile et de paraffine qui se déposent, sous forme d'une masse jaune et grasse, sur un tampon d'étoffe maintenu devant l'orifice du tube condensateur. Pour obtenir une condensation suffisante des vapeurs de goudron, il faut par conséquent que toutes les particules de celui-ci arrivent au contact des surfaces condensatrices, et celles-ci n'ont besoin ni d'être grandes ni d'être fortement refroidies, car on sait que la chaleur latente des vapeurs de goudron est très-faible et qu'un abaissement de température modéré est suffisant pour les faire passer à l'état liquide. Le mélange de gaz et de vapeurs peut être comparé à une émulsion, et de même que par un battage rapide on sépare les particules grasses du babeurre, de même aussi on peut beaucoup favoriser la séparation des vapeurs par l'emploi d'exhausteurs en forme de ventilateurs à ailettes. Par conséquent, lorsqu'il s'agit de condenser des vapeurs de goudron, on doit surtout faire en sorte que les molécules de vapeur changent continuellement de place et qu'elles soient maintenues en contact immédiat avec les parois du réfrigérant. On doit éviter de se servir de tubes dans lesquels les vapeurs circulent suivant la direction d'une ligne droite non interrompue.

La température à laquelle s'effectue la distillation a une grande influence sur le rendement en goudron et sur la richesse de celui-ci en paraffine et en huile minérale, et il en est de même de la rapidité avec laquelle les gaz et les vapeurs circulent dans le réfrigérant. En pratiquant des distillations comparées avec des tourbes écossaises et françaises dans des cornues verticales, dans des cornues horizontales et dans des fours à goudron, *H. Vohl* a montré quelle influence la forme et l'espèce de l'appareil distillatoire exercent sur le rendement en goudron. Sous le n° I sont les résultats obtenus avec les cornues horizontales, sous le n° II les résultats donnés par les cornues verticales, et sous le n° III ceux fournis par les fours à goudron. 100

parties de tourbe ont donné en goudron :

	i.	ii.	iii.
Tourbe française.	5,59	4,67	2,69
Tourbe écossaise.	9,08	6,39	4,16

Le goudron produit dans les différents appareils avait les poids spécifiques suivants :

	i.	ii.	iii.
Tourbe française.	0,920	0,970	1,006
Tourbe écossaise.	0,935	0,970	0,937

Ces résultats montrent que la cornue horizontale donne le rendement le plus grand et le four à goudron le rendement le plus petit. En outre, dans la cornue horizontale la durée de la distillation est plus courte que dans les autres appareils, et il s'y produit moins de gaz. Dans les fours, le goudron et le résidu carbonneux sont brûlés par un afflux d'oxygène trop considérable.

Propriétés du goudron. — Le *goudron*, tel qu'on l'obtient par distillation sèche de la tourbe, du lignite, du schiste feuilleté, du boghead et des autres matières analogues, a une couleur brune de café, il possède (le *goudron de cornue*) une réaction le plus souvent alcaline et quelquefois acide, et il se distingue par une odeur de goudron pénétrante et caractéristique. Sous l'influence d'un long séjour au contact de l'air le goudron absorbe de l'oxygène et sa couleur brun-clair passe au brun foncé, et quelquefois même au brun noir. A cause de la paraffine qu'il renferme il se solidifie souvent à 9 ou 6° en une masse analogue au beurre. Il flotte sur l'eau et il a un poids spécifique de 0,85 à 0,95. Le *goudron à la vapeur* extrait du lignite à l'aide de la vapeur d'eau surchauffée est (d'après *Ramdohr* — 1869) toujours acide et complètement saponifiable par les alcalis. Il se solidifie dès la température de 55 ou 60°, et il peut même en été se conserver en blocs sans se ramollir. Son poids spécifique est égal à 0,875.

En ce qui concerne la quantité de goudron (goudron de cornue) fournie par 100 parties de matière brute, les résultats suivants sont ceux que l'on obtient le plus généralement :

	GOUDRON.	POIDS SPÉCIFIQUE.	PARAFFINE BRUTE.
Schiste feuilleté (Siehengebirge)	20	0,880	0,75 0,0
— (Hesse)	25	0,880	1,00
Lignite (province de Saxe).	7	0,910	0,50
— —	10	0,920	0,75
— —	6	0,915	0,50
— —	5	0,910	0,25
— (Bohême).	11	0,860	—
— (Westerwald)	5,5	0,910	—
— —	3,5	0,910	—
— (Nassau)	4	0,910	—
— —	5	0,910	—
— (Francfort)	9	0,890	—
— (Silésie)	3	0,890	0 25

	GOUDRON.	POIDS SPÉCIFIQUE.	PARAFFINE.
Schiste liasique (Vendée)	14	0,870	1,00
— (Westphalie)	5	0,920	0,05
Schistes à posidonies (Wurtemberg) . .	9,65	0,575	0,124
Tourbe (Neumark)	5	0,910	0,55
— (Hanovre)	8	0,920	0,55
— (Erzgebirge)	5,7	0,902	0,55
— —	5,5	0,905	0,40
— (Russie)	5,86	—	—
— —	7,00	—	—
Boghead (Écosse)	34	0,860	1,0 à 1,9
Cannel-coal —	—	—	1,0 à 1,5
Peltonmain-coal (Écosse)	—	—	1,0
Grove-coal —	9	0,910	1,0 à 1,25

Déshydratation du goudron. — Le traitement du goudron commence par la *déshydratation* de celui-ci. Dans ce but, le goudron est amené, à l'aide d'une pompe, du bassin où il s'est rassemblé, dans les *appareils à déshydratation*. Ces appareils sont des grandes caisses en tôle à chaudière placées dans des caisses plus grandes, de manière qu'il y ait entre les deux parois un espace de 10 centimètres, dans lequel se trouve de l'eau qui, à l'aide de la vapeur, peut être maintenue pendant 10 heures à une température de 60 à 80°. Au bout de ce temps l'eau ammoniacale, qui formait environ le tiers du goudron brut, et une grande partie des impuretés, consistant en poussière de charbon, se sont séparées du goudron. La petite quantité d'eau qui reste encore n'exerce plus aucune influence nuisible sur la distillation à effectuer. La caisse à déshydrater est munie de deux robinets, dont l'un se trouve près du fond et l'autre 50 centimètres plus haut. A l'aide du robinet inférieur, on soutire l'eau ammoniacale et, par le supérieur, on fait écouler le goudron déshydraté.

Les goudrons légers d'un poids spécifique faible peuvent être dépouillés de leur eau en un temps très-court, les goudrons lourds, dont le poids spécifique atteint presque celui de l'eau ammoniacale, sont, on le comprend, plus difficiles à déshydrater. Lorsqu'on a affaire à des goudrons très-lourds, il faut, d'après les indications de *Vohl*, augmenter la différence des poids spécifiques du goudron et de l'eau en dissolvant dans celle-ci du sel marin, du sel de Glauber, du chlorure de calcium, etc.; de cette façon la séparation de l'eau du goudron serait rendue plus rapide. Mais, d'après *Dullo*, tous les moyens qui ont pour but de rendre plus rapide et plus complète la séparation de l'eau du goudron sont ou trop coûteux ou inutiles. On doit apporter beaucoup de soin à la déshydratation du goudron, parce qu'autrement la distillation est très-prompement arrêtée par le débordement du goudron, qui est aussi généralement la cause des incendies dans les fabriques de paraffine et d'huile minérale.

Distillation du goudron. — Le goudron déshydraté est soumis à la *distillation*. Cette opération est ordinairement pratiquée dans des chaudières d'une capacité de 10 hectolitres environ. Elles sont le plus ordinairement

en fonte. Pour les empêcher de se percer rapidement, on construit entre le foyer et le fond de la chaudière une voûte en briques réfractaires, qui préserve le fond de l'appareil contre l'action directe de la flamme. On emploie en outre avec avantage une chaudière composée de deux parties dont l'inférieure, qui forme le fond, est vissée sur la supérieure, et les points de contact sont enduits avec de l'argile. Lorsque le fond de cette chaudière a été percé par le feu, on n'a qu'à remplacer la partie inférieure.

Les chaudières à distillation sont munies de chapiteaux très-plats et de larges orifices. Les vapeurs des différentes huiles ont un poids spécifique très-élevé, aussi ne peuvent-elles être élevées qu'avec peine à une certaine hauteur ; à cause de la faible quantité de chaleur latente que possèdent ces vapeurs et de la facilité avec laquelle elles se condensent et retombent dans la chaudière, il est nécessaire de couvrir les chapiteaux avec des corps mauvais conducteurs de la chaleur, avec du sable ou de la cendre. Lorsque le goudron est bien déshydraté, la distillation est tranquille, sa marche s'effectue régulièrement ; mais, s'il contient des particules d'eau mélangées mécaniquement, la masse écume beaucoup et elle passe par-dessus la chaudière. Le goudron commence à bouillir d'une manière sensible au-dessous de 100°, mais alors le phénomène n'est occasionné que par le dégagement du sulfure d'ammonium très-volatil et des bases du pyrrol. Les gaz qui se dégagent au commencement doivent, au moyen de dispositions convenables, être entraînés hors du local où s'effectue la distillation. La distillation proprement dite ne commence qu'à 100°. On obtient d'abord avec des huiles légères une petite quantité d'eau ammoniacale très-concentrée. Au bout de peu de temps la distillation ne fournit plus d'eau et l'huile coule sans interruption dans le récipient. Le point d'ébullition du goudron n'est pas constant, il varie toutes les 5 ou 10 minutes ; ce n'est que lorsqu'il a distillé une grande quantité d'huile et que la température a dépassé 200° que le point d'ébullition demeure assez constant, et l'on obtient maintenant en même temps que l'huile une nouvelle portion d'eau. Cette eau n'est pas le résultat de la décomposition des huiles, mais c'est l'eau chimique de la créosote et de l'acide carbolique, qui devient libre à cette température. Lorsque le dégagement de l'eau a cessé, il se produit un temps d'arrêt dans la distillation et on ne peut la remettre en activité qu'en augmentant le feu. Les huiles que l'on obtient maintenant se solidifient par le refroidissement, à cause de la paraffine qu'elles renferment, et on les recueille à part. On peut alors pousser la distillation à sec ; et dans ce cas il faut renoncer à l'asphalte et enlever le résidu de la chaudière après 4 ou 5 opérations, ou bien on prend avec une petite cuiller de fer des échantillons d'asphalte, dont on examine la consistance. Lorsque l'asphalte a la dureté convenable, on laisse éteindre le feu et refroidir la chaudière pendant quelques heures, et on vide celle-ci au moyen du robinet qui se trouve au fond de l'appareil. Lorsque la distillation a été poussée à sec, on obtient à la fin une nouvelle quantité d'eau, qui est le résultat d'une décomposition (d'une oxydation). Avec une chaudière d'une capacité de 500 litres la distillation exige de 12 à

13 heures, lorsqu'on chauffe jusqu'à sec, et de 8 à 10 heures, lorsqu'on veut obtenir de l'asphalte.

La chaudière est séparée de l'appareil condensateur par un mur à travers lequel passe le tube du chapiteau. Les condensateurs sont des serpentins en plomb établis dans de grandes cuves en plomb, où coule continuellement de l'eau froide. Lorsque la paraffine commence à passer, on suspend l'afflux de l'eau froide et on laisse l'eau du réfrigérant s'échauffer, afin que la paraffine ne bouche pas les serpentins. Comme on l'a déjà dit précédemment, on distille jusqu'à ce qu'il reste dans la cornue un résidu charbonneux, et afin que les gaz permanents, qui, vers la fin, se forment en grande quantité par la décomposition des huiles exposées à une température très-élevée, ne se répandent pas dans le local où s'effectue l'opération, on fait usage d'une disposition très-ingénieuse, à l'aide de laquelle on force les produits gazeux à s'échapper par un tube qui les conduit au-dessus du toit, et cela sans empêcher le liquide de s'écouler goutte à goutte par l'orifice du serpentin dans le vase placé au-dessous de celui-ci.

Traitement des produits de la distillation. — Le mélange des *produits de la distillation* est reçu dans un grand cylindre en fonte fermé, et on le traite par une solution de *soude caustique*, en ayant soin qu'il se produise entre la lessive et les huiles un contact aussi intime que possible. Ce traitement a pour but de combiner avec la soude les corps acides, par exemple, les substances appartenant à la série homologue de l'acide carbolique (que dans les fabriques on désigne sous le nom de *créosote*) et les corps acides analogues au vinaigre de bois, qui donnent aux huiles leur odeur désagréable et leur couleur foncée.

Cela fait, on soutire le mélange dans une caisse en tôle, où se déposent le *créosotate de sodium* (carbolate de sodium) et les autres combinaisons sodiques. On fait écouler ce liquide et on lave l'huile avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle n'offre plus de réaction alcaline. L'huile arrive ensuite dans un cylindre en fonte semblable au premier, et dans ce vase on la traite avec l'*acide sulfurique*, de la même manière qu'avec la soude. Ce traitement a pour but de combiner tous les corps basiques, qui contribuent aussi à donner à l'huile brute sa couleur et son odeur désagréable. La durée de l'action de l'acide sulfurique, le degré de concentration de celui-ci et sa quantité dépendent entièrement de la nature des huiles brutes, qui indique aussi si, pendant la réaction, le mélange doit ou ne doit pas être chauffé. Dans certains cas, il suffit de faire agir pendant une minute 5 pour 100 d'acide sulfurique d'un poids spécifique de 1,70, et dans d'autres il est nécessaire d'employer 25 pour 100 d'acide, dont la durée de l'action doit être prolongée pendant trois heures. Ce traitement exerce une grande influence aussi bien sur la qualité de l'huile que sur le rendement en huile pure. Lorsque le traitement par l'acide sulfurique est long, il se forme toujours de grandes quantités d'acide sulfureux, et il en résulte une augmentation du poids spécifique des huiles, car il se produit de l'eau en même temps que l'acide sulfureux, et ce sont les produits les plus légers, et dans ce cas les plus dé-

composables, qui fournissent l'hydrogène pour la formation de l'eau et qui sont ainsi transformés en produits plus riches en carbone et par conséquent plus lourds. Lorsque l'action de l'acide sulfurique est terminée, on soutire le mélange dans une caisse en fer, et, lorsque les combinaisons acides se sont déposées, on fait écouler celles-ci, on lave les huiles d'abord avec beaucoup d'eau et ensuite avec une solution de soude très-faible, après quoi on procède à leur rectification dans de grandes chaudières. La solution du créosotate de sodium est neutralisée avec la solution sulfurique, et l'on obtient d'une part de l'acide carbonique brut (créosote), que l'on emploie comme désinfectant ou pour la conservation des traverses de chemins de fer, ou bien encore pour la préparation de certaines couleurs de goudron (voyez page 580), et d'autre part du sulfate de sodium, qu'on livre aux fabriques de soude. Depuis quelque temps le créosotate de sodium est traité (d'après les indications de L. Ramdohr) avec succès pour gaz d'éclairage (gaz de créosote); on obtient dans ce cas du coke contenant de la soude, que l'on peut en extraire presque entièrement par lixiviation.

Rectification des huiles. — La rectification des huiles de goudron s'effectue exactement de la même manière que la distillation du goudron. Les huiles qui distillent sont séparées d'après leur poids spécifique en photogène et en huile solaire, ou bien elles sont mélangées jusqu'à ce qu'elles aient un poids spécifique de 0,835 et livrées au commerce comme huile solaire. Lorsque les huiles qui distillent commencent à se solidifier par le froid, ou qu'elles ont un poids spécifique de 0,880 à 0,900, on les recueille séparément, et ce qui passe jusqu'à la fin de la distillation est placé dans une cave pour que la cristallisation de la paraffine puisse s'effectuer.

Les vases employés dans ce but sont, soit de grandes caisses quadrangulaires en fer, munies inférieurement d'un robinet, soit des vases en tôle ou en bois, terminés en pointe inférieurement, hauts de 1^m,6 à 2 mètres, larges de 1 mètre à leur partie supérieure et munis inférieurement d'un orifice qui peut être fermé avec un bouchon de bois. Lorsque la cristallisation est terminée, ce qui a lieu au bout de 2 ou 4 semaines environ, on soutire lentement l'huile épaisse demeurée liquide, et il reste dans le vase des lamelles cristallines brillantes de paraffine. L'huile est exposée à l'action du froid, sous l'influence duquel il cristallise encore de grandes quantités d'hydrocarbures solides, qui ne sont pas de la paraffine, mais qui sont employés dans les fabriques de stéarine et qu'on cède à celles-ci avec avantage. L'huile qui reste dans cette deuxième cristallisation est employée à différents usages. Si elle a un poids spécifique assez bas, on la soumet à la distillation et elle donne de l'huile solaire, mais, si son poids spécifique est élevé, s'il est, par exemple, de 0,925 à 0,940, elle ne donne plus d'huile solaire à la distillation, et on livre cette huile épaisse (huile de paraffine) au commerce comme huile de graissage, ou comme matière pour la préparation du gaz d'éclairage. Suivant la nature des matières brutes employées, on obtient plus ou moins d'huile de paraffine. La matière que l'on rencontre dans le commerce sous le nom de graisse belge pour voitures est préparée avec ces huiles.

Purification de la paraffine brute. — En Angleterre, les cristaux de *paraffine brute* sont livrés à des fabriques particulières, où ils sont purifiés, tandis qu'en Allemagne chaque fabrique purifie elle-même sa paraffine, et la plupart du temps c'est aussi elle-même qui en fait des bougies. La manière d'opérer en Angleterre paraît être la plus rationnelle, parce que dans toutes les branches d'industrie la division du travail, poussée même très-loin, s'est toujours montrée profitable aussi bien à la fabrication qu'à la consommation.

Dans les fabriques allemandes, le produit brut, nommé *beurre de paraffine*, est traité de différentes manières : quelques fabricants le font immédiatement cristalliser à l'aide du froid, tandis que d'autres le traitent d'abord avec une lessive de soude caustique et de l'acide sulfurique ; ils le soumettent ensuite à une nouvelle distillation, ou bien ils suppriment cette dernière manipulation, et ils le laissent cristalliser. La première méthode semble plus simple et moins coûteuse, mais elle a l'inconvénient de laisser à la paraffine une grande partie de son dissolvant, l'huile lourde, qui fait que la cristallisation de la paraffine est moins abondante ; lorsqu'on doit employer l'huile séparée de la paraffine, il faut naturellement purifier aussi celle-là, de sorte que cette opération n'est pas épargnée, mais seulement retardée, et comme enfin les cristaux obtenus avec le beurre de paraffine purifié sont beaucoup plus purs, plus blancs et sans odeur, l'omission de la purification du beurre de paraffine doit dans tous les cas être considérée comme une pratique irrationnelle. Dans le traitement du beurre de paraffine par la soude caustique, celle-ci s'empare de tous les éléments acides (les phénols et la créosote). Lorsque le beurre de paraffine a été abandonné au repos et séparé de la lessive, on le traite par l'acide sulfurique (6 à 10 pour 100 suivant les circonstances), qui enlève les éléments alcalins et résineux, ce qui produit une diminution de volume d'environ 5 pour 100, de telle sorte qu'après l'emploi de ces agents on a une dissolution beaucoup plus concentrée, qui par cristallisation dépose une quantité plus grande de paraffine. Le beurre de paraffine ainsi traité est placé dans un lieu froid, où on l'abandonne à cristallisation pendant au moins 5 ou 4 semaines, après quoi les cristaux formés sont séparés des huiles lourdes par filtration simple, par aspiration, à l'aide d'une machine centrifuge ou d'un autre moyen. Dans les grandes fabriques, où l'on doit soumettre de grandes quantités de matières à un traitement rapide, il est indispensable d'employer les turbines, qui opèrent la séparation de l'huile des cristaux aussi rapidement que complètement. Les cristaux obtenus sont fondus et moulés en pains, de l'épaisseur de 3 centimètres, qui sont la forme sous laquelle se présente la paraffine brute ; les huiles séparées de la paraffine sont distillées à feu nu et elles donnent de l'huile solaire et du beurre de paraffine.

Dans tous les cas, la paraffine brute est d'abord débarrassée par compression de la plus grande partie de l'huile encore adhérente, opération pour laquelle on emploie la presse hydraulique. Les tourteaux sont ensuite mélangés à 180° avec 10 pour 100 d'acide sulfurique, au bout de 2 heures la

paraffine est séparée de l'acide, puis lavée, moulée en pains et de nouveau soumise à l'action de la presse hydraulique; les tourteaux sont lavés, après avoir été fondus, avec une solution de carbonate de sodium.

Comme le traitement par l'acide sulfurique a pour objet d'éliminer les huiles lourdes, qui adhèrent encore à la paraffine pour ainsi dire comme une eau-mère, il est tout naturel que l'on ait eu l'idée de chercher à atteindre ce but par une sorte de lavage et à l'aide d'agents qui dans aucun cas ne peuvent exercer une action nuisible sur la paraffine. La benzine, ainsi que toutes les huiles blanches de goudron légères, le pétrole et le sulfure de carbone, sont particulièrement propres pour cet usage. On procède de la manière suivante : La paraffine brute est d'abord soumise à une forte pression à chaud et les tourteaux sont ensuite fondus avec 5 ou 6 pour 100 de l'un des liquides précédents, puis de nouveau moulés en gâteaux. On comprime encore et, si c'est nécessaire, on recommence les mêmes opérations. La paraffine est maintenant parfaitement pure et blanche, mais elle doit être débarrassée de l'odeur du dissolvant au moyen de la vapeur d'eau à haute pression, et elle est ensuite filtrée sur du papier de soie et coulée en plaques de l'épaisseur de 3 à 5 centimètres. C'est *Alcan* (1858) qui a proposé le premier le sulfure de carbone pour la purification de la paraffine. On l'emploie de la manière suivante : On fait fondre la paraffine à une température aussi basse que possible, on la mélange ensuite avec 10 ou 15 pour 100 de sulfure de carbone, on laisse refroidir et l'on comprime fortement le mélange obtenu; il est en général nécessaire de répéter ce traitement deux ou trois fois. On soumet les liquides exprimés à la distillation pour en séparer le sulfure de carbone. La paraffine blanchie avec le sulfure de carbone est fondue et maintenue pendant quelque temps dans cet état, et on la traite ensuite par le charbon, afin de l'obtenir parfaitement pure.

Procédé de Hübner. — *B. Hübner*, de Rehmsdorf, près Zeitz, a indiqué dans ces derniers temps un nouveau procédé d'extraction de la paraffine. Jusqu'à présent la paraffine était extraite de la manière suivante : le goudron était distillé et le produit de la distillation décomposé en deux parties, l'une restant liquide et l'autre se solidifiant. Celle-ci était placée telle quelle dans un lieu aussi froid que possible, où on l'abandonnait à cristallisation; une fois la cristallisation opérée, les carbures d'hydrogène solides, auxquels elle doit sa consistance, étaient séparés des huiles paraffineuses par turbinage et compression, puis soumis à un traitement par la soude et l'acide sulfurique, et distillés de nouveau; le produit distillé était purifié par compression avec les hydrocarbures liquides incolores et les plus volatils du goudron de lignite et décoloré; ou bien la portion solidifiable du produit de la distillation du goudron était traitée directement par la soude caustique et l'acide sulfurique, puis soumise à une nouvelle distillation, le produit distillé était abandonné à cristallisation et les hydrocarbures solides séparés des masses cristallines par turbinage ou compression étaient purifiés par pression avec les carbures d'hydrogène liquides mentionnés précédemment. Dans les deux cas l'extraction de la paraffine était précédée d'une

double distillation. Différents phénomènes indiquent que ces deux distillations exercent une influence fâcheuse sur les hydrocarbures solides, parce que à la température élevée à laquelle s'effectuent ces opérations une très-grande quantité des hydrocarbures se dédouble en hydrogènes carbonés liquides d'une moindre valeur et en hydrocarbures solides, mais qui ont un point de fusion plus bas que ceux aux dépens desquels ils ont pris naissance, et c'est pourquoi ils ont également moins de valeur.

Pour éviter ces métamorphoses et ces décompositions, *Hübner*, au lieu de traiter les masses paraffineuses séparées du goudron, soumet le goudron lui-même à l'action de l'acide sulfurique et, après la séparation de celui-ci, à une distillation sur une certaine quantité de chaux éteinte; il abandonne à cristallisation la masse de paraffine ainsi extraite et il purifie immédiatement les cristaux séparés de l'huile en les comprimant avec de l'huile de goudron de lignite incolore. Par ce procédé on évite par conséquent une distillation, et par suite les décompositions qu'elle entraîne, et en outre on obtient.

- 1° Un rendement plus grand en paraffine,
 et 2° Une paraffine beaucoup plus dure que lorsqu'on se sert de la méthode décrite en premier lieu.

Outre la paraffine et en même temps que celle-ci, on extrait du goudron de lignite des huiles minérales, qui sont surtout employées comme matières éclairantes. Les dernières constituaient autrefois le produit le plus important et le plus estimé du goudron de lignite. Mais depuis que les huiles minérales naturelles (surtout le pétrole d'Amérique) sont partout extraites et employées au même usage en si grande abondance, les huiles de lignite ont tellement perdu de leur valeur, que l'industrie qui s'occupe de leur préparation a été très-fortement atteinte et qu'elle doit songer sérieusement à découvrir des moyens pour réparer les dommages qui lui ont été causés. D'après cela, il est donc important d'augmenter la production des hydrocarbures solides (de la paraffine), qui ont une valeur beaucoup plus grande que les liquides (les huiles minérales), et le procédé de *Hübner* mérite à cet égard d'être pris en sérieuse considération. Par la distillation sur la chaux on enlève au goudron 40 à 50 pour 100 de ses impuretés (principalement des résines pyrogénées et des substances qui se rapprochent de la créosote), qui d'après l'ancien procédé doivent être éliminées du produit de la distillation du goudron au moyen du traitement plus dispendieux par la soude caustique.

[**Traitement des huiles brutes de schiste et de boghead.** — A Buxières-la-Grue (voy. p. 793), les huiles brutes obtenues par distillation des schistes sont d'abord soumises à une distillation qui donne une *huile* et du *goudron*. L'huile, traitée par l'acide sulfurique et la soude, fournit par une nouvelle distillation : 1° un résidu, 2° une huile lourde et 3° une huile qui, purifiée et distillée, donne une huile légère à 0,825, une huile lourde à 0,850 et un résidu. Du goudron on extrait par distillation : 1° un goudron solide et 2° un liquide

paraffiné, qui fournit de la paraffine pure et de l'huile de graissage. Dans l'usine de *Sauvage* on emploie un procédé un peu différent. L'huile brute étant soumise à une première distillation, on obtient : *a.* Une huile à 0,75, *b.* une huile à 0,83, *c.* une huile à 0,89, *d.* des huiles grasses à 0,92, *e.* du goudron. Les deux premières huiles sont réunies, puis traitées par l'acide sulfurique et la soude, et redistillées ; les produits de cette opération sont : 1° du goudron et 2° une huile qui, distillée de nouveau, donne une huile légère à 0,80 (*α*) et une autre huile que l'on partage par distillation en huile à 0,85 (*β*), en huile à 0,89 (*γ*) et en un résidu goudronneux. Les huiles *α* et *β* sont réunies et donnent l'huile d'éclairage à 0,82 ; l'huile *c* à 0,89, traitée comme les précédentes, donne de l'huile 0,89, de l'huile à 0,92 et du goudron, enfin le goudron (*d*) fournit par distillation de l'huile de graissage à 0,95 et du goudron.

Le boghead distillé en vue de la fabrication des huiles minérales et de la paraffine produit : 1° des hydrocarbures légers d'une densité de 0,720 ; 2° une huile brute goudronneuse, d'une densité de 0,850 à 0,860 ; 3° des eaux ammoniacales et 4° un résidu charbonneux employé comme désinfectant (voy. p. 759). L'huile brute, goudronneuse, donne par une distillation ménagée : une huile légère à 0,825 (*a*), une huile lourde à 0,860 contenant la paraffine (*b*) et résidu de goudron, employé dans la fabrication du charbon de Paris ou la fabrication du gaz ; l'huile légère (*a*), traitée par l'acide sulfurique et la chaux, puis soumise à une deuxième distillation, donne : une huile légère de 0,800 à 0,810, propre à l'éclairage, une huile lourde à 0,860 propre à l'extraction de la quinine, et un liquide paraffiné. Ce dernier est réuni à l'huile lourde (*b*) et le mélange est traité par l'acide sulfurique et la chaux, et l'on obtient par refroidissement et pression de la paraffine et des huiles lourdes ; celles-ci, traitées par l'acide sulfurique et la soude, puis redistillées, servent à la fabrication du sulfate de quinine.

Depuis l'introduction en Europe des pétroles d'Amérique, la fabrication des huiles de schiste et de boghead a perdu, comme celle des huiles de lignite ou de tourbe, beaucoup de son importance. Ainsi la production de l'huile de schiste brute, qui était en France, en 1865, de 12 millions de kilogrammes, ne s'élevait plus, en 1867, qu'à 5 millions. De même en Angleterre la fabrication des huiles minérales (de boghead et de cannel coal), qui en 1865 s'élevait à environ 25 millions de kilogrammes, est descendue à 8 millions en 1867.]

Rendements industriels. — Relativement au rendement en paraffine, en huile minérale et en huile de graissage, que l'on obtient avec les différentes sortes de goudrons et les différentes matières brutes, nous donnerons les indications suivantes :

Tourbe. — Dans la fabrique de Bernuthfeld, près Aurich, l'excellente tourbe de cette localité fournit 6 à 8 pour 100 de goudron, et celui-ci donne 20 pour 100 d'huile solaire, d'un poids spécifique de 0,80, et 0,75 pour 100 de paraffine. *H. Vohl* a obtenu avec 100 parties de goudron de tourbe :

TOURBE DE	HUILE MINÉRALE	HUILE DE GRAISSAGE	PARAFFINE.
	D'UN POIDS SPÉCIFIQUE DE 0,820.	D'UN POIDS SPÉCIFIQUE DE 0,860.	
Celle.	34,60	36,00	8,01
Gobourg	20,62	21,57	3,42
Damme	19,45	19,54	8,31
Zurich.	14,40	8,66	0,42
Russie	20,59	20,59	5,36
Westphalie	11,00	19,48	2,25

[Dans l'usine de Kildare (Irlande), une tonne (= 1015 kilogr.) de tourbe séchée à l'air fournit environ 25 litres de goudron, desquels on extrait 9 litres d'huile légère propre à l'éclairage, 4 litres 54 d'huile de graissage et 1 kilogr. 560 de paraffine. D'après *E. Lavigne* 1000 kilogrammes de tourbe moulée produisent, dans l'usine de Fontaine-le-Comte (Oise), 50 kilogrammes de goudron, dont on extrait 4 kilogrammes de benzine, 6 kilogr. d'huile d'éclairage, 22 kilogr. 200 d'huile de graissage et 2 kilogrammes de paraffine.]

Lignite. Dans les fabriques situées dans le district de Weissenfels 1 tonne (= 138 — 150 kilogr.) de lignite donne de 17 à 25 kilogr. de goudron. 100 kilogr. de ce goudron fournissent de 8 à 10 kilogr. de paraffine dure pour bougies, 8 à 20 kilogr. de paraffine molle, qui est livrée aux fabriques de bougies stéariques pour être mélangée avec l'acide stéarique, 20 kilogr. de photogène et 25 kilogr. d'huile solaire.

Dans la fabrique de *B. Hübner*, à Rehmsdorf près de Zeitz, on emploie annuellement 18,000,000 de kilogr. de lignite, qui fournissent environ 12,000,000 de kilogr. de goudron, avec lesquels on prépare 900,000 kilogr. d'huiles minérales, 200,000 kilogr. d'huiles paraffineuses et 300,000 kilogr. de paraffine.

On a obtenu avec 100 parties de *goudron* (goudron de cornue) de lignite :

LIGNITE DE	HUILE MINÉRALE	HUILE DE GRAISSAGE	PARAFFINE.	
	D'UN POIDS SPÉCIFIQUE DE 0,820.	D'UN POIDS SPÉCIFIQUE DE 0,860.		
Aschersleben	33,50	40,00	5,3	} Analyses de <i>H. Vohl.</i>
Frankenhausen	33,41	40,06	6,7	
Münden	17,50	26,21	5,0	
Oldisleben	17,72	26,60	4,4	
Cassel	16,42	27,14	4,2	
Der Rhön (Bavière).	10,62	19,57	1,2	
Tilleda	11,66	18,05	4,4	
Stockheim près Düren	17,50	26,63	3,2	
Bensberg près Cologne	16,36	19,55	3,4	
Tscheitsch en Moravie.	9,04	28,86	3,2	
Eger en Bohême	9,14	54,00	5,2	
Herwitz en Bohême.	22,00	48,52	5,2	
Schöbritz en Bohême.	21,68	46,55	4,3	

Du *goudron* à la vapeur (de lignite), *Ramdohr* (1869) a obtenu en moyenne :

22 à 24 0/0 de paraffine, dont } 15 0/0 fondant de 56 à 58°
7 à 9 — 38 à 47°
56 à 58 d'huiles minérales.

Traité avec soin, le goudron à la vapeur devrait pouvoir fournir de 28 à 50 pour 100 de paraffine.

Schistes et boghead. — [Les schistes produisent en moyenne 4 à 5 pour 100 d'huile brute. A Buxières-la-Grue, 100 litres de cette huile fournissent : 56 litres d'huile légère, à 0,825, 4 litres 05 d'huile lourde, 0,850, 20 litres 15 d'huile de graissage et 2 kilogr. 5 de paraffine.]

Avec 100 parties de goudron de *schiste feuilleté*, on a obtenu :

	HUILE MINÉRALE.	HUILE DE GRAISSAGE.	PARAFFINE.
Schiste feuilleté anglais.	24,25	40,00	0,12
— de Romerickberg.	25,68	43,00	0,11
— de Westphalie.	27,50	43,67	1,11
— de Oedingen sur le Rhin.	18,55	58,55	5,00

400 kilogrammes de boghead donnent 55 kilog. 500 d'huile brute goudronneuse, et de 100 kilog. de celle-ci on obtient 61 à 66 kilog. d'huile légère pour lampes (densité de 0,800 à 0,810), 16 kilog. d'huile lourde à 0,840 et 8 kilogr. 200 de paraffine.]

100 parties d'*ozokérite de Galicie* donnent, d'après Müller d'Aussig (1867), 24 pour 100 de paraffine et 40 pour 100 d'huile d'éclairage.

Propriétés et usages de la paraffine. — La paraffine purifiée a les propriétés suivantes : c'est une substance blanche analogue à la cire, inodore et insipide, faiblement grasse au toucher, d'un poids spécifique de 0,877; elle est plus dure que le suif, mais plus molle que la cire. Sa chaleur spécifique = 0,685. Chauffée pendant un jour au contact de l'air, elle absorbe de l'oxygène en prenant une couleur brune. Les propriétés de la paraffine sont beaucoup influencées par sa provenance. De la paraffine de boghead offrait après la fusion une structure cristalline très-prononcée, et elle fondait à 45°,5; une autre paraffine de même origine était au contraire grenue comme la cire blanche et son point de fusion était à 52°. De la paraffine d'huile de Rangoon fondait à 61°, de la paraffine de tourbe entrait en fusion à 46°,7. Le point de fusion des paraffines extraites du lignite de Saxe est à 56° pour la paraffine de goudron, à 45° pour la paraffine d'huile, celui de la paraffine extraite de la cire fossile de Galicie est à 60°, cependant une partie de cette paraffine a un point de fusion peu élevé, qui quelquefois s'abaisse jusqu'à 45°. La paraffine naturelle préparée avec l'ozokérite ne fond qu'à 65°,5. La composition des différentes sortes de paraffine est la suivante :

	PARAFFINE DE				
	Lignite de Saxe.	Ozokérite.	Boghead.	Tourbe.	Pétrole.
Carbone.	55,02	85,26	85,00	84,05 à 88,25	85,15
Hydrogène	14,98	14,74	15,76	15,00 à 15,16	15,29

De ces analyses on peut conclure que toutes les paraffines ne sont pas, comme on l'admet ordinairement, des mélanges d'hydrocarbures de la formule C^mH^{2n} , mais que la paraffine (qu'elle ait été extraite du lignite, de la tourbe, de l'ozokérite ou du pétrole) est un mélange d'hydrocarbures homo-

lognes du gaz des marais (éthanes de la formule C^2H^{22} ^{1 2}, parmi lesquels le gaz des marais CH^4 , le premier terme de la série, et les heptanes, octanes, nonanes, etc., constituent les éléments du pétrole), qui sont les termes de la série qui renferment plus de 16 atomes de carbone. Les paraffines molles sont composées d'après les formules $C^{18}H^{30}$ et $C^{20}H^{42}$; les paraffines dures d'après les formules $C^{24}H^{54}$ et $C^{22}H^{46}$. La paraffine est insoluble dans l'eau, mais elle se dissout dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, l'huile d'olives, la benzine, le chloroforme, le sulfure de carbone; 100 parties d'alcool bouillant ne dissolvent que 3 parties de paraffine. Elle bout au-dessus de 300° et distille sans décomposition. Les acides et les alcalis n'attaquent pas la paraffine à la température ordinaire, et il en est de même du chlore; mais si l'on fait agir du chlore gazeux pendant longtemps sur de la paraffine liquéfiée par la chaleur, il se forme des produits chlorés avec dégagement d'acide chlorhydrique. Chauffé avec du brome, la paraffine dégage une grande quantité d'acide bromhydrique, et avec du soufre de l'acide sulfhydrique. La paraffine peut être fondue en toutes proportions avec de la cire, de l'acide stéarique, de l'acide palmitique, ainsi que de la résine.

La paraffine est, comme on le sait, surtout employée pour fabriquer des bougies (*bougies de paraffine*, voyez page 690). On l'a en outre proposée pour le graissage, pour la conservation du bois, pour l'enfleurage de certaines odeurs agréables, comme celles du réséda, de la violette, de la tubéreuse, des fleurs d'oranger, des pétales de roses et du jasmin (voy. p. 585), pour rendre étanches les tonneaux à vin et à bière, pour empêcher le sirop d'écumer et de monter pendant sa coction dans les chaudières à évaporation dans le vide, pour conserver la viande, pour le graissage du cuir, pour rendre les tissus imperméables (*Stenhouse*), pour le satinage et le lissage du papier glacé comme succédané de la cire, dans la préparation du papier ciré, et de l'acide stéarique, pour imbiber les objets en plâtre, à la place du soufre pour imprégner les allumettes fines ¹, dans la fabrication des jouets, pour la confection des têtes de poupées, pour prendre des empreintes et, à cause de sa fixité, dans certaines opérations chimiques. — [D'après *J. Girardin*, la quantité de paraffine fabriquée annuellement en France s'élève à plus de un million de kilogrammes.]

HUILES MINÉRALES.

Généralités. — Dans la distillation sèche du boghead, du schiste feuilleté, du lignite et de la tourbe, il se forme, comme on l'a déjà dit, du *goudron*, dont la quantité varie avec la nature de la matière brute employée. Jusqu'à ces derniers temps il existait quelque doute au sujet de la nature du goudron; on ne peut pas encore dire que ce point soit complètement élucidé. Jusqu'en 1830 le goudron fut considéré simplement comme

¹ On consomme beaucoup de paraffine dans l'industrie des allumettes: ainsi une seule fabrique suédoise, à Lidköping, en a employé en 1872 plus de 7,500 kilogr.

une dissolution d'une résine pyrogénée riche en carbone dans une huile volatile empyreumatique, et dans cette hypothèse on admettait bien, il est vrai, que dans les différents goudrons l'huile n'était pas toujours identique, mais on n'en déterminait pas la nature. La première étude sérieuse sur le goudron a été faite par *Reichenbach*, étude qui amena la découverte de la *paraffine* et du corps qui accompagne toujours celle-ci dans le goudron, de l'*eupione*, liquide très-fluide, très-léger, qui s'enflamme facilement et qui brûle avec une flamme éclairante. Le point d'ébullition de l'eupione varie de 47 à 169°. Il est évident qu'un liquide dont le point d'ébullition est si variable ne peut être qu'un mélange. Le travail de *Reichenbach*, malgré toute sa valeur, n'expliquait pas cependant tous les points relatifs à la constitution des différentes sortes de goudrons, et les recherches effectuées depuis n'ont pas élucidé d'une manière beaucoup plus satisfaisante la question relative à la nature chimique du goudron.

Mais l'industrie trouva, parmi les éléments du goudron, une source abondante de matières éclairantes propres à remplacer avec avantage les graisses et les huiles empruntées au règne végétal et au règne animal. Le goudron soumis à la rectification fournit l'*huile de goudron*; celle-ci, par une nouvelle rectification, peut être dédoublée en une matière éclairante solide, la *paraffine*, et en corps liquides huileux, qui préalablement débarrassés de leurs éléments lourds et acides (acide carbolique ou phénique) sont livrés au commerce sous les noms de *photogène*, d'*huile minérale*, d'*huile de schiste*, de *ligroïne*, d'*huile solaire*, d'*hydrocarbure*, d'*huile de paraffine* (nom sous lequel on désigne en Angleterre l'huile d'éclairage extraite du boghead), etc. Ces huiles offrent beaucoup d'analogie avec le *pétrole*, qui, de même que les premières, ne se compose que de carbone et d'hydrogène. Lorsqu'elles sont aussi pures que possible, elles sont presque incolores et elles ne possèdent qu'une faible odeur.

Les *huiles minérales*, telles qu'on les livre maintenant au commerce, doivent être distinguées comme il suit : Le *photogène*, tel qu'il est préparé avec le lignite dans les fabriques de la province de Saxe, se compose d'un mélange d'hydrocarbures liquides de la série de l'éthane (de la formule C^nH^{2n+2}), notamment des ternes heptane C^7H^{16} et hydrure de bényle $C^{15}H^{32}$, dont les points d'ébullition sont entre 100 et 262°; c'est un liquide clair et très-fluide, d'une odeur éthérée caractéristique et d'un poids spécifique de 0,800 à 0,810; il est composé de différentes huiles dont les poids spécifiques sont compris entre 0,760 et 0,865. Les photogènes légers d'un poids spécifique de 0,780, qui se rencontraient autrefois dans le commerce, se composent en majeure partie d'essences d'un poids spécifique seulement égal à 0,720; ils commencent à bouillir au-dessous de 60°, et à cause de la facilité avec laquelle ils peuvent occasionner des incendies, ils ont été depuis longtemps abandonnés comme matières éclairantes. Depuis que le photogène (c'est-à-dire les espèces légères de celui-ci) n'est plus guère employé comme matière éclairante, on le rencontre maintenant, dans le commerce sous le nom de *benzine* (benzol, benzoline, naphte, ligroïne) et on l'emploie pour

détacher, pour dégraisser la laine, comme succédané de l'essence de térébenthine, pour carburer le gaz d'éclairage, etc. L'*huile solaire* ou *pétrole allemand* a remplacé les photogènes et les huiles grasses, et elle occupe déjà avec le pétrole une place importante parmi les matières éclairantes; c'est une huile claire, incolore ou légèrement jaunâtre, et d'une consistance qui quelquefois se rapproche beaucoup de celle de l'huile de colza. Son poids spécifique varie de 0,830 à 0,835, son point d'ébullition, compris entre 160 et 196°, est en moyenne à 178°. A 10° il ne doit pas s'en séparer de paraffine; agitée dans un flacon, elle ne doit pas laisser monter les bulles d'air plus rapidement que l'huile de colza. L'huile solaire ne s'enflamme ordinairement qu'au-dessus de 100°. Par distillation fractionnée on ne sépare pas de l'huile solaire des produits dont le point d'inflammation est au-dessous de 70°. L'huile solaire se compose, comme le pétrole et le photogène, des termes moyens de la série de l'éthane. A l'huile solaire se rattache le *pyrogène* préparé par *Breitenlohner* et que l'on extrait des *résidus de l'huile brute*, qui se composent d'acide carbonique, de paraffine et d'autres substances, et qui ont une densité de 0,895 à 0,945. Ces résidus s'accumulent dans les fabriques de goudron en grande quantité et ils constituent des masses presque impossibles à utiliser; au moyen d'un procédé simple, qui sera décrit plus loin, on les convertit en pyrogène. Ce dernier est une huile jaune clair d'un poids spécifique de 0,825 à 0,845.

L'*huile de graissage* pour les machines (*lubricating oil*), désignée aussi récemment sous le nom de *vulcan oil*, est importée de l'Amérique du Nord en très-grande quantité; c'est une huile épaisse, d'un poids spécifique de 0,840 à 0,977, qui sous l'influence du froid donne un abondant dépôt de petits cristaux de paraffine. Elle se forme en grande quantité dans les fabriques de paraffine et d'huile solaire (*huile de paraffine*), et dans les raffineries de pétrole. D'après la description de *Ad. Ott*, l'huile de graissage américaine n'est pas une huile distillée, mais simplement un pétrole natif spécifiquement lourd, décoloré par le charbon et duquel le naphte a été éliminé par volatilisation; elle est quelquefois mélangée avec une certaine quantité de graisse animale ou végétale. La fabrication toujours croissante des graisses pour voitures et pour machines et des autres agents destinés à lubrifier les surfaces de frottement absorbe une bonne partie de l'huile américaine; ces huiles, qui ne se résinifient pas et qui ne se solidifient pas sous l'influence du froid de l'hiver, sont employées avec avantage en Angleterre pour le graissage des broches dans les filatures de coton et dans d'autres établissements. Le commerce de ces huiles est né plutôt de la nécessité et du manque d'autres modes d'emploi que de l'avantage qu'il peut procurer aux fabricants. La transformation des huiles de graissage en pyrogène analogue à l'huile solaire offre donc de l'importance. L'huile de paraffine a été également employée pour préparer du gaz d'éclairage; 100 kilogrammes fournissent 60 mètres cubes d'un gaz qui offre un pouvoir éclairant 5 ou 4 fois plus grand que celui du gaz de houille.

Fabrication de l'huile minérale. — La fabrication de l'huile minérale

se fait en même temps que celle de la paraffine. Les produits de la distillation du goudron sont traités dans des appareils appropriés avec une solution de soude caustique, de manière que le contact de l'alcali soit aussi intime que possible. Ce traitement a pour but de combiner l'acide carbolique et les corps acides analogues au vinaigre de bois, qui donnent aux huiles leur odeur désagréable et leur couleur foncée. Il suffit quelquefois pour atteindre ce but de traiter les huiles à froid pendant 2 minutes avec 5 ou 6 pour 100 de soude, mais d'autres fois on ne peut arriver au même résultat qu'en chauffant pendant 2 heures avec 20 pour 100 d'alcali. Lorsque l'action de la lessive de soude est terminée, on fait couler le mélange dans une grande caisse collectrice en fer, où se dépose le carbolate de sodium. On soutire ce dernier et on lave l'huile avec de l'eau jusqu'à disparition de la réaction alcaline. L'huile est ensuite traitée par l'acide sulfurique concentré, 5 pour 100 d'acide d'un poids spécifique de 1,70 et un contact de une minute sont quelquefois suffisants, mais parfois on est obligé d'employer 25 pour 100 d'acide, qu'il faut faire agir pendant 3 heures. Le traitement par l'acide sulfurique exerce une grande influence sur la qualité et les autres propriétés des huiles ; il peut en effet arriver que les huiles qui primitivement étaient exemptes de soufre s'imprègnent de ce corps pendant le traitement par l'acide sulfurique, car les éléments les plus volatils des huiles minérales consistent essentiellement en des mélanges d'aldéhydes et d'acétones, et par conséquent de corps qui s'unissent avec une grande facilité avec l'acide sulfureux. Lorsque l'action de l'acide sulfurique est terminée, on fait passer le mélange dans d'autres caisses en tôle, où on laisse se déposer les combinaisons acides ; les huiles qui surnagent sont lavées d'abord avec beaucoup d'eau et ensuite avec une lessive de soude faible, et enfin elles sont soumises à la rectification. D'après l'indication de *H. Vohl*, les huiles de paraffine sont quelquefois blanchies avec de l'acide fluorhydrique, ce qui a l'inconvénient d'introduire du fluor dans l'huile et de donner lieu, lors de la combustion de celles-ci, à la formation de combinaisons fluoriques nuisibles à la santé.

Les *alcalis* et les *acides*, ainsi que les substances qui se sont combinées avec ces corps pendant la purification des huiles, sont utilisés de la manière suivante : La solution impure d'acide carbolique brut dans la soude est neutralisée avec de l'acide sulfurique étendu, qui sépare l'acide carbolique, et ce dernier peut être employé pour la conservation du bois, des voiles et des cordages des navires, comme désinfectant, pour la préparation des couleurs de goudron, ou bien on peut en enlever l'oxygène à l'acide carbolique le transformer en *pyrogène* analogue à l'huile solaire. Pour préparer le *pyrogène* on fait passer les huiles brutes réduites en vapeur à travers un tube chauffé au rouge clair ; les huiles condensées, après avoir été traitées par la soude et l'acide sulfurique, sont transformées en une huile tout à fait convenable pour brûler dans les lampes. D'après *Perutz*, le liquide alcalin, qui contient du carbolate de sodium, est distillé à sec, dans une cornue en fonte. On obtient comme produits de distillation un mélange d'acide carbolique et

d'hydrocarbures liquides et légers ; si l'on veut préparer l'acide carbolique à l'état pur, on recueille le produit qui passe entre 140 et 240° et l'on purifie à la manière ordinaire. Les alcalis contenant du coke, qui restent dans la cornue, sont calcinés, jusqu'à ce que tout le carbone soit brûlé ; la cendre obtenue, renfermant toute la soude à l'état de carbonate, est lessivée avec de l'eau, la solution est rendue caustique avec de la chaux et ensuite évaporée, jusqu'à ce qu'elle ait atteint le degré qui convient pour la purification des huiles minérales. On utilise l'acide sulfurique employé en s'en servant pour la fabrication du sulfate de fer. Pour rectifier les huiles on procède exactement comme pour la distillation du goudron.

100 parties de goudron de tourbe ont donné en produits purifiés :

Huile solaire d'un poids spécifique de 0,865	26,9	parties.
Photogène — 0,850	20,7	—
Masse à paraffine	25,5	—
Acide carbolique brut (créosote de tourbe)	11,0	—
	84,4 parties.	

100 parties de goudron de lignite de Saxe fournissent en moyenne :

Paraffine	10 à 15	parties.
Photogène	16	—
Huile solaire	54	—
Créosote	5	—
Coke	15	—

La valeur commerciale du photogène est de 75 à 90 francs les 100 kilogr., celle de l'huile solaire de 60 à 75 francs, tandis que la paraffine vaut, suivant sa dureté, de 150 à 225 francs. Les bougies de paraffine sont livrées au prix de 210 à 240 francs.

Dans l'empire d'Allemagne (principalement dans la province de Saxe) on prépare maintenant (1875) avec 275 millions de kilogr. de lignite, dans 50 usines à goudron et 17 fabriques :

6,000,000	de kilogr.	de paraffine,
17,500,000	—	d'huile minérale,
4,500,000	—	d'huile de paraffine pour la fabrication de l'huile de graissage et du gaz, représentant une valeur de plus de 15 millions de francs.

PÉTROLE

Généralités et état naturel. — Depuis 1859, le pétrole (pétroleum, huile de pétrole) a acquis comme matière éclairante une importance considérable, qui tous les jours devient de plus en plus grande et dont on ne peut pas encore apprécier toute l'étendue au point de vue économique. C'est à peine si dans l'histoire on trouve un objet dont l'usage se soit répandu dans toutes les classes de la société humaine aussi rapidement que le pétrole, qui

parmi les articles exportés par les États-Unis est devenu un des plus importants.

Dès les temps anciens l'usage du pétrole était très-répandu. On en retirait de l'île de Zante, qui alimentait une partie de la Grèce; le pétrole d'Agrigente était brûlé dans les lampes sous le nom d'huile de Sicile. Le pétrole épais (goudron minéral, asphalte), dont on se servit à la place de mortier lors de la construction de Babylone, provenait de sources situées dans le voisinage de l'Euphrate. Le goudron minéral était aussi employé pour la préparation des momies et à différents autres usages: ainsi il paraît que les anciens fabriquaient certains vases de terre colorés en noir avec de l'argile qu'ils faisaient peu cuire et à laquelle ils ajoutaient de l'asphalte. La Syrie et la Mésopotamie et d'autres pays de l'Asie centrale renferment de grandes quantités de pétrole épais; on doit aussi mentionner la mer Morte, qui même autrefois portait le nom de *Lac asphaltite*. On le trouve rarement en quantité assez considérable pour former des lacs, comme cela a lieu à la Trinité, où l'on rencontre le *Pitch Lake* rempli d'un goudron minéral qui, suivant la température, est plus ou moins épais.

Dans un grand nombre de localités le pétrole sort de la terre comme une source, par exemple, à Amiano, non loin de Parme; l'huile provenant de cette localité était encore employée dans le siècle dernier pour l'éclairage de quelques villes, de Gênes notamment; on le rencontre en outre sous forme de source à Tegernsee en Bavière¹, en Suisse près de Neuchâtel, à Selnde près de Hanovre, à Kleinschöppenstedt dans le duché de Brunswick, à Bechelbroon en Alsace, à Coalbrookdale en Angleterre, dans les Pyrénées, en Galicie (principalement dans le cercle de Samhor au nord-ouest de Lemberg), en Hongrie, dans la Transylvanie, la Croatie, la Valachie, etc. En outre la presqu'île d'Apscheron, située sur la côte ouest de la mer Caspienne, produit une grande quantité de pétrole ou naphte, et l'île de Tschekékan, qui se trouve sur la côte est de la même mer, renferme plus de 5,400 sources, qui fournissent annuellement au commerce 4 millions de kilogrammes de différentes sortes de pétrole. A Rangoon, en Birmanie, on rencontre sur les bords de l'Irawaddy le pétrole (huile de Rangoon) en quantité telle que chaque année on peut en remplir 400,000 tonneaux d'un poids de 500 kilogrammes environ. Mais les quantités les plus abondantes de pétrole se trouvent dans l'Amérique du Nord, où il est en couches parallèles aux monts Alleghans qui s'étendent du lac Ontario jusque dans la vallée de Kanawha, en Virginie. La région de l'huile comprend les comtés occidentaux des États de New-York et de Pennsylvanie, et une partie de l'Ohio. Les sources principales sont à Mecca (comté de Trumbull, Ohio) et à Titusville, à Oil-City, à Pithole, à Rouseville, à McClintockville (comté de Venango, Pennsylvanie, le pays des Indiens Seneca). Au Canada le pétrole est extrait dans différentes localités: à Gaspé, sur le bord du Saint-Laurent, et dans le comté de Lambton, ainsi que

¹ La source de pétrole de Tegernsee, connue depuis 1450, ne fournit annuellement qu'environ 42 litres d'huile.

dans la portion ouest de la péninsule formée par le lac des Hurons, le lac Erié et le lac Ontario, dans le district de Enneskillen notamment. Le pétrole se rencontre aussi en Californie en quantité considérable, de même que dans l'Amérique du Sud, notamment au Pérou, dans la République Argentine et en Bolivie. En Égypte on trouve également des sources de pétrole.

Formation du pétrole. — Il existe différentes hypothèses relativement à la formation du pétrole. Suivant une opinion, les sources de pétrole, les sources salées et le dégagement naturel de gaz combustibles offrent entre eux une relation intime, que l'on a cherché à expliquer en admettant que dans la terre il existe des dépôts de sel gemme, qui, d'après les observations de Dumas, de H. Rose et de Bunsen, contient de l'hydrogène carboné à l'état comprimé; ce sel étant dissous par les eaux souterraines, le gaz est mis en liberté et une partie de celui-ci se dégage tel quel, tandis qu'une autre partie se condense par suite de la forte compression qu'il éprouve et s'écoule sous forme de naphte. Le gaz qui se dégage lorsqu'on dissout le sel décrépitant de Wieliczka se compose essentiellement, d'après une analyse de Bunsen, de gaz des marais. Par suite d'une modification survenue dans la constitution du gaz des marais CH_4 , il est possible qu'il se soit formé des hydrocarbures liquides de la série des éthanes (de la formule $\text{C}^{2n}\text{H}^{2n+2}$), comme les pentanes C^5H^{12} (on a trouvé dans le pétrole d'Amérique le pentane normal ou méthyl-butyle et l'isopentane ou isobutyl-méthyle), les hexanes C^6H^{14} , les heptanes C^7H^{16} , le nonane C^9H^{20} et le dodécane $\text{C}^{12}\text{H}^{26}$ homologues du gaz des marais, qui constituent un élément important du pétrole, et les paraffines, dont la composition est comprise entre les termes $\text{C}^{18}\text{H}^{40}$ et $\text{C}^{30}\text{H}^{62}$. Cette association du pétrole, du sel gemme et de gaz combustibles, ne se rencontre pas seulement dans les Alpes bavaoises, en Toscane, à Modène et à Parme, dans les Carpathes (aussi bien du côté de la Galicie, à Wieliczka, que du côté de la Hongrie, près de Szlatina), mais encore dans toutes les autres localités où le pétrole se trouve en grande quantité, ainsi que dans la péninsule d'Apscheron (mer Caspienne), en Mésopotamie, dans le Kurdistan, dans les deux Indes, surtout à Rangoon, et dans les différents points de la grande formation saline de l'Amérique du Nord, où, comme on l'a déjà dit, la plupart des trous de sonde fournissent avec l'eau salée de grandes quantités d'hydrogène carboné et où aussi un grand nombre de ces trous donnent également du pétrole. D'après une autre opinion, le pétrole est un produit de la décomposition lente des substances animales et végétales et de la formation aux dépens des éléments de celles-ci de nouvelles combinaisons chimiques, que l'on rencontre dans le pétrole et dans les gaz qui l'accompagnent. D'après les géologues de l'Amérique du Nord, ce sont des amas de plantes marines, de fucoides principalement, et d'animaux habitant autrefois les mers, qui ont fourni les premiers matériaux de la formation de l'huile minérale, et le pétrole ainsi produit est contenu dans les couches des terrains qui sont traversés par les trous de sonde. De ces couches remplies d'huile minérale et de leurs fissures, le pétrole serait poussé par une distillation lente dans les trous de sonde et jusqu'à la surface de

la terre. L'huile provenant des couches de l'écorce terrestre est aussi apportée dans les trous de sonde par les eaux de source qui montent dans ces trous, et, lorsque la pression hydrostatique est assez puissante, elle s'élève au-dessus de la surface de la terre comme une source jaillissante, et elle forme alors des puits artésiens, qui versent de l'eau et du pétrole. Comme le pétrole contient de la paraffine et des hydrocarbures liquides qui sont analogues à celle-ci et qui se forment dans la distillation sèche des substances végétales, on en a conclu qu'il est également un produit de la distillation sèche. D'après les observations que l'on a faites sur l'accroissement de la température à mesure que l'on se rapproche du centre de la terre, les dépôts de charbon minéral qui se trouvent à une profondeur d'environ 2,800 mètres seraient exposés à une température égale à celle de l'ébullition de l'eau. Ce n'est qu'à cette température que le pétrole contenu tout formé dans les couches terrestres pourrait distiller et venir ensuite se condenser dans les couches les plus rapprochées de la surface; pour que le pétrole puisse se former par distillation sèche il faudrait naturellement une température beaucoup plus élevée, qui correspondrait à une profondeur des couches impossibles à admettre. Suivant une *troisième* opinion émise (1866) par *Berthelot*, il se forme dans l'intérieur de la terre, aux dépens de l'acide carbonique et des métaux alcalins, des acétylures, qui au contact de la vapeur d'eau donneraient de l'acétylène C_2H_2 . Ce dernier se transformerait en pétrole et en produits goudronneux. [Enfin, *H. Byasson* a montré récemment (1876) que le pétrole peut prendre naissance lorsqu'on fait agir de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique et de l'hydrogène sulfuré sur le fer.]

[**Extraction du pétrole.**— C'est du territoire des États-Unis que l'on retire aujourd'hui la majeure partie du pétrole importé en Europe, mais le divers points de cette contrée n'offrent pas d'égales ressources, et s'il est vrai que chaque État confédéré possède plusieurs mines en exploitation, aucun n'est aussi riche que la Pennsylvanie. La plupart des villes de cet État se livrent, en effet, au commerce presque exclusif du pétrole : Oil-city, Pithole, Tidioude, Parkers, Franklin, Ecu, sont autant de centres où se réunissent les produits des mines environnantes; mais c'est surtout à Philadelphie que se tient le grand marché du pétrole; c'est là qu'est amenée la plus grande partie des 80 millions d'hectolitres d'huile qui représentent le rendement annuel des 6,000 puits exploités en Pennsylvanie.

Pour extraire le pétrole, on commence par creuser, jusqu'au rocher, un puits de 1^m,50 à 2 mètres de diamètre, et à l'aide d'appareils mus par la vapeur on pratique ensuite un trou de sonde, large seulement de 8 à 10 centimètres. La profondeur de ce trou est extrêmement variable: dans l'Ohio, on rencontre l'huile à 10 mètres, tandis qu'en Pennsylvanie il faut quelquefois creuser jusqu'à 166 mètres; mais en général on trouve le liquide entre 20 et 70 mètres. Lorsqu'on a atteint la surface de l'huile, celle-ci monte d'elle-même; elle coule alors simplement à la surface du sol, ou bien, au contraire, elle forme de véritables sources jaillissantes, s'élevant parfois jusqu'à 20 mètres au-dessus du sol; mais au bout de quelque temps ce jaillissement

disparaît, et l'on extrait le liquide au moyen d'une pompe aspirante et foulante. Le débit du pétrole varie avec les différents sondages. Ainsi, il y a des puits qui ne donnent, par jour (24 heures), que 1,800 à 5,600 litres, tandis que d'autres en fournissent 36,000, 45,000 et même 94,000. L'huile extraite du puits est refoulée par la pompe dans un réservoir en bois (*tank*) de 2^m,45 de hauteur et d'environ 4,60 de diamètre; ce réservoir est muni d'une graduation en pouces et d'un flotteur, et à sa partie inférieure est adapté un gros tuyau de vidange avec robinet. Pour amener à peu de frais l'huile des puits jusqu'aux stations de chemin de fer, il s'est créé des compagnies spéciales, au nombre de 56 (*oil pipe line Companies*), qui ont construit tout un réseau de tuyaux partant des réservoirs des différents districts oléagineux pour aboutir aux stations. En arrivant à ces dernières, le pétrole est reçu dans des cuves en tôle, appelée *tank-cars*, et d'une capacité de 135 hectolitres environ; on réunit un certain nombre de ces cuves pour en former des trains spéciaux qui conduisent l'huile aux raffineries.]

Raffinage du pétrole brut. — La plupart des pétroles ne peuvent être immédiatement employés comme matières éclairantes, presque tous ont besoin d'être soumis à un *raffinage*, qui est effectué au moyen de procédés variables avec la nature et la consistance de l'huile. Les huiles qui se rencontrent dans la presqu'île d'Apscheron, aux environs de Bakou, sont généralement incolores, et elles sont employées directement pour l'alimentation des lampes, et il suffit de les soumettre à une distillation simple pour les avoir parfaitement pures. Le pétrole de Rangoon a, à la température ordinaire, par suite de sa grande richesse en paraffine (*belmontine*), une consistance butyreuse, et il est pour cette raison traité pour paraffine. Les huiles des îles de l'Océan Indien ont une odeur extrêmement désagréable, à cause des combinaisons sulfurées qu'elles renferment. Elles ne peuvent être employées pour l'éclairage qu'après avoir subi une purification énergique — au moyen de la lessive de soude et de l'acide sulfurique. [Les deux espèces principales de pétrole d'Amérique présentent des différences assez grandes : le pétrole du Canada offre une densité de 0,832, 0,858, il est d'une couleur plus foncée, d'une viscosité plus grande et d'une odeur plus désagréable; le pétrole de Pennsylvanie n'a qu'une densité de 0,805 à 0,846; sa couleur, plus claire, varie du vert au brun-verdâtre, et il est plus fluide, plus transparent et moins odorant; le liquide brut fourni par certains puits de Pennsylvanie est même clair et limpide, et peut être employé sans aucune épuration. Le pétrole d'Égypte diffère essentiellement du pétrole d'Amérique; sa densité est beaucoup plus forte (0,955), et il ne renferme ni éther, ni essence de pétrole, ni paraffine, ni huile d'éclairage de 0,800 de densité.] La Galicie produit une grande quantité de pétrole; une partie est obtenue par épuration du naphthe brut dans 25 fabriques des environs des Boryslav et de Drohobicz (1875), tandis qu'une autre partie est le produit secondaire du traitement de l'ozokérite pour paraffine. La valeur du pétrole et la méthode à employer pour sa purification dépendent de son poids spécifique. Les espèces légères fournissent 90 pour 100 d'une huile qui se dédouble

en photogène et huile solaire; les espèces lourdes contiennent beaucoup de goudron et ne donnent que 40 à 50 pour 100 d'huile pour lampes.

[Les pétroles d'Amérique étaient autrefois expédiés à l'état brut en Europe aux raffineries du Havre, de Rouen, de Paris, de Marseille, d'Anvers, de Hambourg, de Brème et de Liverpool; mais maintenant la majeure partie est raffinée, en Amérique, dans des établissements particuliers, qui sont situés soit dans le voisinage des régions oléagineuses, soit sur le bord du lac Érié ou de l'Océan Atlantique (principalement à Cléveland, Pittsburg, Baltimore, Boston et Philadelphie). Voici, d'après *H. Höfer* (1877), comment s'effectue le raffinage du pétrole brut aux États-Unis. Le raffinage consiste en une distillation fractionnée, qui donne les produits suivants :

	P. 100.	DEGRÉS BAUMÉ.	POINT D'ÉBULLITION.
Cymogène	—	110	0°,0
Rhigolène	—	100	19,4
Gazoline	1,5	85-90	—
Naphte	10,0	71-76	—
Benzine	4,0	62-65	—
Kérosène ou pétrole raffiné . .	55,0	48	—
Huile paraffineuse	19,5	50	—
Coke, perte, etc.	10,0	—	—

En grand, on ne forme avec les produits légers qu'une ou deux sortes, et l'on ne pousse pas la distillation jusqu'à la production du coke, mais seulement jusqu'à ce qu'on ait obtenu un résidu épais (goudron), de façon qu'il se forme les produits suivants :

1. Naphte brut { Gazoline et naphte.
Benzine.
2. Pétrole raffiné.
3. Goudron.

La séparation des deux premiers produits s'effectue, d'après leur densité, à l'aide de l'aréomètre, qui sert pour régler la marche de l'opération. En moyenne, une élévation de température de 5°,5 correspond à une diminution de densité de 1° B. Le raffinage comprend les opérations suivantes :

a. Distillation du pétrole brut. La distillation s'effectue généralement dans des chaudières en tôle cylindriques et verticales, d'une capacité de 2,585 hectolitres, et dont les deux fonds sont bombés extérieurement; le fond supérieur porte un dôme avec tube de dégagement pour les vapeurs; deux trous de vidange, placés vis-à-vis l'un de l'autre, servent pour évacuer le résidu (goudron). L'huile brute s'écoule par son propre poids dans les chaudières par un tuyau adapté au-dessous du fond inférieur. Les chaudières sont établies sur un foyer circulaire divisé en plusieurs compartiments et alimenté avec de la houille ou du naphte brut. Le tube de dégagement des vapeurs adapté au dôme de la chaudière communique avec un réfrigérant (réfrigérant à tubes parallèles, serpentín ou réfrigérant à pluie, dont le tube d'écoulement est muni de plusieurs robinets). Au commencement, on chauffe avec précaution; la *gazoline* passe à 129°, le *naphte* et la *benzine* à 152°, puis le *pétrole*,

dont on interrompt la production lorsque le produit distillé marque 32° B. Lorsque la densité est tombée au-dessous de 65° B., on dirige le produit dans un autre réservoir. Comme les raffineries livrent presque toujours au commerce la gazoline et le naphte mélangés, le premier changement de robinet a lieu à 65° B. et le second à 62° B.; la benzine passe entre ces deux densités. On modère un peu le feu, et l'on obtient des produits de 47 à 50° B., qui constituent le pétrole, jusqu'à ce qu'enfin la quantité de ce dernier soit devenue si faible qu'il n'y a plus avantage à continuer la distillation; on éteint alors le feu, on ouvre les portes dont la chaudière est munie, afin d'obtenir un refroidissement plus rapide, et l'on évacue le *goudron*.

b. Purification du pétrole distillé. Le pétrole distillé ne peut pas être employé tel quel, soit parce qu'il est dangereux, soit parce qu'il est trop impur et possède une odeur désagréable. Pour le purifier, on l'introduit dans un grand cylindre en tôle forte, revêtu intérieurement avec du plomb et muni d'un fond conique. Au moyen d'un tuyau en plomb, on fait tomber sur l'huile une pluie d'acide sulfurique, on mélange intimement les liquides en injectant de l'air comprimé par la partie inférieure du cylindre, et on laisse reposer. Au bout de quelque temps, il se dépose au fond du vase une masse charbonneuse contenant les impuretés, et que l'on évacue par un tuyau adapté à la partie du cône qui forme le fond du cylindre; on recueille cette matière dans des cuves, on la purifie en laissant déposer les parties solides, et on la vend aux fabriques de produits chimiques. Afin d'éliminer l'acide sulfurique adhérent au pétrole, on y fait arriver de l'eau sous forme d'une pluie fine, puis une lessive de soude caustique à 12°, et enfin une nouvelle quantité d'eau. On soumet quelquefois l'huile à un blanchiment en l'exposant pendant un jour environ à l'action des rayons solaires dans un réservoir à bords peu élevés et recouvert d'un toit de verre. 100 barils (= 159 hectolitres) de pétrole brut donnent 75 (72 à 80) barils de pétrole raffiné, 12 de benzine et 8 (11 à 5) de résidu, avec une perte de 5 pour 100. Pour que le pétrole soit sans danger, il ne faut pas qu'il émette de vapeurs inflammables au-dessous de 57°,7 et mieux encore au-dessous de 48°,9; pour s'assurer s'il en est ainsi, on soumet l'huile à l'épreuve du feu et, dans ce but, on chauffe à 46°,1 de l'eau contenue dans une boîte en fer-blanc de 10 à 12 centimètres de hauteur et d'un diamètre de 7 à 10 centimètres, on verse par-dessus une petite quantité de pétrole, on agite, on approche, avec précaution, de la surface liquide un copeau enflammé, et l'on observe s'il se dégage des gaz combustibles. Suivant la température à laquelle le pétrole émet des vapeurs inflammables, et aussi suivant l'aspect du liquide, on distingue dans beaucoup de fabriques les sortes suivantes :

	TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION.
Water white	65°,5
Prime	65°,5
Royal day light.	48°,9
Standard.	45°,3

D'un réservoir placé à une certaine hauteur, l'huile raffinée est amenée

par un tuyau dans le local où a lieu la mise en barils. Sur ce tuyau, qui traverse le local suivant sa longueur, sont adaptées plusieurs branches mobiles en caoutchouc épais, munies à leurs extrémités d'une armature en laiton portant une soupape. Pour remplir les barils, on les approche des branches mobiles, la bonde dirigée en haut; on introduit dans celle-ci l'armature en laiton et l'on ouvre la soupape. Lorsque le baril est à peu près plein, un appareil simple, consistant en un flotteur qui se trouve dans le baril et en un ressort à boudin, ferme la soupape en produisant un choc qui indique à l'ouvrier qu'il faut placer le tube en caoutchouc dans un autre baril. Le baril, bondé rapidement, est chargé sur une voiture. Les barils, peints en bleu et enduits intérieurement avec de la colle, pèsent vides 30 kilogrammes et contiennent $175^k,5$ à $186^k,1 = 159$ litres de pétrole. Lorsque le pétrole ne peut être transporté que sur des bêtes de somme, on l'expédie dans de petites caisses en fer-blanc (*cans*).

Produits secondaires des raffineries de pétrole. — Les produits qui se forment dans les raffineries de pétrole sont traités comme il suit. Le *goudron* est distillé dans de petites chaudières cylindriques verticales communiquant avec des réfrigérants à tubes parallèles ou des serpentins. Jusqu'à 58° B., le produit de la distillation porte le nom de benzine, et de 58 à 16° B. celui de paraffine; le dernier produit est dédoublé en huile de graissage (de 58 à 35° B.) et en paraffine lourde (de 33 à 16° B.). Lorsque l'huile de graissage n'est pas beaucoup demandée, le produit qui passe entre 58 et 35° B. est de nouveau distillé en vue de la production d'huile d'éclairage. Après que l'on a éteint le feu et éliminé les gaz de la chaudière au moyen d'un courant de vapeur, on retire une couche de coke épaisse de 50 centimètres, que l'on emploie comme combustible. On purifie par l'acide sulfurique et la soude caustique le produit contenant l'huile de graissage et la paraffine, puis on distille de nouveau en chauffant jusqu'à la température de 177° , à feu nu et avec de la vapeur sèche qui est surchauffée par le feu, et l'on fait ensuite passer un courant de vapeur dans l'huile. On continue la distillation jusqu'à ce que le liquide fourni par le réfrigérant marque 52° B. On supprime aussitôt l'arrivée de la vapeur, on éteint le feu, on laisse reposer l'huile pendant 10 à 12 heures, on la traite dans un agitateur avec de l'acide sulfurique concentré et on la lave; dans un autre agitateur on la traite ensuite par la potasse caustique en injectant de la vapeur, au moyen d'une pluie fine on lave sans arrêter l'injection de la vapeur, puis, afin d'expulser toutes les vapeurs en suspension, on fait passer un courant d'air, jusqu'à ce qu'un échantillon prélevé sur le liquide se montre tout à fait limpide et sans flocons. Suivant la température employée pour la distillation, on obtient deux huiles de graissage différentes: l'une, la *spindle oil*, marque 34° B., et l'autre, la *heavy spindle oil*, 52° B. Suivant les circonstances, cette dernière est employée pour l'extraction de la paraffine, et dans ce but on l'expose pendant 10 jours dans une glacière à la température de -1 à -5° . La masse congelée, enveloppée dans un tissu grossier, est soumise à l'action de la presse hydraulique; l'huile qui s'écoule est vendue comme huile de graissage; le

résidu riche en paraffine est de nouveau pressé avec soin, fondu à la vapeur, mélangé dans un agitateur avec 30 p. 100 de naphte B à 70 degrés, puis moulé en pains et refroidi; la masse, devenue solide, est pressée, fondue à la vapeur, et le traitement par le naphte est renouvelé une ou deux fois, jusqu'à ce qu'on ait de la paraffine bien blanche et translucide; on introduit celle-ci dans un vase bien propre, et au moyen d'une injection de vapeur on la maintient en ébullition pendant 8 à 10 heures, afin d'éliminer toute trace de naphte. Après avoir décanté l'eau de condensation, on verse la masse dans des moules.

Le produit contenant le *naphte* et la *gazoline* est distillé dans une chaudière verticale en tôle, chauffée au moyen d'un serpentín à vapeur, et lorsque les produits les plus légers ont passé, on dirige un courant de vapeur à travers le résidu. Les vapeurs sont condensées dans des serpentins, et l'on obtient les produits suivants : 1° la *gazoline* (80°-85° B.; poids spécifique 0,675-650), qui est brûlée dans des lampes spéciales, et dont on extrait aussi par distillation un corps très-volatile, le *rhigolène* (*kérosolène*, *ether de pétrole*, *sherwood-oil*), employé pour produire l'anesthésie locale dans les opérations chirurgicales et en applications externes dans les névralgies. A cet effet, ces vapeurs sont dirigées dans un mélange réfrigérant, et le liquide condensé, qui offre un poids spécifique de 0,625 et bout à 15°,5, est recueilli dans des bouteilles en zinc et conservé dans des glacières. 2° Le *naphte C* (75° B.; poids spécifique 0,685), qui est aussi brûlé dans des lampes spéciales. 3° Le *naphte B* (65° B.; poids spécifique 0,715), qui est employé pour la fabrication des vernis. 4° Le *naphte A* (60° B.; poids spécifique 0,725), qui sert pour la préparation des couleurs. Lorsque les prix du naphte et de la gazoline sont très-bas, on s'en sert pour chauffer les vases à distillation.

La *benzine* est mélangée avec l'huile brute ou bien vendue. — Dans quelques fabriques on prépare encore, avec l'huile brute ou incomplètement raffinée, d'autres produits, par exemple, différentes huiles de graissage que l'on obtient en mélangeant avec l'huile différentes graisses ou bien par distillation fractionnée, ainsi qu'une matière cristalline vert-jaune, appelée *pétrocène*¹.

En Angleterre, les premières huiles résultant de la distillation du pétrole sont séparées en deux produits; le plus volatil (poids spécifique 0,680) est appelé *kérosolène*, et le moins volatil porte le nom de *benzine* proprement dite ou *essence de pétrole*. Mais le plus souvent ces deux produits sont réunis en un seul, et toute la portion qui distille avant les huiles éclairantes est comprise sous le nom de *benzine*, *esprit de pétrole* ou *terébinthine artificielle*. Parmi les huiles éclairantes, les plus légères constituent le *photogène* ou pétrole rectifié, et les plus lourdes l'*huile solaire*. Les derniers produits de la distillation, qui offrent une consistance pâteuse, sont séparés en *huile de graissage* et en *paraffine*.]

¹ [Le pétrocène est un hydrocarbure identique avec le *thallène* isolé par H. Morton (1872) du pétrole de Pensylvanie; le pétrocène ou thallène est un isomère de l'anthracène, mais il ne fournit pas de matières colorantes.]

Constitution chimique des pétroles. — D'après les résultats des recherches effectuées sur la constitution des pétroles, ceux-ci (quelle que soit leur consistance, qu'ils soient liquides comme le pétrole de Pennsylvanie et de Bakou, ou qu'ils aient la consistance du beurre, comme l'huile de Ran-oon) sont tous des mélanges des termes supérieurs homologues de la série des éthanes (de la formule $C^n H^{2n+2}$), dont le gaz des marais CH_4 occupe le premier rang (méthane, carbol). Parmi les termes de cette série, ceux qui jusqu'à présent ont été trouvés dans le pétrole sont les suivants :

Méthane (gaz des marais)	$C H_4$	} Gaz.
Ethane (hydrure d'éthyle)	$C^2 H^6$	
Propane (hydrure de propyle)	$C^3 H^8$	
Butane (hydrure de butyle)	$C^4 H^{10}$	
Pentanes . . . $C^5 H^{12}$, savoir :		
		POINT D'ÉBULLITION.
Pentane normal (hydrure d'amylo normal)		38°
Isopentane (hydrure d'isoamylo)		50
Hexanes $C^6 H^{14}$		70
Heptanes $C^7 H^{16}$		97,5
Octanes $C^8 H^{18}$		125
Nonanes $C^9 H^{20}$		152
Décanes $C^{10} H^{22}$		158
Dodécanes $C^{12} H^{26}$		200
En outre les éthanes :		
Hydrure de cocynile (tridécane) $C^{13} H^{28}$		220
Hydrure de myristile (tétradécane) $C^{14} H^{30}$		240
Hydrure de bénylo (pentadécane) $C^{15} H^{32}$		262
Hydrure de palmylo $C^{16} H^{34}$		280

Les gaz qui se dégagent du pétrole *brut* se composent essentiellement de mélanges de méthane (gaz des marais), d'éthane et de propane. Les portions liquides les plus volatiles du pétrole sont des mélanges de butanes et de pentanes, qui, comme le méthane (gaz des marais), brûlent avec une flamme peu éclairante. Les éléments employés comme huile à lampe sont représentés par des hydrocarbures qui se trouvent entre les heptanes $C^7 H^{16}$ et les dodécanes $C^{12} H^{26}$. Les termes supérieurs de la série des éthanes ont une consistance butyreuse; ceux qui sont compris entre $C^{18} H^{40}$ et $C^{50} H^{62}$ constituent les paraffines qui se rencontrent dans la plupart des pétroles. Il paraît que l'on trouve dans quelques pétroles, indépendamment des éthanes, des hydrocarbures lourds, qui appartiennent à la série de l'éthylène, notamment les termes amyloène $C^8 H^{18}$, hexylène $C^6 H^{12}$, heptylène $C^7 H^{14}$ et octylène $C^8 H^{16}$.

Applications industrielles du pétrole. — L'exportation du pétrole *brut* de l'Amérique est maintenant interdite, à cause des dangers d'incendie qu'elle présente¹. Dans l'Union américaine il existe une loi d'après laquelle tout baril de pétrole doit être soumis à un examen avant d'être livré au commerce; cette loi prescrit de ne livrer aucune huile qui dégage des vapeurs combustibles (d'hydrure de butyle) au-dessous de 100° Farenheit (= 58 degrés

¹ M. C. Ommeganck, d'Anvers, a observé qu'une flamme de pétrole peut être immédiatement éteinte par le chloroforme.

centigrades). En France¹ (1866) et en Angleterre (1868) on a aussi émis des lois analogues. D'après les recherches de *K. List, Allen, Chandler, etc.*, une température d'inflammation de 51°,5 peut être considérée comme un minimum convenable, dont la détermination peut être effectuée facilement et exactement à l'aide de l'appareil imaginé par *J. Salleron* et *V. Urbain*². C'est pour cela que l'on est forcé de soumettre le pétrole brut à une distillation fractionnée, afin d'en séparer les éléments les plus volatils (voyez page 816, *Raffinage du pétrole brut*).

Le *naphte* (voyez page 820), nommé aussi, par *H. Vohl*, *canadol* ou *huile du Canada*, peut être employé pour la carburation du gaz d'éclairage (voyez page 768), pour la préparation du gaz (d'après le procédé de *Hirzel*), comme succédané de l'essence de térébenthine (le caoutchouc, l'asphalte et la térébenthine se dissolvent dans le naphte ; la colophane, le mastic, la résine de *Dammar*, s'y dissolvent moins facilement ; l'ambre, le copal, la laque en grains et la laque en écailles ne s'y dissolvent presque pas), à la place du sulfure de carbone pour l'extraction des huiles grasses, à la place de la benzine pour enlever les taches, pour la conservation des préparations anatomiques. Les pétroles de consistance épaisse servent comme huile de graissage sous le nom d'*huile de Vulcain, de globe* ou de *phœnix* (*vulcan-oil, globe-oil, phœnix-oil*). Aux États-Unis, le pétrole est employé à titre d'essai comme combustible dans la marine militaire. L'emploi du pétrole dans la pyrotechnie militaire et comme agent de défense et de destruction est encore de date toute récente (si l'on fait abstraction du récit de *Pline* sur la mort de *Médée*, de la *Pharsale* du poète *Lucain* et du livre de *Marcus Græcus* sur le feu grégeois employé pour brûler les ennemis).

Le pétrole *raffiné* (huile d'éclairage) est un liquide un peu fluorescent, d'une couleur un peu jaunâtre et d'un poids spécifique de 0,81. Il bout à 150°. Il ne se mêle pas avec l'eau, l'alcool et l'esprit de bois, mais on peut le mélanger facilement avec le sulfure de carbone, l'éther et l'essence de térébenthine. Parmi les résines et les substances analogues il n'y a que l'asphalte, l'élémi et la térébenthine de *Venise*, qui s'y dissolvent à chaud en quantités notables. Le caoutchouc se ramollit, se gonfle et se dissout complètement à chaud. On en consomme de très-grandes quantités pour l'éclairage à l'aide des lampes ; il se comporte comme l'huile solaire de lignite et de tourbe, et pour le distinguer de cette dernière on devrait le désigner sous le nom d'*huile pétrosolaire*. Le produit employé depuis quelque temps comme matière éclairante sous le nom de *kérosine* est préparé par distillation des pétroles américains ; il a un poids spécifique de 0,78 à 0,825. L'huile appelée *pit-t-oil* paraît être identique avec la *kérosine*.

¹ [D'après le décret relatif à la réglementation des fabriques et des dépôts d'huiles minérales (18 août 1866), les huiles destinées à l'éclairage ne doivent émettre de vapeurs susceptibles de prendre feu au contact d'une allumette enflammée qu'à une température égale ou supérieure à 55°.]

² Voy. *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, 2^e édit. franç. traduite par *L. Cautier*, p. 774. Paris, 1877.

[Les matières grasses que l'on rencontre depuis quelque temps dans le commerce sous les noms de *vaseline* et de *cosmoline*, ne sont autre chose que du goudron de pétrole décoloré par filtration sur du noir animal; ces matières, qui fondent à 32, à 55 ou même seulement à 95°, sont des mélanges en proportions très-variables de paraffines et d'huiles volatiles. L'usage de la vaseline et de la cosmoline, qui paraissent n'être qu'une seule et même substance, s'est déjà très-répandu en Amérique et en Angleterre, où on les préfère à l'axonge comme excipient des pommades; elles sont également employées en parfumerie pour les opérations de l'ens fleurage. La vaseline est blanche, inodore et insipide; elle offre la consistance d'une gelée ou d'un corps gras très-onctueux; elle est insoluble dans l'eau, très-peu soluble dans l'alcool, et se dissout à chaud dans l'éther; elle ne rancit pas et n'est pas saponifiable.]

A cause de la grande confusion qui existe encore dans les noms des produits de la distillation du pétrole, nous indiquerons (d'après *Kleinschmidt*, *Ad. Ott*, *Chandler*, etc.) ceux qui sont maintenant usités dans l'Amérique du Nord et en Angleterre :

POIDS SPÉCIFIQUE.	POINT D'ÉBULLITION.	
0,65 — 0,66	40° — 70°	n° 1. Éther de pétrole (kérosolène, rhigolène, <i>sherwood-oil</i>), dissolvant pour les résines, le caoutchouc, anesthésique.
0,66 — 0,69	70 — 90	n° 2. Gazoline (canadol), pour l'extraction des huiles des graines, etc.; pour le dégraissage de la laine et pour la fabrication du gaz.
0,69 — 0,70	80 — 110	n° 3. Benzine (eau à détacher).
0,71 — 0,75	80 — 120	n° 4. Ligoïne, pour brûler dans les lampes à ligoïne et pour la préparation du gaz d'éclairage.
0,75 — 0,75	120 — 170	n° 5. Huile à dégraisser; pour nettoyer des parties de machines, etc.; comme succédané de l'essence de térébenthine pour délayer les couleurs à l'huile, les laques, etc.

Au-dessus de ces températures, il passe du pétrole raffiné, puis de la paraffine et du gaz d'éclairage.

[**Importance de l'industrie du pétrole.** — La quantité de pétrole extrait aux États-Unis depuis la découverte de cette substance, il y a environ vingt ans, s'élevait en 1876 à 125 millions d'hectolitres, représentant une valeur de plus de 4,150 millions de francs. L'exportation est devenue tellement considérable que le pétrole figure maintenant parmi les principaux articles du commerce extérieur des États-Unis, comme on peut en juger par le tableau suivant, qui indique les quantités d'huile brute et raffinée et de résidus exportés depuis 1861 jusqu'en 1876 :

	HECTOLITRES.		HECTOLITRES.
1861	50,781	1869	3,889,486
1862	413,151	1870	5,345,350
1863	1,060,414	1871	5,921,571
1864	1,206,522	1872	5,684,508
1865	1,128,270	1873	8,987,724
1866	2,538,214	1874	8,825,494
1867	2,552,529	1875	8,777,809
1868	3,758,251	1876 (7 mois)	4,850,141

Il est probable que cette production abondante de pétrole en Amérique ne sera pas de très-longue durée. Seule, l'industrie de la Pennsylvanie joue actuellement un rôle prépondérant; quant à la production du Canada, de l'Ohio, de la Virginie, du Tennessee et du Kentucky, elle est peu considérable. En Pennsylvanie, tout puits, quelque abondant qu'ait été le premier jet, tarit au bout de trois ans en moyenne; toute la région supérieure de la Pennsylvanie, au nord de Franklin, a été tellement épuisée au bout de six ans environ, qu'elle a cessé depuis de figurer parmi les sources notables de pétrole, et si l'on n'avait pas découvert les puits de la région méridionale, dont le produit alimente presque exclusivement tout le monde civilisé, la Pennsylvanie aurait cessé depuis longtemps de régner en maîtresse sur le marché.

En France, la consommation du pétrole atteint un chiffre considérable; il en a été importé :

en 1875 29,866,262 kilogr.
— 1876 49,143,718 —

sur lesquels 29,849,690 kilogr., en 1875, et 49,093,202 kilogr., en 1876, ont été fournis par les États-Unis.]

CHAPITRE VIII

DES COMBUSTIBLES ET DES APPAREILS DE CHAUFFAGE

A. COMBUSTIBLES

Sous le nom de *combustibles* on désigne les corps qui sont employés dans l'industrie et l'économie domestique pour produire de la chaleur ou développer une force mécanique. Le bois, la tourbe, le lignite, la houille, l'antracite, le boghead, le charbon de bois, le charbon de tourbe, le lignite carbonisé, le coke, le pétrole et certains gaz (oxyde de carbone, hydrogènes carbonés), sont des combustibles. A l'exception des combustibles gazeux, tous les autres offrent, relativement à leur origine, de grandes analogies, car ils sont formés de cellulose, ou bien ils se sont produits aux dépens de ce corps. Les combustibles naturels ou bruts, c'est-à-dire non carbonisés (bois, tourbe, lignite, houille, anthracite), se composent essentiellement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; ils contiennent aussi de petites quantités d'azote et certains principes minéraux (soufre, phosphore, silice, alumine, oxyde de fer, terres alcalines et alcalis) qui, à l'exception du soufre et de l'azote, restent, après la combustion, sous forme de cendre. Parmi les corps que l'on vient de mentionner, il n'y en a que deux, le carbone et l'hydrogène, qui donnent de la chaleur, tandis que l'azote et l'oxygène en absorbent; les deux premières substances déterminent à elles seules la valeur des combustibles. Tous les combustibles ne donnent, en brûlant complètement, que de l'eau et de l'acide carbonique, et ils laissent un résidu composé des principes inorganiques. Dans la cendre des combustibles végétaux le carbonate de calcium et le carbonate de potassium sont en général les éléments qui prédominent, tandis que c'est l'argile dans celle des combustibles minéraux.

L'effet que produisent les combustibles dépend :

- a. De leur combustibilité,
- b. De leur inflammabilité,
- et c. De leur effet calorifique.

Combustibilité. — Sous le nom de *combustibilité*, on désigne la facilité plus ou moins grande avec laquelle les corps combustibles peuvent être allumés et peuvent ensuite continuer à brûler. Elle dépend de la qualité et de la composition du combustible. Un combustible poreux, peu dense

brûle moins facilement qu'un autre plus dense. Relativement à la relation qui existe entre la combustibilité et la composition, on a trouvé qu'un combustible brûle d'autant plus facilement qu'il contient plus d'hydrogène.

Inflammabilité. — Sous le nom d'*inflammabilité*, on désigne la propriété que possèdent certains combustibles de brûler avec flamme. Comme celle-ci est produite par des gaz en combustion, il est évident que les combustibles les plus riches en hydrogène doivent aussi être les plus inflammables. Il résulte de là que les combustibles qui, comme le charbon de bois et le coke, ont été obtenus par carbonisation, ne peuvent pas donner une autre flamme que celle qui se produit, lorsque la combustion est incomplète, par la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique, et qui ici ne doit pas être prise en considération.

Effet calorifique¹. — La chaleur développée lors de la combustion complète d'un combustible peut être mesurée sous deux points de vue différents :

1° Au point de vue de la *quantité de la chaleur* développée;

2° Au point de vue du *degré de la température* ou de l'intensité de la chaleur.

Si l'on mesure la quantité de la chaleur, on obtient l'*effet calorifique spécifique* ou *absolu*; si l'on détermine le degré de la température, on a l'*effet calorifique pyrométrique*. Ces indications déterminent la valeur d'un combustible. Si l'effet calorifique absolu est comparé avec le prix du combustible, on obtient la valeur de sa puissance calorifique dans la localité où il est consommé.

Détermination de l'effet calorifique absolu. — Comme on n'a pas de mesure particulière pour la chaleur, on doit se contenter de mesurer les quantités de chaleur relatives ou, en d'autres termes, d'indiquer de combien la quantité de chaleur développée par un combustible surpasse celle qui est dégagée par un autre combustible. Si l'on rapporte les résultats obtenus à un volume déterminé des combustibles, on obtient l'*effet calorifique spécifique*; si, au contraire, on rapporte ces résultats à un poids déterminé, on a l'*effet calorifique absolu*. Ces deux effets dépendent : 1° de la composition chimique des combustibles; 2° de la chaleur spécifique des produits de la combustion; 3° du degré d'humidité, de la teneur en cendre et de l'état extérieur des combustibles. On a trouvé que :

1	partie en poids de carbone	peut échauffer, de 0° à 1°,	8,080	parties en poids d'eau.
1	—	d'hydrogène	—	54,462

en donnant un effet calorifique absolu de 8,080, 54,462, etc. On nomme *unités de chaleur* ou *calories* les nombres proportionnels ainsi obtenus.

¹ Voyez P. Bolley, Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc., 2^{me} édit. française, traduite par L. Gautier, p. 660. Paris, 1877.

Le tableau suivant donne la chaleur de combustion des corps les plus importants :

Hydrogène	donne	34,462	calories.
Carbone (en se transformant en acide carbonique)	—	8,080	—
— (— oxyde de carbone)	—	2,474	—
Oxyde de carbone	—	2,405	—
Gaz des marais	—	15,065	—
Gaz élaïle (éthylène)	—	11,857	—
Pétrole brut	—	11,773	—
Éther	—	9,027	—
Alcool	—	7,183	—
Esprit de bois	—	5,507	—
Essence de térébenthine	—	10,852	—
Cire	—	10,496	—
Bois	—	5,600	—
Charbon de bois	—	7,640	—
Tourbe	—	5,000	—
Tourbe pressée	—	4,500	—
Houille	—	6,000	—
Graisse	—	9,000	—
Soufre	—	2,601	—
Silicium	—	7,850 ¹	—
Fer sulfuré (FeS ²)	—	2,255	—
Blende (ZnS)	—	1,729	—

On détermine l'effet calorifique *absolu* d'après les méthodes de *Karmarsch*, de *Berthier*, ou par l'analyse élémentaire.

Méthode de Karmasch. D'après la *méthode de Karmasch* (qui a été aussi employée par *Playfair*, dans ses recherches sur les charbons anglais, par *Brix*, *Hartig* et *Stein*, dans leurs travaux sur les houilles de la Prusse et de la Saxe), on détermine la quantité d'eau qui est transformée en vapeur par un demi-kilogramme (= 500 gram.) des différents combustibles. D'après la formule de *Regnault*, 652 calories sont nécessaires pour transformer 1 kilogr. d'eau à 0° en vapeur à 150°². Par conséquent :

$$1 \text{ kilogr. de carbone peut évaporer } \left(\frac{8080}{652} \right) = 12^{\text{r}}, 400 \text{ d'eau.}$$

$$1 \text{ — d'hydrogène — } \left(\frac{34462}{652} \right) = 52,950 \text{ —}$$

Les expériences exécutées par *R. Wagner* et d'autres ont donné les résultats suivants :

	QUANTITÉ DE VAPEUR PRODUITE.
Bois de hêtre rouge	5,78 kilogr.
Houille piciforme de Zwickau (6 p. 0,0 de cendre).	6,45
Charbon de Bohême de Nürschau. (19 —)	5,58
Charbon de forge de Saarbrück . (21,5 —)	6,06
Houille fuligineuse (5,5 —)	6,90
Cannel-coal (4 —)	7,74

Méthode de Berthier. D'après la loi de *Welter* (qui cependant n'est pas confirmée par l'expérience, parce que des recherches récentes ont montré

¹ D'après les déterminations de *Troost* et *Hautefeuille*.

² Si la vapeur ne doit avoir qu'une température de 100°, 640 calories sont suffisantes.

que les résultats obtenus, pour l'hydrogène notamment, s'éloignent beaucoup de cette loi), les quantités de chaleur développées par différents combustibles sont en raison directe des quantités d'oxygène nécessaires pour la combustion. En admettant l'exactitude de cette loi, il est facile, si la composition du combustible est connue, de calculer l'effet calorifique absolu de celui-ci. On détermine combien il absorberait d'oxygène (en tenant compte de la richesse propre du combustible en ce dernier élément), pour transformer complètement son carbone en acide carbonique et son hydrogène en eau. On compare ensuite cette quantité avec celle qu'exige un autre combustible dont l'effet calorifique est connu, le charbon, par exemple. Si l'on part de ces principes, il est évident que la puissance calorifique d'un combustible dont on ne connaît pas la composition est facile à apprécier, si l'on peut déterminer le poids de l'oxygène absorbé pendant sa combustion. Des expériences pratiques et des calculs ont montré que le procédé de *Berthier* donne toujours lieu à une erreur qui est d'environ 1/9 au-dessous de la vérité. L'opération se pratique de la manière suivante : on transforme le combustible en une poudre très-fine, et l'on mélange 1 gram. de la poudre avec une quantité de litharge pure un peu plus grande que celle qui peut être réduite par le gramme de poudre, par conséquent 20 gram. au moins et 40 gram. au plus. Le mélange est introduit dans un creuset de terre et couvert avec 20 ou 40 gram. de litharge. On place le couvercle sur le creuset, que l'on chauffe doucement avec un feu de charbon. La masse devient molle, entre en ébullition et se boursoufle quelquefois. Lorsqu'elle est complètement fondue, on chauffe vivement pendant environ 10 minutes, afin que le plomb se réunisse en une masse. On retire ensuite le creuset du feu, lorsqu'il est refroidi on le casse et l'on pèse le régule de plomb. Ordinairement, celui-ci n'adhère ni au creuset ni à la scorie, et un coup de marteau suffit pour le détacher. Les expériences doivent être répétées 2 ou 3 fois, et les résultats ne doivent pas différer de plus de 0^{sr},1 à 0^{sr},2. A la place de l'oxyde de plomb pur *G. Forchhammer* emploie un mélange de 3 parties de litharge et de 1 partie de chlorure de plomb (par conséquent de l'oxychlorure de plomb), qui a été préalablement fondu dans un creuset de terre et pulvérisé après refroidissement. Le charbon de bois pur chauffé avec de la litharge ou de l'oxychlorure de plomb donne $\frac{3}{4}$ fois son poids en plomb métallique, dont la quantité s'élève avec l'hydrogène à 105,7 fois le poids de celui-ci, c'est-à-dire que le dernier corps fournit 3 fois plus de plomb que le charbon. A l'aide de ces valeurs on peut trouver l'effet calorifique absolu de tout autre combustible. Comme maintenant on admet que 1 partie de charbon peut élever de 1° la température de 8080 parties d'eau, comme en outre, d'après le procédé de *Berthier*, du charbon pur donne $\frac{3}{4}$ parties de plomb, à chaque partie en poids de plomb réduit par un combustible correspondant $\left(\frac{8080}{\frac{3}{4}}\right) = 237,6$ calories. La loi établie par *Welter* n'étant pas toujours exacte, le procédé de *Berthier* ne convient que pour les combustibles qui ne renferment qu'une très-petite quantité d'hydrogène. Pour les com-

bustibles hydrogénés qui commencent à se décomposer à une température inférieure au rouge, il est tout à fait inapplicable, parce que une partie des gaz réducteurs peut se dégager sans avoir séparé la quantité correspondante de plomb.

Exemple. 1 gram. de tourbe pressée m'a donné 17^{gr},76 de plomb, ce qui correspond à 4124,5 calories (car $237,6 \times 17,76 = 4124,5$), ou, en d'autres termes, 1 kilogr. de tourbe pressée fournit 6^{kilogr},500 de vapeur d'eau à 150° (car $\frac{4124,5}{622} = 6,3$).

*Analyse élémentaire*¹. — Bien que des recherches récentes aient montré que, pendant la combustion de substances organiques de même composition (ou isomères)², la chaleur dégagée n'est pas directement en relation avec la quantité d'oxygène nécessaire pour la combustion, que la même quantité de chaleur peut, dans des circonstances différentes, produire des quantités différentes de chaleur, on doit cependant admettre avec assurance que, pour des combustibles analogues, on peut de leur composition tirer des conclusions qui, si elles ne sont pas absolument exactes, fournissent cependant d'utiles indications pour la pratique. Lorsqu'il s'agit de déterminer la valeur relative des combustibles de même nom, on peut donc employer avec avantage l'analyse élémentaire, après avoir préalablement déterminé par une expérience particulière la quantité de la cendre que laissent les combustibles à essayer.

Exemple. 1 gramme de tourbe pressée soumis à l'analyse élémentaire m'a donné 0^{gr},4698 de carbone et 0^{gr},0145 d'hydrogène, ce qui fait par conséquent 4,288 calories, car

Carbone.	0,4698	×	8080	=	3795,9
Hydrogène.	0,0145	×	34462	=	492,8
					4288,7 calories.

Dans la tourbe pressée, il y avait en outre :

$$\left. \begin{array}{l} 15,5 \text{ 0/0 d'eau hygroscopique.} \\ 51,78 \text{ d'eau chimiquement combinée. } \end{array} \right\} = 47,54 \text{ 0/0 d'eau}$$

pour la vaporisation de laquelle 255,5 calories sont nécessaires : il reste donc $4288,7 - 255,5 = 4033,2$ calories.

La force évaporatoire de la tourbe pressée est donc

$$\frac{4033,2}{652} = 6,19 \text{ kilogr. ou litres d'eau.}$$

Procédé de A. Stromeyer. D'après le procédé proposé (1861) par A. Stromeyer, on brûle le combustible avec du bioxyde de cuivre, on traite le résidu par l'acide chlorhydrique et le perchlorure de fer, qui, par le cuivre métallique produit, est partiellement transformé en protochlorure, dont on

¹ Voy. P. Bolley, *loc. cit.*, p. 658 et 674.

² L'acide butyrique et l'éther acétique ont la même composition, qui est représentée par la formule C⁴H⁸O², et le premier donne en brûlant 5647 calories, et le dernier 6292.

détermine la quantité par titrage avec le permanganate de potassium. Ce procédé est assurément exact, mais il est compliqué.

Effet calorifique spécifique. — Sous le nom d'*effet calorifique spécifique*, on désigne les quantités relatives de chaleur qui sont fournies par des volumes égaux des différents combustibles. On le trouve en multipliant l'effet calorifique absolu par le poids spécifique du combustible en question.

Effet calorifique pyrométrique. — L'*effet calorifique pyrométrique* d'un combustible est indiqué par la température résultant de sa combustion complète. Comme aucun des pyromètres connus ne donne des résultats suffisants pour que l'on puisse exprimer la chaleur en degrés thermométriques, en vue de la détermination de la puissance calorifique, on doit se contenter provisoirement de déterminer approximativement, par le calcul, l'effet calorifique pyrométrique. L'effet calorifique pyrométrique d'un combustible est égal à son effet calorifique absolu, exprimé en calories et divisé par la somme des quantités relatives en poids de tous les produits de la combustion de ses éléments, chacune de ces quantités étant multipliée par la chaleur spécifique correspondante. L'effet calorifique pyrométrique du carbone est plus grand que celui de tout autre corps combustible, et celui de l'hydrogène est plus petit. Les parties inflammables du bois et de la houille doivent, par conséquent, avoir un effet calorifique pyrométrique moins élevé que les substances carbonisées non inflammables, et cet effet doit être d'autant moins intense que leur composition se rapproche plus de celle du charbon pur, tandis que, relativement à l'effet calorifique absolu, c'est le contraire qui a lieu. Cela tient à ce que la vapeur d'eau qui se forme pendant la combustion de l'hydrogène absorbe presque quatre fois autant de chaleur que l'acide carbonique, pour acquérir une certaine température. La différence qui existe entre les effets pyrométriques des combustibles est beaucoup plus grande lorsque la combustion a lieu dans l'oxygène que lorsqu'elle s'effectue dans l'air.

Afin de se rapprocher dans la pratique le plus possible de l'effet calorifique pyrométrique trouvé théoriquement, il est nécessaire de convertir tout le carbone en acide carbonique, parce que la température qui résulte de la transformation du carbone en oxyde de carbone s'élève dans l'air seulement à 1427° (avec 2480 calories), et lorsque le carbone est converti en acide carbonique, la température s'élève à 2458° (avec 8080 calories). Cette combustion complète peut être obtenue en soumettant le combustible à un traitement convenable (par exemple, en conservant pendant longtemps à l'abri de l'humidité le charbon de bois et le coke, en pressant la tourbe pour augmenter sa densité, en préparant un coke dense, en chauffant le combustible avant son introduction dans le fourneau, etc.), en se servant d'air chauffé pour entretenir la combustion et en effectuant celle-ci sous une pression supérieure à une atmosphère.

La température de la combustion n'est pas seulement le produit de l'acte de la combustion elle-même, mais elle est essentiellement modifiée

par l'action des éléments actifs de l'air durant la combustion. Pour brûler complètement,

1 kilogr. de carbone exige 9,7 mètres cubes d'air, à 15° cent.
1 — — — — — 28,0 — — — — — 15° —

De ces données on peut déduire les quantités d'air qui sont exactement nécessaires pour brûler complètement un combustible :

1 kilogr. de bois (avec 20 0/0 d'eau hygroscopique H ² O) exige 5,2 mètres cubes d'air.
1 — de charbon de bois. — 9,0 —
1 — de houille. — 9,0 —
1 — de coke. — 9,0 —
1 — de lignite. — 7,5 —
1 — de tourbe — 7,3 —

Dans la pratique, les quantités d'air trouvées théoriquement doivent au moins être doublées, si la combustion doit avoir lieu complètement.

Équivalent mécanique de la chaleur. — La loi de la *conservation de la force* apprend que la chaleur peut être transformée en travail et inversement le travail en chaleur, et que 1 unité de chaleur correspond à 424 kilogrammètres de travail. Toutes les fois que du travail est produit par de la chaleur, celle-ci est consommée dans la proportion de 424 unités de travail pour 1 unité de chaleur. Le nombre 424 est par conséquent l'*équivalent mécanique de la chaleur*. Sous le nom de kilogrammètre on désigne la force (ou le travail) qui est nécessaire pour élever 1 kilogr. à 1 mètre de hauteur.

La première notion de l'équivalent mécanique de la chaleur est due au physicien anglais *Joule*, qui effectua une série d'expériences (1846-1849) dans lesquelles il compara la quantité de chaleur résultant du frottement avec la force employée pour sa production. *Joule* a déduit de ses expériences que 1 unité de chaleur équivaut à un travail mécanique de 423,5 kilogrammètres. Plus tard, *Hirn*, de Colmar, chercha à déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur en observant l'effet utile de machines à vapeur; il trouva le nombre 427, qui est moins exact. Cependant le nombre d'environ 424 kilogrammètres peut aussi être déduit des données fournies par la physique. Pour élever de 1° la température d'un mètre cube d'eau (= 1000 kilogr.), on a besoin de 1000 unités de chaleur; pour échauffer de l'air dans la même proportion, il ne faut que 0,509 unités de chaleur (1 mètre cube d'air pur = $\frac{1000}{770} = 1 \text{ kil.}, 29$; la chaleur spécifique de l'air = 0,237, par conséquent $1,29 \times 0,237 = 0,506$). Cette quantité de chaleur sert partie au renouvellement, partie à la dilatation de l'air; pour échauffer simplement 1 kilogr. 29 d'air, il faut 0,220 unités de chaleur, et le reste est employé à la dilatation, qui s'élève à 0,00566 du volume primitif. Pour déterminer le travail qui est produit par cette dilatation, nous admettons que l'air est enfermé dans un cylindre de 1 mètre carré de base; la hauteur primitive de la colonne d'air sera par conséquent de 1 mètre et la dilatation s'élèvera à 0^m,00566. Si maintenant le cylindre est fermé avec un piston mobile

de 1 mètre carré de section, l'air atmosphérique exerce sur ce dernier une pression de 10 kilogr. 530. Si par suite de la dilatation de l'air le piston est soulevé de $0^m,00566$, c'est la même chose que si un poids de 10 kilogr. 530 était élevé à la hauteur $0^m,00566$. Le travail mécanique ainsi produit s'élève à $10,530 \times 0,00566 = 37$ kilogrammètres 86. Par conséquent 0,089 unités de chaleur équivalent à 37 kilogrammètres 86, et une unité de chaleur est, par suite, équivalente à $\frac{37,86}{0,089} = 425$ kilogrammètres 5.

Le développement mathématique de la théorie mécanique de la chaleur est basé sur la loi établie par *R. Clausius*, de Bonn; d'après cette loi, « toutes les fois que du travail est produit par de la chaleur, une quantité de chaleur proportionnelle au travail produit disparaît ou est consommée, et réciproquement par la production d'une égale quantité de travail la même quantité de chaleur peut être régénérée. »

BOIS ET CHARBON DE BOIS

BOIS.

Du bois en général. — Le bois se compose de plusieurs parties qui diffèrent par leur structure et que l'on peut voir dans une coupe transversale. L'axe ou *moelle* (*a*, fig. 445) consiste en un tissu spongieux assez régulier de cellules parenchymateuses qui,

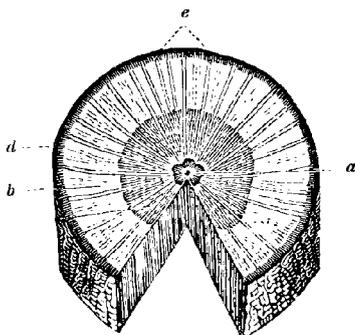


Fig. 445. — Coupe transversale d'une tige ligneuse.

en beaucoup de points, s'étendent jusqu'à l'écorce sous forme de *rayons médullaires*. Autour de la moelle se trouve le *bois b*, qui est un agrégat de faisceaux de tissu fibro-vasculaire. Le bois est entouré par le *liber*; entre le bois et le liber est une couche de cellules à parois extrêmement minces et remplies d'un liquide trouble; c'est au moyen de cette couche que se produit l'accroissement du tronc : les cellules nouvellement formées se déposent sur les cellules anciennes

du bois, et vers l'extérieur sur le liber et sur l'écorce. Sur le liber, on trouve une couche de cellules d'une structure particulière qui, avec le liber, constitue l'écorce *d*, et dans les jeunes troncs celle-ci est encore recouverte par l'épiderme *e*. Sous l'influence de l'accroissement de la plante, les cellules médullaires se déchirent, meurent et laissent à leur place un tube creux. Les cellules ligneuses s'épaississent par suite d'un dépôt de cellulose qui s'effectue sur leurs parois; comme cet épaississement est très-rapide au printemps, mais qu'il se ralentit en été et en automne et qu'il finit par

s'arrêter, il est facile d'expliquer la formation des *couches annuelles*, qui sont séparées les unes des autres par les couches plus compactes et plus dures déposées en automne. Les parois des cellules ligneuses ne sont jamais assez épaisses pour qu'à l'extérieur de celles-ci on ne puisse pas observer une cavité, et elles ne sont jamais assez rapprochées pour que l'on ne puisse plus voir les espaces intercellulaires, qui, en général, ne contiennent que de l'air, mais qui, quelquefois aussi, forment les réservoirs des sucs propres, de la résine et de la gomme, par exemple.

Pendant la vie de la plante, la majeure partie de la cellulose s'est déposée dans les cellules ligneuses et vasculaires : aussi celles-ci ont-elles des parois très-épaisses, et elles forment le bois proprement dit. Plus les parois des cellules d'une espèce de bois sont épaisses, et plus il s'est accumulé de cellules dans un espace déterminé, plus ce bois est dense et lourd ; on le nomme *dur*, pour le distinguer du bois qui renferme des cellules à parois minces en nombre moins grand dans un espace égal ; ce dernier porte le nom de *bois mou*. Les différents arbres, dont on emploie le bois comme combustible dans l'Europe centrale, sont les suivants :

Chêne (<i>Quercus pedunculata</i> et <i>robur</i>), que l'on peut abattre de	50 à	60 ans.
Hêtre rouge (<i>Fagus sylvatica</i>)	—	80 120
Charme ou hêtre blanc (<i>Carpinus betulus</i>)	—	110 120
Orme (<i>Ulmus campestris</i> et <i>effusa</i>)	—	20 50
Frêne (<i>Frazinus excelsior</i>)	—	20 50
Aune (<i>Alnus glutinosa</i> et <i>incana</i>)	—	20 50
Bouleau (<i>Betula alba</i> et <i>pubescens</i>)	—	20 25
Sapin ordinaire (<i>Pinus abies</i>)	—	50 60
Sapin rouge (<i>Pinus picea</i>)	—	70 80
Pin (<i>Pinus sylvestris</i>)	—	80 100
Mélèze (<i>Pinus larix</i>)	—	50 60

Le chêne, le hêtre rouge, le charme, l'orme, le bouleau, le frêne, sont des *bois durs* ; l'érable, l'aune, le mélèze, le pin, sont des *bois demi-durs* ; le sapin rouge, le sapin ordinaire, le tilleul, le peuplier, le tremble, le saule, sont des *bois mous*.

Éléments du bois. — Le bois, qui n'est pas seulement important comme combustible et comme bois d'ouvrage, mais encore à cause de son emploi comme matière première de la fabrication du papier, se compose essentiellement de la fibre ligneuse proprement dite, d'une petite quantité d'éléments minéraux et de sève, et d'une quantité variable d'eau hygroscopique.

Fibre ligneuse (cellulose). La fibre ligneuse pure, qui forme à peu près 96 pour 100 du bois complètement sec, est composée d'après la formule $C^6H^{10}O^5$ et elle contient dans 100 parties :

Carbone	44,45 parties.
Hydrogène	6,17 —
Oxygène	49,58 —

La *sève des végétaux* est en majeure partie composée d'eau et elle renferme des substances organiques et inorganiques dont les unes sont dissoutes et les autres suspendues. Le cambium des conifères contient une sub-

stance particulière, la *coniférine*, par le dédoublement de laquelle on peut préparer la *vanilline*, principe aromatique de la vanille. Les éléments inorganiques qui, après la combustion du bois, restent sous forme de *endre*, sont les mêmes, quant à leur qualité, pour toutes les espèces de bois (voy. t. I, p. 277). Dans la pratique, on admet que la richesse des bois de chauffage en éléments minéraux (*endre*) est en moyenne de 1 pour 100¹.

La *teneur en eau* est en général plus grande dans les bois mous que dans les bois durs. On a trouvé dans 100 parties en poids des bois suivants fraîchement coupés :

Charme	18,6	Pin	39,7
Bouleau	30,8	Hêtre	39,7
Chêne rouvre	34,7	Aune	41,6
Chêne tiges	35,4	Orme	44,5
Sapin	37,1	Sapin rouge	45,2

Le bois ordinaire *séché à l'air* peut être considéré comme formé de

40 parties de charbon (y compris 1 partie de cendre),
40 — d'eau chimiquement combinée,
20 — d'eau hygroscopique.

Lorsque toute l'eau hygroscopique a été éliminée par un chauffage énergique à 150°, le bois offre la composition suivante :

50 parties de charbon (y compris 1 partie de cendre),
50 — d'eau chimiquement combinée.

Le bois de *hêtre* séché à l'air, tel qu'on l'emploie ordinairement pour le chauffage, contient dans 100 parties :

Carbone	59,10
Hydrogène	4,90
Oxygène	36,00
Eau et cendre	20,00
	100,00

Valeur calorifique des bois. — La combustibilité des bois mous est plus grande que celle des bois durs; parmi les premiers ce sont les bois des conifères (à cause de la résine qu'ils renferment) qui s'allument le plus facilement et qui continuent le mieux à brûler. Le bois de bouleau se rapproche beaucoup du bois des conifères. Ce dernier, riche en résine, donne la flamme la plus longue.

Les expériences de *Winkler* sur le pouvoir calorifique des différentes espè-

¹ *Chevandier* donne, comme moyenne des proportions de cendres, les nombres suivants :

Bois de pied	1,25 0/0
— en bûches	1,34
— de branches	1,34
Fagots de branchages	2,27

ces de bois ont montré que 1 stère de bois de sapin rouge peut être remplacé par

1,07 stère de bois de tilleul,	0,70 stère de bois de charme,
0,94 — pin,	0,665 — bouleau,
0,92 — peuplier,	0,65 — érable,
0,91 — saule,	0,655 — orme,
0,89 — sapin ordinaire,	0,59 — chêne.

Th. Scheerer admet que l'effet calorique absolu des différents bois uniformément desséchés est le même pour tous, et en outre que leur effet calorique spécifique, leur teneur en eau étant égale, est proportionnel à leur densité. L'effet calorique pyrométrique du bois à demi séché (avec une teneur en eau égale à 10 p. 100) est égal à 1850°, et celui du bois complètement sec s'élève à 1950°. D'après *Péclet*, dans la combustion du bois pur et sec, il se dégagerait une température de 1683°, en supposant que tout l'oxygène de l'air servant à la combustion soit absorbé, et il ne se développe qu'une température de 960°, si l'oxygène n'est qu'à moitié consommé, ce qui est le cas le plus ordinaire dans les grands foyers.

D'après les expériences de *Briz*, le pouvoir de vaporisation des différents bois est représenté par les chiffres suivants :

Bois de pin avec une richesse en eau de	16,1 0/0	NON DESSÉCHÉ.	DESSÉCHÉ.
— d'aune —	14,7	4,15	5,11
— de bouleau —	12,3	3,84	4,67
— de chêne —	18,7	3,72	4,39
— de hêtre rouge —	22,2	3,54	4,60
— de charme —	22,2	3,59	4,63
	12,5	32,6	4,28

C'est-à-dire que 1 kilogramme de bois de pin, avec 16,1 pour 100 d'eau, évapore 4 kilogr. 15 d'eau.

CHARBON DE BOIS.

Toutes les combinaisons organiques se décomposent sous l'influence de la chaleur, et elles laissent leur carbone sous forme de charbon. Lorsqu'on chauffe le charbon dans un espace clos ne contenant pas d'oxygène et si en même temps on fait en sorte que les vapeurs et les gaz produits puissent se dégager, lorsque d'une manière générale on soumet le bois à la distillation sèche, une partie du carbone reste sous forme de *charbon de bois*. Si l'on recueille les produits volatils, on trouve des corps gazeux, consistant en acide carbonique, oxyde de carbone et gaz des marais, et en corps condensables, qui après leur condensation forment une huile colorée en jaunâtre ou en brun, au-dessous de laquelle se trouve un liquide aqueux. Ce dernier se compose d'acide acétique impur (*vinaigre de bois*; voy. page 352) et d'un liquide alcoolique, l'*esprit de bois brut* (voy. page 355); le liquide huileux, le *goudron de bois*, se compose d'un certain nombre de corps liquides et solides, parmi lesquels on doit mentionner la paraffine, la créosote (éther méthylique de l'acide oxyphénique et des acides homologues), l'acide oxyphé-

nique et les phénols, et plusieurs hydrocarbures liquides. Tous ces corps sont combustibles.

Le schéma suivant (voy. page 549) indique les produits principaux qui se forment dans la distillation sèche du bois :

Bois.	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha. \text{ Masse du bois} \\ \beta. \text{ Eau hygroscopique.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha. \\ \beta. \\ \gamma. \\ \delta. \end{array} \right.$	<i>Gaz d'éclairage.</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acétylène.} \\ \text{Éthylène.} \\ \text{Benzine.} \\ \text{Naphtaline (?).} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Oxyde de carbone.} \\ \text{Acide carbonique.} \\ \text{Gaz des marais.} \\ \text{Hydrogène.} \end{array} \right.$
			<i>Goudron.</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Benzine.} \\ \text{Naphtaline.} \\ \text{Paraffine.} \\ \text{Rétène.} \\ \text{Phénol.} \\ \text{Acide oxyphénique} \\ \text{(Pyrocatechine).} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acide crésylique.} \\ \text{Acide phlorique.} \\ \text{Résines pyrogénées.} \\ \text{Créosote (éther méthylique de l'acide oxyphénique et des acides homologues).} \end{array} \right.$
			<i>Vinaigre de bois.</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acide acétique.} \\ \text{Acide propionique.} \\ \text{Acide butyrique.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Alcool méthylique.} \\ \text{Alcool allylique.} \\ \text{Éther méthylique de l'acide acétique.} \end{array} \right.$
			<i>Charbon de bois.</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acétone.} \end{array} \right.$	

But de la carbonisation du bois. — La *carbonisation du bois* a ordinairement pour but de concentrer les substances combustibles qu'il renferme, de rendre celles-ci transportables en en diminuant considérablement le poids et le volume, et de cette façon d'en faciliter le commerce, d'enlever au bois les propriétés qui nuisent pour certaines applications industrielles, ou enfin d'obtenir un charbon propre à être employé à des usages autres que ceux auxquels il sert ordinairement (pour la fabrication de la poudre, par exemple). Dans tous les cas, le *charbon* est regardé comme le produit principal de la carbonisation. Dans la *fabrication du goudron* on s'occupe surtout de l'extraction de ce produit, et le charbon que l'on obtient en même temps n'est plus qu'un produit secondaire. Enfin, dans la *fabrication du gaz au bois* par carbonisation, on obtient non-seulement du charbon et du goudron, mais encore des gaz éclairants et combustibles, que l'on utilise pour dégager de la lumière et de la chaleur et qui ne sont pas toujours considérés comme les produits les plus importants. La carbonisation du bois dans les forêts se pratique dans des *tas* et dans des *meules* construites de différentes manières (*meules verticales* ou *meules horizontales*) ou dans des *fosses* et des *fours*.

Carbonisation en meules. — Sous le nom de *meule*, on désigne un tas de gros morceaux de bois recouvert de terre pure ou mélangée avec du poussier de charbon. Les morceaux de bois sont appuyés à peu près *verticalement* contre l'axe de la meule, ou bien ils sont disposés *horizontalement* suivant une direction perpendiculaire à l'axe. Dans le premier cas la meule porte le nom de *meule verticale*, et dans le second celui de *meule horizontale*. L'axe de la meule s'appelle la *cheminée*.

Construction des meules verticales. — Pour construire une meule on enfonce au centre de l'aire, sur laquelle doit s'effectuer la carbonisation, un ou plusieurs pieux assez forts. Les *meules verticales* se distinguent en :

- a. Meules italiennes (fig. 446),
- b. Meules slaves (fig. 447),
- c. Meules norvégiennes (fig. 448).

Une *meule italienne* (fig. 446) a pour cheminée une cavité dans laquelle se trouvent trois ou quatre pieux *n, n*, qui sont maintenus écartés les uns des

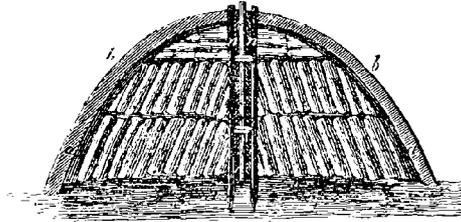


Fig. 446. — Meule italienne.

autres au moyen de barres transversales, et elle se compose de deux ou trois couches de bois ; la masse de bois conique est arrondie avec des bûches placées horizontalement, qui forment ce qu'on appelle le dôme. A la partie inférieure de la cheminée on met une certaine quantité de bois résineux, qui sert pour allumer la meule.

La *meule slave* (fig. 447) se distingue de la précédente par sa cheminée, qui ne renferme qu'un seul pieu *a* enfoncé en terre, et en outre par le ca-

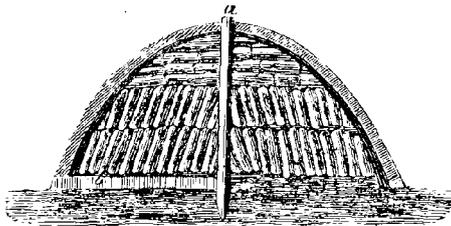


Fig. 447. — Meule slave

nal *b* (le carneau d'allumage), qui s'étend jusqu'à la cheminée et qui sert pour mettre le feu à la meule.

La troisième espèce de meule verticale (fig. 448) est usitée en Norvège, et elle est formée avec des bûches minces irrégulières. Trois des plus grosses bûches forment la cheminée *a a*, autour de laquelle on place des substances combustibles et ensuite un tas de morceaux de bois plus gros disposés en cône et mélangés avec des matières facilement inflammables ; ce tas forme le cœur de la meule, sur lequel on dispose les bûches minces.

Les *meules horizontales* ont extérieurement la forme des meules verticales ; mais les bûches sont placées horizontalement et en une ou deux couches

concentriques, qui rayonnent autour de la cheminée. La face externe est disposée parallèlement au cœur de la meule, que l'on construit en forme de cône autour de la cheminée avec des bûches placées verticalement. La cheminée est disposée comme dans une meule italienne ou comme dans une meule slave, et dans ce dernier cas elle communique inférieurement avec un canal qui sert pour mettre le feu à la meule.

Une fois la meule construite, on la munit d'un revêtement de terre qui constitue sa *chemise* (*b, b*, fig. 446). Mais comme la terre poreuse tomberait trop facilement sur le feu et éteindrait celui-ci, il faut avant de mettre la terre recouvrir la meule avec du gazon ou des brins de bouleau, de la mousse, des feuilles de pin ou d'autres arbres, etc. La chemise n'est pas appliquée immédiatement dans toute l'étendue de la meule, celle-ci doit rester pour le moment découverte sur une hauteur de 18 à 56 centimètres à

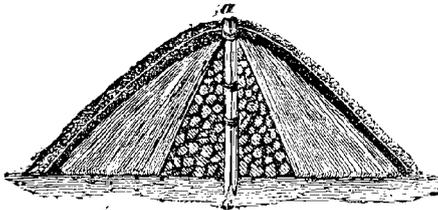


Fig. 448. — Meule norvégienne.

partir de sa base. On entoure cette partie de la meule non recouverte par la chemise avec des branches sèches qui reposent sur des fourches de bois; cette disposition a pour but de soutenir la chemise et en outre de permettre aux vapeurs de se dégager lorsqu'on met le feu à la meule. La chemise est faite avec de la terre, ou mieux avec un mélange d'argile, de terre et de poussier de charbon, et on lui donne partout une épaisseur de 9 à 15 centimètres. Le dôme de la meule reçoit une couche de terre plus épaisse et plus fortement tassée, parce que c'est dans cette partie que l'action du feu se fait sentir avec le plus d'intensité. Du côté où le vent peut avoir une action nuisible sur la carbonisation, on protège la meule en établissant en ce point une cloison de branchages ou de planches. Il y a deux manières d'allumer la meule : 1° L'allumage peut être effectué *par en bas*, par le carreau d'allumage, en introduisant dans celui-ci une longue tige, à l'extrémité de laquelle est fixé un bouchon de paille enflammé ou de l'écorce de bouleau que l'on pousse jusque dans la cheminée. 2° L'allumage peut aussi avoir lieu *par en haut*, et dans ce cas on enflamme les matières contenues dans la cheminée, ou bien on fait d'abord tomber dans la cheminée des charbons rouges et ensuite du charbon et des morceaux de bois enflammés.

[Afin d'empêcher les courants d'air, on peut, comme l'a indiqué *Foucault*, entourer les meules, à une distance de quelques décimètres, d'une cloison en planches que l'on monte et démonte à volonté; cette cloison, qui offre la

même forme que la meule, est ouverte inférieurement et pourvue latéralement d'une porte que l'on ferme avec un rideau en toile. Grâce à cette disposition, qui est usitée dans un grand nombre de localités, on augmente le rendement en charbon d'environ 6 pour 100.]

Marche de la carbonisation. — On doit distinguer dans la carbonisation trois phases principales : 1^o la période d'exsudation, 2^o la période de carbonisation, et 3^o la période de grand feu. Pour que le feu puisse se propager à l'intérieur de la meule qui vient d'être allumée, celle-ci a besoin d'une quantité d'air beaucoup plus grande qu'une meule qui est déjà allumée depuis longtemps. C'est pour cette raison qu'au commencement de l'opération on ne couvre qu'imparfaitement ou pas du tout le pied de la meule; le feu, en se propageant dans la masse, donne naissance à de la vapeur d'eau mêlée avec des produits de la distillation sèche du bois; cette vapeur se condense en partie sur les portions froides de la meule et il se produit alors une exsudation à laquelle les ouvriers donnent le nom de *sucée*. Pendant la sucée, la meule court risque d'être endommagée, car à cette période il peut se former dans son intérieur des mélanges détonants d'hydrocarbures et d'air atmosphérique, qui par leur explosion peuvent faire sauter certaines parties de la chemise et même déranger la masse du bois. Cet accident est appelé l'*explosion* de la meule. Les explosions très-légères, et pour cette raison sans danger pour la meule, ont seulement pour conséquence d'ébranler la chemise. Par suite de l'extension rapide du feu, ou de la combustion réelle d'une partie du bois, ou enfin du retrait qu'éprouve la masse du bois sous l'influence de la diminution de volume produite par la dessiccation et la carbonisation, il se produit dans la meule des cavités, qui doivent être comblées avec soin. Lorsque les vapeurs qui sortent du pied de la meule offrent une couleur plus claire, cela indique le commencement de la période de carbonisation. A ce moment l'afflux de l'air doit être diminué; dans ce but la chemise, devenue poreuse, est de nouveau battue dans toutes les parties de la meule. Celle-ci est alors abandonnée à elle-même pendant 3 ou 4 jours; la température élevée qui existe au centre de la masse est alors suffisante pour produire la carbonisation du bois, l'accès de l'air étant à peu près complètement interrompu. Au bout de 4 jours, la majeure partie du bois est carbonisée, excepté une couche qui forme autour de la meule, au dessous du dôme, une sorte de manteau, et dont l'épaisseur augmente vers le pied de la meule. Le feu doit maintenant être conduit de manière que la combustion se propage du dôme et du centre de la meule vers la périphérie de celle-ci. Cette dernière phase du travail constitue le *grand feu*, et le rendement en charbon est d'autant plus grand qu'elle s'effectue plus lentement. Pour que la combustion ait lieu comme il vient d'être dit, on ouvre à la surface de la meule une série de trous (les trous d'aérage), et lorsque ceux-ci laissent échapper une fumée claire et bleue, cela indique que la carbonisation est terminée; à ce moment on doit fermer les trous d'aérage; on laisse ensuite refroidir la masse pendant 24 heures, en la maintenant couverte et ainsi protégée contre l'accès de l'air; le poussier et la chemise sont alors enlevés

au moyen d'un rable et l'on projette ensuite sur la meule du poussier sec, afin qu'il se glisse entre les charbons et qu'il éteigne le feu. Après que la meule éteinte a été abandonnée à elle-même pendant 12 ou 24 heures, le charbonnier procède au *tirage du charbon*.

Carbonisation en tas. — La carbonisation du bois en *tas* est surtout en usage dans le sud de l'Allemagne, en Russie et en Suède; elle se distingue de la carbonisation en meules, parce que dans cette méthode l'opération est continue: le bois est carbonisé graduellement, et à mesure que l'on retire le charbon on ajoute une nouvelle quantité de bois vert. Le bois est employé sous forme de tiges rondes et très-rarement sous forme de bûches. L'aire de carbonisation a la forme d'un rectangle, dont les côtés antérieurs et postérieurs sont plus petits que les deux autres. L'aire est un peu inclinée d'arrière en avant et les deux côtés longs sont limités par une série de pieux en bois fort enfoncés perpendiculairement en terre et qui forment deux séries parallèles. Un tas est représenté en perspective par la figure 449 et en coupe verticale par la figure 450; *aa* sont les pieux avec les bardeaux, *h* est le revê-

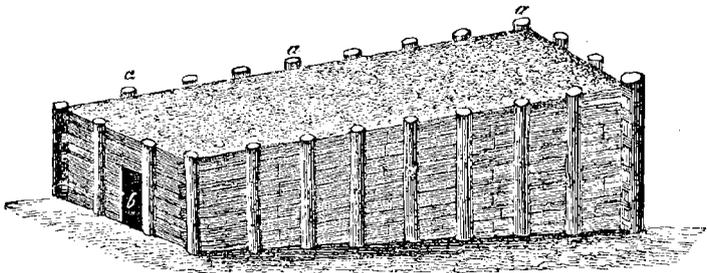


Fig. 449. — Carbonisation en tas.

tement de terre et *b* un espace ménagé au pied de la meule pour l'allumage de celle-ci (le *foyer*). A mesure que la combustion se propage d'avant en

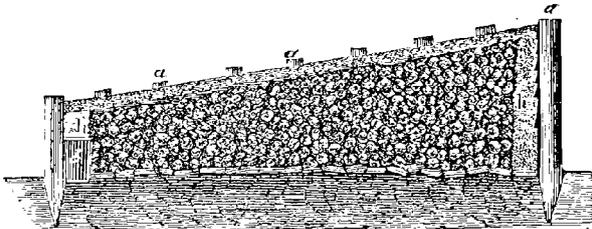


Fig. 450. — Carbonisation en tas.

arrière, le charbon produit en avant est retiré. Le charbonnier doit faire attention à ce que la combustion ait lieu régulièrement et marche parallèlement aux côtés du tas.

Carbonisation en fours. — Les fours peuvent être considérés comme des meules à revêtement fixe et immobile, dans lesquelles, de même que dans les meules ordinaires, la température de carbonisation est obtenue par la com-

bustion d'une portion du bois en présence d'une quantité d'air limitée. Ils ont sur les meules à revêtement mobile cet avantage, que les produits de la distillation sèche, — vinaigre de bois et goudron, — peuvent être condensés plus facilement et plus complètement, mais ils fournissent moins de charbon que les meules et la qualité du combustible est inférieure à celle du charbon des meules. Les fours à carbonisation offrent des formes très-variées.

La figure 451 représente une des constructions les plus simples; dans ce four

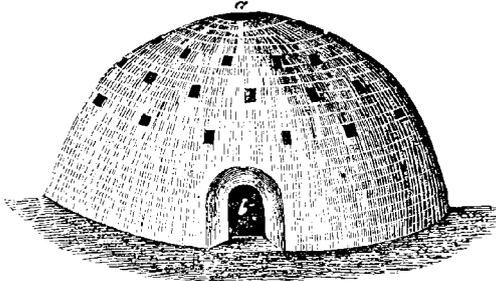


Fig. 451. — Four pour la carbonisation du bois.

les bûches à carboniser sont disposées par couches horizontales ou verticales comme dans les meules. Le bois est introduit soit par l'ouverture *a*, soit par la porte *b*; le canal d'allumage s'étend de la porte jusqu'au milieu de la sole. A l'exception d'une portion de la porte et de l'ouverture *a*, tous les orifices sont fermés et on ne les ouvre qu'au moment de l'extraction du charbon. Lorsque le bois est suffisamment allumé, on bouche *a* et *b*. Les petites ouvertures qui se trouvent à la partie supérieure du four sont destinées à laisser sortir la fumée.

Dans le four représenté par la figure 452 les deux portes *a* et *b* servent pour l'introduction du bois; *b* sert aussi pour retirer le charbon; *c c c* sont

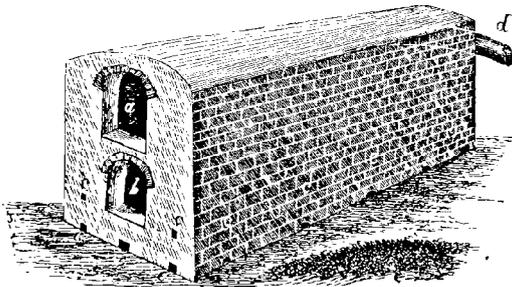


Fig. 452. — Four pour la carbonisation du bois.

ses ouvertures munies de registres; par le tuyau en fer *d* on dirige les produits volatils dans l'appareil condensateur. Pendant la carbonisation *a* et *b* sont fermés. Le goudron se rassemble en majeure partie sur la sole du four et il coule dans un réservoir. Au-dessous de la porte voûtée *b* se trouve l'orifice externe du canal d'allumage.

Le four qui est représenté par la figure 453 est disposé de telle sorte que l'afflux de l'air ait lieu par la grille *r*. Le bois est introduit par les ouvertures *a* et *b*; *q* est un tube abducteur pour les produits volatils.

[En Chine, on carbonise le bois dans des fours souterrains, munis de deux

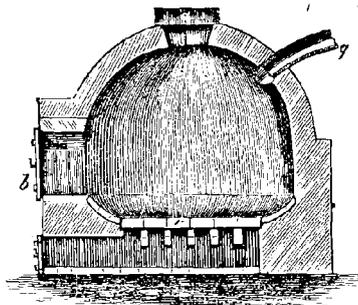


Fig. 453. — Four pour la carbonisation du bois.

ouvertures, l'une pour la sortie des produits de la combustion et l'autre pour l'entrée de l'air; le four étant rempli de bois placé verticalement, on le recouvre de menues branches, puis d'une couche de terre assez épaisse pour ne pas laisser passer la fumée. On allume le bois par l'entrée qui livre passage à l'air, et au bout de cinq jours la carbonisation est complète; on ferme alors les deux ouvertures et lorsque le charbon est éteint on enlève la couverture du four pour retirer le charbon. Les fours chinois donnent de 30 à 35 p. 100 d'un charbon d'excellente qualité.]

La carbonisation du bois est aussi effectuée en vases clos : 1° dans des cornues, 2° dans des tubes ou cylindres; dans ces cas on emploie quelquefois de l'air chauffé, les gaz du gueulard des hauts fourneaux, de la vapeur d'eau, ou bien on se sert d'une machine soufflante.

La carbonisation dans des *cornues* se pratique en introduisant le bois dans des cornues de fer ou d'argile que l'on chauffe extérieurement, et en prenant les dispositions nécessaires pour que les produits volatils soient entraînés et recueillis aussi complètement que possible. Dans certains cas on a pour objet principal l'extraction du goudron, dans d'autres la production du gaz; lorsqu'on se sert de *tubes*, ceux-ci ne sont pas chauffés extérieurement avec la masse de bois qu'ils renferment, mais au moyen d'une série de tuyaux en fer placés dans l'intérieur de l'appareil et qui extérieurement sont en communication avec une source de chaleur, avec le tuyau d'une cheminée par exemple. Au lieu de faire passer l'air chaud par des tubes en fer, on peut aussi supprimer ceux-ci et carboniser le bois simplement avec l'air chauffé, mais alors il faut faire en sorte que la flamme et l'air chaud soient dépouillés de leur oxygène aussi complètement que possible. De cette façon on économise non-seulement la dépense exigée par les tubes et beaucoup de combustible, mais encore on obtient une carbonisation plus rapide et plus uniforme. C'est d'après ce principe qu'est disposé le *four suédois* construit

par Schwarz et dont la figure 454 montre une section verticale; *b* est la chambre en maçonnerie où s'effectue la carbonisation; l'air chaud néces-

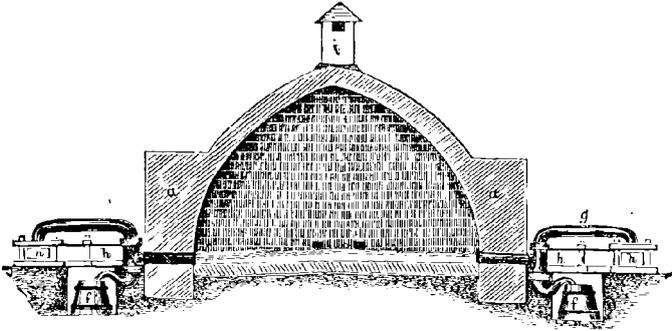


Fig. 454. — Four suédois.

saire pour celle-ci pénètre dans le four par les ouvertures *c, c*. Les liquides condensés sur la sole inclinée passent par des tuyaux renfermés dans la maçonnerie *a* et par les siphons *e, e* dans les tonneaux à goudron *f, f*; les vapeurs des liquides volatils (vinaigre de bois, esprit de bois, etc.) se rendent par les tubes *g, g* dans les condensateurs *h, h*, qui sont en communication avec une cheminée élevée *i* (fig. 455); celle-ci est destinée à produire

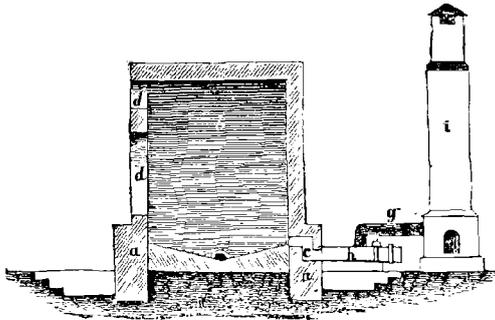


Fig. 455. — Four suédois.

le tirage que nécessite l'appareil. L'air de carbonisation n'a pas de grille. Les ouvertures *d, d* servent pour introduire le bois.

Carbonisation avec production simultanée de goudron. — Lorsque le but principal de la carbonisation du bois est l'extraction du *goudron*, on se sert avec avantage du procédé usité en Russie.

D'après la description donnée par Hessel (1861), on prend des troncs d'arbres résineux ou les souches des arbres morts et pourris; on forme avec ces bois des bûches de 10 à 12 centimètres de grosseur avec lesquelles on construit la meule. L'aire de la meule (fig. 456) est en forme d'entonnoir et munie d'un trou en son milieu; toute sa surface est revêtue d'une couche d'argile et recouverte de bardeaux; le goudron coule sur cette surface au

centre de laquelle il se rassemble pour tomber ensuite par un tuyau dans un vase renfermé dans une cavité inférieure. Le bois résineux est disposé dans ces meules en 6 ou 8 couches verticales superposées, puis recouvert avec de la paille, du fourrage ou du fumier, et ensuite avec une couche de sable ou de terre épaisse de 8 à 10 centimètres. Lorsque la meule est construite, on allume le feu à sa base par 40 ou 50 ouvertures, on bouche celles-ci avec du sable, dès que le feu s'est propagé de bas en haut dans la meule. Au bout de 6 jours environ, pendant lesquels on s'occupe activement de garnir les creux, le sommet de la meule s'affaisse un peu, et l'on voit apparaître une flamme longue et épaisse. Après une période de 10 à 12 jours, on peut commencer à laisser couler le goudron, et l'on continue ensuite à le recueillir chaque matin. Ce travail dure de 3 à 4 semaines. Le rendement en charbon est extrêmement faible. Comme cette production du goudron dans les meules n'est autre chose qu'une combustion lente de l'extérieur

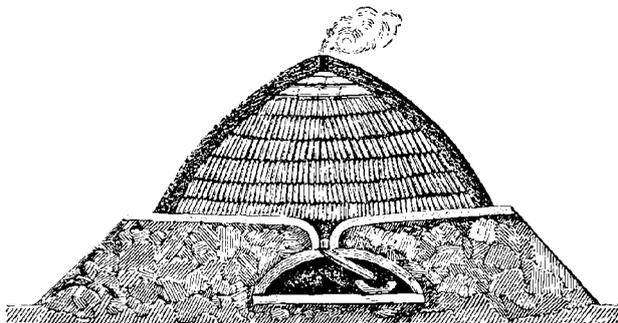


Fig. 456. — Meule russe pour la production du goudron.

vers l'intérieur, en vertu de laquelle il se produit une distillation sèche et une séparation de goudron, la majeure partie du charbon est brûlée depuis longtemps, lorsque la formation du goudron a atteint le centre de la meule. On obtient ainsi avec 100 parties de bois résineux 17,6 parties de goudron et 25,3 parties de charbon.

[En Russie, où le bois ne coûte que la main-d'œuvre pour l'abattre, la production du goudron est une source de revenus importante; Kremenczuk fournit annuellement 25 à 50,000 barriques représentant une valeur de 2 millions et demi à 5 millions de francs; Szitomur et Berdiczew en donnent à peu près autant.

Dans les landes de Bordeaux, on emploie sur une grande échelle pour la préparation du goudron la partie inférieure des sapins qui ont été ouverts pour récolter la résine (voy. p. 389). On se sert dans ce but de la méthode des meules. L'aire établie à une certaine hauteur au-dessus du sol est disposée exactement comme celle des meules russes, avec un tuyau muni d'un bouchon pour l'écoulement du goudron et un réservoir pour recevoir ce dernier. Le cœur de la meule est fait avec des bois placés verticalement

et l'extérieur avec des pièces horizontales ; le tout est recouvert d'une chemise en frasil. Au bout de 60 à 70 heures, lorsque le goudron qui s'est rassemblé dans la concavité de la sole a acquis une teinte brune, on le fait écouler 3 ou 4 fois en vingt-quatre heures en débouchant le tuyau qui aboutit au réservoir. Lorsqu'il ne se produit plus de goudron, on active le feu pour hâter la carbonisation du bois. 7,500 kilogrammes de bois fournissent 10 barriques de goudron de 150 kilogr. chacune, soit 20 p. 100 du poids du bois, et 220 à 240 hectolitres de charbon de bonne qualité.]

Dans la Basse-Autriche (d'après *Thenius*), le goudron de bois est aussi extrait d'une manière analogue par carbonisation en meules, et l'on se sert le plus ordinairement dans ce but du bois du pin noir, qui ne donne plus que peu de résine. En Bohême, on emploie au contraire des bois riches en résine, notamment les souches, qui renferment beaucoup de ce dernier corps.

Depuis 1853 on emploie en Russie les chaudières à distillation en usage en Suède ; ces appareils, qui sont analogues à ceux dont on se sert pour la distillation du bois en vue de la fabrication de l'acide pyroligneux (voy.

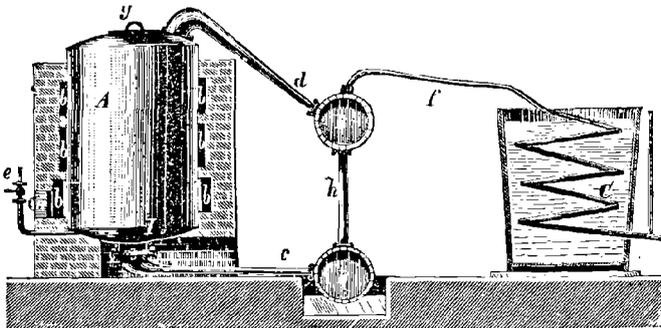


Fig. 457. — Appareil suédois pour la distillation du bois.

p. 349), doivent à tous les points de vue être préférés aux meules. D'après la description de *Hessel*, une chaudière de ce genre A (fig. 457) est en tôle forte et d'une capacité d'environ 8 mètres cubes. On la charge par le trou d'homme *y*. On allume le feu en *a* et les gaz de la combustion en circulant dans les carneaux *bb*... entourent la chaudière et la chauffent. Pour porter rapidement le bois à distiller à la température de 400°, on introduit par le tube *e* dans la chaudière un courant de vapeur. Le goudron liquide, qui se rassemble dans la chaudière, coule par le tube *c* dans le récipient B, tandis que les vapeurs de goudron passent par *d* dans le réfrigérant B', où une partie se condense et revient en B par le tuyau *h* ; le reste passe par *f* dans le serpentin C. Les gaz non condensables sont ramenés sous la chaudière et brûlés. Indépendamment du goudron, on obtient aussi au commencement de la distillation de l'essence de térébenthine et du vinaigre de bois. Lorsque la distillation est achevée, on refroidit rapidement le charbon, en injectant de la vapeur d'eau dans le cylindre, et on le retire par l'ouverture *a*.

[Les goudrons de bois fabriqués en Suède et en Norvège, en Russie, en Écosse et au Canada, sont les plus estimés ; celui que l'on prépare dans les landes de Bordeaux est de tout aussi bonne qualité, c'est pourquoi on a l'habitude, afin de le faire mieux accepter du consommateur, de l'emballer dans des tonneaux (appelés *gounes*) semblables à ceux que l'on emploie pour les produits du Nord et de même contenance. La marine emploie des quantités considérables de goudron de bois pour préserver de l'action de l'eau et rendre imperméable la coque des navires, des canots, etc., et pour enduire les voiles, les cordages et les mâts. La médecine humaine et la médecine vétérinaire font également usage de goudron dans les affections pulmonaires et cutanées.]

D'après les recherches de *Thenius* (1865), le goudron obtenu comme produit secondaire dans la fabrication du gaz au bois ne peut pas être employé comme celui qui provient de la carbonisation en meules pour les constructions navales et pour la préparation de la poix noire.

Rendement en charbon. — Les indications relatives au rendement en charbon en *volume* peuvent se rapporter soit au *volume réel* de la masse de bois ou de charbon, c'est-à-dire au volume de la masse après déduction des interstices, soit au *volume apparent* sans déduction des interstices. On peut comparer :

- a. Le volume apparent du bois avec le volume apparent du charbon ;
- b. Le volume réel du bois avec le volume réel du charbon ;
- c. Le volume réel du bois avec le volume apparent du charbon.

La première méthode peut être nommée évaluation suivant le volume apparent (I), la seconde évaluation suivant le volume réel (II), et la troisième évaluation suivant les deux volumes (III).

D'après la méthode I (évaluation suivant le volume apparent), on obtient les résultats suivants :

Bois de chêne	71,8 à 74,5 0/0	de charbon.
— de hêtre rouge . . .	73,0	—
— de bouleau	68,5	—
— de charme	57,2	—
— de pin	65,6	—

En procédant d'après la méthode II (évaluation suivant le volume réel), on a obtenu comme moyenne de différentes expériences un rendement en charbon de 47,6 pour 100. La troisième méthode (évaluation suivant les deux volumes) a donné, à Eisleben, les résultats suivants :

	POIDS.	VOLUME APPARENT.	VOLUME APPARENT ET VOLUME RÉEL.
Bois de chêne	24,5 0/0	71,8 0/0	98,7 0/0
— de hêtre rouge . . .	22,7	73,0	100,4
— de bouleau	20,9	68,5	94,2
— de charme	20,6	57,2	78,6
— de pin	25,0	65,6	87,2

Différentes sortes de charbons de bois. — Suivant l'espèce de bois qui a servi pour la préparation du charbon, on distingue le *charbon dur* (charbon de bois dur) et le *charbon mou* (charbon de bois mou), qui est

préparé soit avec des bois à feuilles ordinaires, soit avec des bois à feuilles aciculaires; suivant le degré de la carbonisation, on distingue aussi le *charbon noir*, qui est complètement carbonisé, le *charbon roux*, obtenu par carbonisation incomplète, et le *bois roux*, dont il sera question plus loin.

Suivant leur grosseur, on divise les charbons de bois en les espèces suivantes :

- 1° *Gros charbon*, morceaux les plus gros et les plus denses ;
- 2° *Charbon de forge*, morceaux denses, mais pas plus gros que le poing ;
- 3° *Charbon du côté de la cheminée*, petits morceaux peu denses ;
- 4° *Charbon menu*, petits morceaux et poussier ;
- 5° *Fumérons*, morceaux incomplètement carbonisés.

Composition, propriétés et usages du charbon de bois. — Si l'on fait abstraction de la petite quantité d'hydrogène et d'oxygène renfermée dans le charbon noir, on peut représenter de la manière suivante la composition moyenne d'un charbon séché à l'air :

Carbone.	85 0/0
Eau hygroscopique.	12
Cendre	3

[Le charbon de bois est, comme on le sait, surtout employé comme combustible; bien préparé il est d'un noir brillant, cassant et sonore; sa densité, qui varie avec la nature du bois qui a servi à le préparer, est plus grande que celle de l'eau; bien qu'il surnage ce liquide à cause de son extrême porosité; mais, lorsqu'il est réduit en poudre, il tombe au fond de l'eau. Il conduit mal la chaleur et l'électricité, mais il devient bon conducteur lorsqu'il a été soumis de nouveau à une vive calcination. A cause de sa grande porosité, le charbon de bois absorbe avec avidité les gaz, ainsi que la vapeur d'eau; cette propriété est mise à profit pour purifier les galeries des mines, les puits et autres cavités souterraines contenant des gaz irrespirables, notamment l'acide carbonique, dont le charbon peut absorber trente-cinq fois son volume à la température et à la pression ordinaires. C'est encore à cause de sa porosité que le charbon de bois peut absorber les matières odorantes; il constitue, par suite, un puissant agent de désinfection et en même temps il s'oppose à la putréfaction des matières organiques; c'est pour cela que dans les villes il est employé pour purifier les eaux destinées à la boisson, que dans ce but on fait passer à travers des filtres en charbon; à bord des bâtiments, on préserve de la putréfaction l'eau douce que l'on transporte en carbonisant l'intérieur des tonneaux qui la renferment; la poudre de charbon peut aussi servir pour conserver les viandes ou désinfecter celles qui ont éprouvé un commencement d'altération. Le charbon de bois en poudre grossière peut également être employé pour empêcher la putréfaction des cadavres quand ils doivent être transportés au loin ou lors d'inhumations tardives; on s'en sert également avec beaucoup de succès pour le pansement des plaies gangréneuses et des ulcères; les suaires en papier carbonifère et la charpie carbonifère fabriqués par *Pichot et Maper*, de Poitiers, répondent parfaitement à ces deux indications. Enfin, le

charbon de bois jouit, comme le noir animal, mais à un degré beaucoup moindre que ce dernier (voy. p. 522), de la propriété de décolorer les liquides avec lesquels on le met en contact.]

Combustibilité et valeur calorifique du charbon de bois. — La *combustibilité* du charbon noir fraîchement préparé est très-grande, en tant que, une fois allumé, il continue à brûler, si le tirage est suffisant; mais, comme le charbon ne contient presque pas de substances combustibles volatiles et qu'en outre il est mauvais conducteur de la chaleur, il ne peut être allumé qu'à une température très-élevée.

L'*effet calorifique* des différents charbons de bois est indiqué dans le tableau suivant, l'effet calorifique du carbone étant pris pour unité :

	EFFET CALORIFIQUE			Plomb réduit par 1 part. en poids de charbon.	Quantité d'eau échauffée de 0 à 100° par 1 part. en poids de charbon.
	ab- solu.	spé- cifique.	pyro- métrique.		
Charbon noir séché à l'air	0,97	—	2450	—	En moyenne, 75,7 parties.
— complètement sec.	0,84	—	2450	—	
Charbon de houleau	—	0,20	—	33,74	
— de frêne.	—	0,19	—	—	
— de hêtre rouge.	—	0,18	—	35,57	
— de sapin rouge	—	0,17	—	35,51	
— d'érable.	—	0,16	—	—	
— de chêne	—	0,15	—	33,74	
— d'aune	—	0,15	—	32,14	
— de tilleul	—	0,10	—	32,79	
— de pin	—	—	—	33,53	
— de saule.	—	—	—	33,49	

Le *pouvoir de vaporisation* du charbon de bois de pin, avec 10,5 pour 100 d'eau et 2,7 pour 100 de cendre, s'élève à 6 kilogr. 75, et il est égal à 7 kilogr. 59, si le bois est anhydre (il donne alors 3,02 pour 100 de cendre).

Charbon roux. — Comme la carbonisation complète du bois entraîne une perte de combustible s'élevant presque à 40 pour 100, on a essayé depuis quelques années de ne pousser la carbonisation que jusqu'au point où le charbon offre encore une couleur brun-noirâtre. L'expérience a appris que, lorsque le bois séché à l'air a perdu environ 60 à 70 pour 100 de son poids, on obtient le charbon auquel on donne le nom de *charbon roux*. Il tient le milieu entre le charbon de bois et le bois desséché ou grillé, il est beaucoup plus riche en oxygène, friable, mais moins poreux. Sa combustibilité et son inflammabilité sont de beaucoup supérieures à celles du charbon noir. Le charbon roux constitue un combustible important pour les foyers métallurgiques; on s'en sert également dans la préparation de la poudre. [La meilleure méthode à suivre pour la préparation de ce charbon est celle de *Violette*, qui repose sur l'emploi de la vapeur d'eau surchauffée; voyez t. I, p. 328.]

La composition du charbon roux fraîchement préparé est à peu près la suivante :

Carbone.	74,0	0,0
Eau chimiquement combinée.	24,5	
Cendre.	1,5	

celle du charbon préparé depuis quelque temps :

Carbone.	66,5 0/0
Eau chimiquement combiné.	22,0
Eau hygroscopique.	10,0
Cendre	1,5

Bois roux. — La Société industrielle de Mainz fabrique depuis quelque temps un produit intermédiaire entre le charbon de bois et le charbon roux, auquel on a donné le nom de *bois roux* (bois grillé). Il est préparé avec du bois de hêtre, et c'est le produit secondaire de l'extraction de l'acide acétique et de la créosote. Si l'on fait abstraction de sa couleur brune tirant sur le brun-rouge, il a tout à fait l'aspect du bois, mais il est beaucoup plus inflammable que le bois de hêtre ordinaire. Il contient en moyenne :

Carbone.	52,66 0/0
Hydrogène	5,78
Cendre.	0,45
Eau	4,49
Oxygène	36,64

D'après les expériences de *R. Fresenius*, le pouvoir évaporatoire du bois de hêtre est à celui du bois roux comme 54,52 : 100.

TOURBE ET CHARBON DE TOURBE

TOURBE.

Généralités. — La tourbe est le produit de la décomposition spontanée de végétaux qui le plus généralement sont des plantes marécageuses ; dans beaucoup de cas ce produit est mélangé avec des matières minérales, comme du sable, de l'argile, de la chaux, de la pyrite de fer, du fer oxydé jaune, etc. Les dépôts de tourbe se sont surtout formés dans les lieux où règne une température suffisante pour le développement de la végétation et dans lesquels se trouve de l'eau stagnante, qui pendant la majeure partie de l'année empêche l'air d'arriver au contact de la tourbe ; les eaux en s'arrêtant donnent naissance à des marais dans lesquels croissent les plantes à tourbe, parmi lesquelles on distingue les genres *Eriophorum*, *Erica*, *Calluna*, *Ledum* (*palustre*), *Hypnum* et avant tous le genre *Sphagnum*, qui est particulièrement propre pour la formation de la tourbe, parce qu'il ne meurt jamais, mais s'accroît continuellement de bas en haut et se ramifie, pendant que les parties inférieures se transforment en tourbe.

[En Europe, les principales tourbières se trouvent en Écosse, en Irlande, en Hollande, dans la Westphalie, le Hanovre, la Bavière, la Prusse et la Silésie, dans la Basse-Autriche, la Suisse et la Russie. La France renferme également des gisements de tourbe qui occupent une surface totale de plus de 600,000 hectares, et sont répartis dans 28 départements. La production de la tourbe en France tend depuis longtemps à diminuer : de 528,764,200 kilo-

grammes qu'elle était en 1869, elle est descendue en 1875 à 295,827,500 kilogrammes, représentant une valeur de 3,454,464 francs. Voici les départements dans lesquels la production de la tourbe est le plus élevée :

Somme	142,000,000 kilogr.
Oise.	52,500,000 —
Pas-de-Calais.	29,290,000 —
Loire-Inférieure	21,000,000 —
Isère	19,500,000 —
Seine-et-Oise.	7,710,000 —
Marne.	7,088,500 —
Doubs.	6,620,000 —

Ces huit départements fournissent les neuf dixièmes de la production totale.]

Les qualités différentes que présente la tourbe dépendent soit des plantes, aux dépens desquelles elle se forme, soit de la décomposition plus ou moins complète des végétaux, soit aussi de la nature et de la quantité des particules terreuses qui se sont mélangées avec la substance tourbeuse, et il est évident que la compression à laquelle est soumise la tourbe en voie de formation exerce de l'influence sur la densité de sa masse. En se basant sur la variété des végétaux aux dépens desquels la tourbe a pris naissance, on peut distinguer : 1° la *tourbe de marais*, produite principalement par des plantes du genre *Sphagnum*; 2° la *tourbe de bruyères*, qui est particulièrement formée par les racines et les tiges des bruyères proprement dites; 3° la *tourbe des prairies* résultant de la décomposition du gazon et des roseaux; 4° la *tourbe de forêt ou de bois*, qui s'est formée aux dépens du bois de certains arbres; 5° la *tourbe marine* provenant de la décomposition des algues. Au point de vue de son extraction, on divise la tourbe en les espèces suivantes : 1° la *tourbe à la bêche* est immédiatement extraite des marais sous forme de briquettes; les briquettes de la couche supérieure, qui est plus récente et fibreuse, se nomment *tourbe de gazon*, celles de la couche sous-jacente, qui est plus compacte, s'appellent *tourbe de marais*; 2° la *tourbe à la drague*, et 3° la *tourbe moulée* et la *tourbe pressée*, s'obtiennent en moulant comme des briques d'argile la tourbe dont la mollesse ne permet pas l'exploitation à la bêche. Lorsque la masse est trop molle, comme cela a lieu en Hollande, en Westphalie, ainsi que dans le nord de la France, on fait écouler une partie de l'eau à travers le filet de la drague. Cette opération porte le nom de *dragage* et la tourbe ainsi obtenue celui de *tourbe à la drague*. Pour donner à la tourbe une plus grande densité, on lui fait quelquefois subir une compression dans des machines construites exprès et elle est alors appelée *tourbe pressée*.

Composition de la tourbe. — La teneur en eau de la tourbe est très-considérable; au bout d'un long temps elle peut perdre 45 pour 100 de son poids primitif. Si nous admettons que la masse organique de la tourbe peut être considérée comme formée de

Carbone.	60 0/0
Hydrogène	2
Eau	40

la meilleure sorte de tourbe séchée à l'air se compose de

Masse tourbeuse solide (y compris la cendre) . . .	75 00
Eau hygroscopique	25

ou de

Carbone	45
Hydrogène	1,5
Eau chimiquement combinée	28,5
Eau hygroscopique	25,5

Les analyses suivantes indiquent la composition de la cendre de tourbe. La présence de l'acide phosphorique, dont la proportion est beaucoup plus grande que dans la cendre de bois, est caractéristique.

D'après *E. Wolff*, deux cendres de tourbe de la Marche (*a* et *b*), et, d'après *R. Wagner*, une cendre de tourbe de la Bavière méridionale (*c*), contenaient :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>
Chaux	15,25	20,00	18,57
Alumine	20,50	47,00	45,45
Oxyde de fer	5,50	7,50	7,46
Silice	41,00	15,50	20,17
Phosphate et sulfate de calcium	5,10	2,60	
Alcalis, acide phosphorique, acide sulfurique, etc.			8,55
			<u>100,00</u>

Déshydratation de la tourbe. — La valeur d'une tourbe dépend de sa teneur en eau et en éléments minéraux. La déshydratation partielle de ce combustible (sa dessiccation) peut être effectuée :

1° Par *dessiccation à l'air*, en plein air ou sous des hangars ; la tourbe séchée à l'air contient encore 25 pour 100 d'eau hygroscopique.

2° Par *torréfaction* à une température de 100 ou 120°. On emploie dans ce but des fours, qui sont chauffés soit au moyen d'un foyer particulier, soit au moyen de la chaleur perdue d'un autre foyer.

3° Par *compression* (procédé imaginé par *Pernitzsch* en 1824) ; les avantages que l'on se propose d'obtenir par cette méthode sont : *a*, la condensation de la masse, qui a pour conséquence une augmentation de son effet calorifique pyrométrique ; *b*, la diminution de son volume, qui la rend plus facile à transporter, par eau notamment, mode de transport dans lequel les frais sont calculés plutôt d'après le volume que d'après le poids ; *c*, sa déshydratation. Quelque simple que paraisse la compression de la tourbe, elle n'est pas cependant sans offrir des difficultés dans son exécution pratique. La compression pure et simple ne peut être effectuée sans que la qualité du combustible subisse une altération profonde, parce que l'eau éliminée par la compression entraîne avec elle certains éléments utiles. Si l'on voulait chercher à éviter cet inconvénient, en soumettant la tourbe renfermée dans des moules percés de trous comme un crible à l'action de machines centri-

fuges, ou bien en la comprimant dans des sacs, on s'apercevait bientôt que les trous des moules se bouchent promptement et que les sacs crèvent. On voit en outre que le degré de condensation ne correspond pas toujours à la force employée, parce que la tourbe (notamment la tourbe fibreuse et les tourbes de gazon pauvres en cendre), conservée après la compression dans un lieu chaud et humide, se feuillette facilement en augmentant de volume. Enfin toutes les entreprises qui ont eu pour but la compression de la tourbe fraîche ont conduit à la construction de machines compliquées et coûteuses. Ce moyen est presque partout abandonné (excepté à Schleissheim près de Munich, où on l'emploie encore actuellement, mais probablement avec peu d'avantage). L'idée de favoriser la condensation de la tourbe au moyen d'agents chimiques ou physiques, comme la lessive de soude, l'acide chlorhydrique, l'alun, les pommes de terre cuites, l'empois d'amidon, etc., n'a pas non plus donné de bons résultats, lorsqu'on a essayé de la mettre en pratique.

Un progrès important fut réalisé dans l'extraction de la tourbe, lorsqu'on acquit la certitude que la tourbe brute exigeait avant sa condensation une préparation préliminaire et en outre que la presse ne pouvait être employée avec succès que pour la condensation de la tourbe sèche. Le traitement par voie humide a pour but de transformer la tourbe en une bouillie finement divisée au moyen d'une sorte de lévigation, qui élimine non-seulement les fibres grossières, les racines et les particules de bois, mais encore une partie des substances minérales. Dans l'usine de Staltach, près de Munich, on emploie pour la division de la tourbe le procédé suivant, imaginé par *Weber* : Les masses extraites de la tourbière sont amenées à l'usine sur un chemin de fer; une toile sans fin, formant noria, élève la tourbe humide sur une estrade, d'où elle est versée sur une machine destinée à la déchirer en morceaux. Cette dernière consiste en un cylindre plus étroit en bas qu'en haut et qui est muni intérieurement de quatre séries de couteaux. Dans l'axe du cylindre se trouve un arbre en fer mù par la vapeur et également pourvu de couteaux. La tourbe préparée sort de l'appareil diviseur sous forme d'une masse assez consistante et elle est enlevée sur une toile sans fin, qui la conduit dans le local où s'effectue sa dessiccation. La machine à tourbe de *Schlickeysen* ressemble beaucoup à celle de *Weber*, mais elle s'en distingue par cette particularité qu'elle permet d'opérer sur la tourbe brute sans addition d'eau, et elle arrive à ce résultat par des modifications dans la forme, l'arrangement et la position des couteaux; la dessiccation de la tourbe est de cette même façon rendue beaucoup plus facile. L'excellente machine construite récemment par *Fr. Wersmann* (de Londres) pour la préparation préliminaire de la tourbe se compose essentiellement d'un entonnoir en tôle forte dont toute la surface est percée de trous comme un crible. Dans l'entonnoir se ment une noix en fonte autour de laquelle un couteau est enroulé en spirale. Si l'on projette de la tourbe dans l'espace qui se trouve entre la noix et la paroi de l'entonnoir, la matière est finement coupée par la noix et en même temps expulsée à travers les trous de l'entonnoir sous forme de

filaments vermiculaires. Les fibres grossières, qui ne peuvent pas passer à travers les trous de l'entonnoir, arrivent par l'ouverture inférieure de celui-ci dans une boîte sous-jacente et elles peuvent être employées comme combustible ou être remises dans l'appareil.

Dans le procédé primitif d'*Exter*, qui a été suivi jusqu'en 1856 à Haspelmoor (entre Augsbourg et Munich), la tourbe était amenée dans une machine destinée à la réduire en fragments; cette machine se composait de cylindres de 50 centimètres de diamètre, garnis de pointes d'une longueur de 5 centimètres; les pointes étaient disposées par files régulières s'engageant entre les cannelures d'une plaque de fonte établie vis-à-vis des cylindres. Ceux-ci étaient arrosés par un courant d'eau continu. Pendant que la masse de tourbe était soumise de haut en bas à leur action, les morceaux poussés en avant par les pointes et retenus par les cannelures se trouvaient finalement déchirés, broyés et versés dans des chariots à bascule destinés à les conduire avec les parties limoneuses aux appareils de moulage; les impuretés, les racines, etc., interposées entre les pointes des cylindres, devaient être enlevées, afin que l'on pût opérer d'une manière continue et régulière. Dans le procédé employé depuis 1854 par *Challeton* à l'usine de Montanger, près Corbeil (Seine-et-Oise), la tourbe subit une lévigation complète. La tourbe, coupée au moyen de pelles d'une forme spéciale, est élevée à l'aide d'une chaîne à godets (noria) dans les machines à trituration. Ces machines se composent de trois cylindres d'une longueur de 1^m,50, de diamètres différents et armés de couteaux; elles comprennent de plus deux pièces coniques garnies de pointes agissant l'une contre l'autre et disposées comme dans les moulins à café, c'est-à-dire que la surface intérieure convexe tourne rapidement autour de son axe, tandis que la surface extérieure, qui est concave, reste immobile. A la suite des cylindres se trouve une toile métallique percée de trous et garnie d'une série de brosses; la tourbe réduite en petits morceaux par les cylindres passe sur le tamis et finit par s'échapper à travers les trous, grâce à l'action simultanée d'un jet d'eau et des brosses. Les parties qui n'ont pas traversé sont mises de côté, et la tourbe limoneuse fine, en sortant du tamis, passe encore dans l'appareil à cônes où elle subit une trituration complète et finit par arriver dans un bassin d'épuration, où se déposent les matières minérales les plus lourdes. Du bassin, le limon est versé, au moyen d'une seconde noria, dans des rigoles établies à une certaine hauteur et destinées à le distribuer dans des réservoirs de dépôt ou des caisses de suintage qui servent au moulage. Ces caisses, d'une profondeur de 50 centimètres, ont le fond recouvert d'une matière qui, comme les nattes de jonc et la filasse de chanvre, laisse écouler l'eau lentement. Le limon tourbeux reste dans les caisses, jusqu'à ce qu'il ait acquis la consistance convenable pour qu'on puisse le découper sur place en briquettes, qu'on retire successivement pour les faire sécher complètement à l'air. Des usines analogues à celles de Montanger ont été aussi établies à Reims et à Saint-Jean, près du lac de Biemme, en Suisse. Dans l'usine *Challeton* on estime que 100 parties en poids de tourbe fraîche ne fournissent que 14 ou

15 parties de tourbe préparée, qui donne en moyenne $1/8$ de son poids de cendre.

Bien que la lévigation offre de réels avantages, elle a cependant aussi de graves inconvénients : on a besoin de grandes quantités d'eau, l'épuration et l'enlèvement des parties grossières donnent un déchet considérable, les frais de transport sont très-élevés, et enfin la dessiccation, qui doit être effectuée lentement et avec beaucoup de précaution, est beaucoup influencée par les variations atmosphériques. C'est pourquoi on a été conduit à penser qu'il serait beaucoup plus rationnel de condenser la tourbe non préparée. Les procédés de *pressage à sec*, basés sur cette idée, établissent une nouvelle époque dans l'histoire de l'exploitation de la tourbe; ils sont dus à *Gwynne* et *Exter* (nouveau procédé). D'après la méthode de *Gwynne*, la première qui ait permis d'obtenir en grand de la *tourbe pressée* (*solidified peat*), le combustible est préalablement desséché dans une machine centrifuge, puis transformé en une masse pâteuse; celle-ci est complètement déshydratée par la chaleur, et ensuite transformée, à l'aide de moulins, en tourbe menue, qui est enfin moulée dans des presses chauffées à la vapeur. La nouvelle méthode de fabrication de la tourbe pressée, imaginée par *Exter*, offre une importance économique beaucoup plus grande; elle est appliquée, depuis 1856, à Haspelmoor, et depuis 1859, dans une fabrique montée par actions à Kolbermoor, près de Aibling (Bavière méridionale, sur la route de Munich à Salzbourg et à Innsbruck). Ce procédé repose aussi sur l'idée de dessécher d'abord la tourbe fraîche divisée en petites mottes, et ensuite de la mouler à l'aide de presses. La préparation de la tourbe pressée, à Kolbermoor (ainsi que dans l'établissement de l'État, à Haspelmoor), commence par l'extraction et la dessiccation à l'air de la tourbe brute. Après la mise à sec de la parcelle du marais à exploiter, la surface est dépouillée de toute végétation, et la masse de tourbe mise à nu est ensuite dressée suivant une surface plane. La tourbe est ensuite extraite au moyen de charrues qui sont mises en mouvement à l'aide d'une locomobile. La tourbe pulvérulente, séchée à l'air, est chargée sur des chariots, et amenée du marais dans le magasin. Pour produire la condensation du combustible, on introduit celui-ci dans des machines où il est finement divisé, après quoi on le dessèche dans des fours, au sortir desquels on le soumet à l'action d'une presse à la température de 50 à 60°, et l'on obtient ainsi des briquettes de tourbe brun foncé et brillantes. La *tourbe pressée* de Kolbermoor (*a*) et (*b*) contient :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>
Cendre	4,21	8,34
Eau	15,50	15,50
Carbone	46,98	49,82
Hydrogène	4,96	4,25
Azote	0,72 }	26,99
Oxygène	27,65 }	
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Valeur calorifique de la tourbe. — A cause de la grande quantité de

endre et d'eau contenue dans la tourbe, la combustibilité de celle-ci est plus faible que celle du bois ; la même chose a lieu pour l'inflammabilité.

D'après *Kasmarsch*, l'effet calorifique absolu de

100 kilogrammes de tourbe jaune	=	celui de 94 ⁴⁰ ,6 de bois de pin séché à l'air.
100 — brune	=	— 107 ,6 —
100 — terreuse	=	— 104 ,0 —
100 — bitumeuse	=	— 110 ,7 —
100 mètres cubes de tourbe jaune	=	celui de 33 ,2 mètres cubes de bois de pied
100 — brune	=	— 80 ,7 —
100 — terreuse	=	— 144 ,6 —
100 — bitumineuse	=	— 184 ,3 —

Ces résultats sont en parfait accord avec ceux obtenus par *Brix. Karsten* avance que, lorsqu'il s'agit d'évaporer ou de faire bouillir des liquides,

2 parties 1/2 en poids de tourbe = 1 partie en poids de houille,
4 volumes — = 1 volume de houille.

D'après *A. Vogel*, le pouvoir de vaporisation de la tourbe est le suivant :

	EAU	POUVOIR DE VAPORISATION.
Tourbe fibreuse séchée à l'air.	10 0,0	5,5 kilogr.
Tourbe préparée.	12 à 15	5 à 5,5
Tourbe pressée	10 15	5,8 6,0

Nouvelle application de la tourbe. — Depuis environ vingt-cinq ans, la tourbe est l'objet d'une application nouvelle : les produits de la distillation sèche sont traités pour matières éclairantes (paraffine, créosote de tourbe, huile solaire). L'extraction en grand de la paraffine de la tourbe irlandaise a été tentée en 1849 par *Reece*; d'après les expériences de *Kane* et *Sullivan*, 1 tonne (1,000 kilogr.) de tourbe donne environ 1 kilogr. 56 de paraffine, 9 litres d'une huile volatile propre à l'éclairage, et 4 litres 54 d'une huile fixe, qui peut être employée pour le graissage des machines. D'après *Wagenmann*, une tourbe de l'île Lewis (Hébrides) fournit 6-8 pour 100 de goudron, donnant 2 pour 100 de photogène, 15 pour 100 d'huile solaire et 0,53 pour 100 de paraffine.

CHARBON DE TOURBE.

Carbonisation de la tourbe. — Dans un grand nombre de contrées de l'Allemagne la consommation de la tourbe comme combustible n'est pas en rapport avec la grande quantité des dépôts existants; de grandes étendues de marais tourbeux restent presque inexploitées; ou bien leur exploitation n'est pas en rapport avec la quantité de tourbe qu'ils renferment et la reproduction incessante de celle-ci. La raison de ce fait tient à ce que la tourbe n'est ni facile ni commode à employer : son volume, comparé à son pouvoir calorifique, est généralement très-grand, pendant sa combustion il se forme des produits d'une odeur désagréable; qui rendent la tourbe presque impossible à employer pour le chauffage des appartements. C'est pourquoi on cherche,

comme cela se pratique généralement en France et en Hollande, à rendre la tourbe meilleure en la transformant en charbon (*charbon de tourbe*). [La carbonisation est faite dans des meules ou dans des fours. A Crouy, près de Meaux, on emploie des fours, ayant à peu près la forme de hauts fourneaux, qui sont placés à la file les uns des autres, et reliés ensemble par un massif en maçonnerie; chaque four reçoit une charge de tourbe d'environ 25 hectolitres (= 775 kilogr.), qui, au bout de 25 à 50 heures, sont convertis en charbon; le rendement est de 50 à 35 pour 100 en volume, et de 28 pour 100 en poids.]

A cause de la variété de composition de la tourbe, la composition du charbon de tourbe est extrêmement variable, et elle peut être représentée par les nombres suivants :

	CHARBON DE TOURBE de 1 ^{re} qualité.	CHARBON DE TOURBE de très-mauvaise qualité.
Carbone.	86	34
Eau hygroscopique.	10	40
Cendre.	4	56

On ne connaît que fort peu de chose relativement aux effets calorifiques absolu et spécifique du charbon de tourbe, et ce que l'on sait n'offre pas un degré suffisant de certitude. L'effet calorifique spécifique du charbon de tourbe ordinaire se rapproche beaucoup de celui du charbon de bois; mais dans la plupart des cas ce charbon est inférieur au charbon de bois, parce que, à cause de sa faible densité¹ et de la grande quantité de cendre pulvérisée qu'il fournit, il ne peut produire un feu intense. Sa facile compressibilité s'oppose à son emploi dans les hauts fourneaux, car il se prend aisément, notamment dans les parties basses de la cuve, en une masse dense, qui rend difficile le passage de l'air de la soufflerie et déränge la marche de la fusion. On s'en sert au contraire avec beaucoup d'avantage pour le chauffage des fours, des chaudières et des fourneaux de cuisine. Le charbon préparé avec de la tourbe condensée offre une solidité et une densité si grandes qu'il peut rendre de grands services dans les opérations métallurgiques, lorsque sa fabrication peut être effectuée à peu de frais.

LIGNITE ET ANTHRACITE

Origine et propriétés du lignite. — De même que la tourbe, le lignite est du bois altéré par pourriture humide, mais avec cette différence que la décomposition est poussée beaucoup plus loin pour le lignite que pour la tourbe. Si l'on tient seulement compte des propriétés, il est difficile d'établir une limite entre le lignite et la houille; il n'y a que les caractères géologiques et paléontologiques du gisement qui puissent servir de guide pour

¹ [D'après Girardin, le poids du mètre cube est de 250 kilogr. pour le charbon très-pur de Framont (Vosges), de 310 kilogr. pour celui de Crouy, de 475 kilogr. pour celui d'Essonne, tel qu'on l'emploie à Paris, sous le nom de *charbon double*.]

la détermination d'une espèce de charbon fossile. Sous ce rapport, on peut dire, d'une manière générale, que tout charbon fossile qui est plus récent que la craie et qui se rencontre dans les formations supérieures à celle-ci peut être nommé lignite, et que tout charbon qui se trouve dans des terrains plus anciens que la craie doit être désigné sous le nom de houille.

[Les gisements de lignite les plus importants se trouvent en Allemagne (Bavière, Alsace, Hesse, Brunswick, Posen, etc.), en Autriche-Hongrie (Styrie, Carinthie, Croatie, Moravie, Galicie, etc.), en Suisse et aux États-Unis; l'Irlande et la France renferment également des dépôts de lignite, mais d'une importance beaucoup moindre; les couches que l'on trouve en France, entre Aix et Toulon et aux environs de Soissons, méritent toutefois d'être mentionnées.]

Comme la richesse en azote des houilles est beaucoup plus grande que celle des lignites, on peut établir sur ce fait une réaction au moyen de laquelle il est possible, dans beaucoup de cas (mais pas dans tous), de distinguer facilement la houille du lignite. Sous le rapport de la composition, ce dernier ressemble beaucoup plus à la cellulose que la houille; il donne, lorsqu'on le chauffe dans un tube, des vapeurs à réaction acide, à cause de la présence du vinaigre de bois qui est l'élément prédominant, tandis que la houille, traitée de la même manière, fournit des vapeurs dans lesquelles prédominent l'ammoniacque et les bases ammoniacales (aniline, lépidine, etc.) et qui ont, pour cette raison, une réaction alcaline. D'après un autre mode d'essai, on peut chauffer avec une lessive de potasse le charbon à essayer réduit en poudre fine; la houille laisse le liquide incolore, le lignite le colore généralement en brun, parce qu'il donne naissance à de l'humate de potassium; mais cet essai n'est pas applicable aux lignites de la formation tertiaire du versant septentrional des Alpes, lorsqu'ils prennent le caractère de la houille grasse. Il existe encore une autre différence caractéristique entre la houille et le lignite (d'après *E. Richters* et *Hinrichs*): la première, desséchée à 115°, perd d'abord un peu de son poids et ensuite celui-ci augmente par suite de l'oxydation de la substance. Cette augmentation de poids ne s'observe pas avec le lignite. Lorsqu'on fait agir des alcalis caustiques en fusion sur le lignite, il se forme toujours, d'après les intéressantes expériences de *L. Schinnerer* et de *T. Morawski* (1872), indépendamment d'autres produits, de l'acide oxyphénique (pyrocatechine, dioxybenzol).

D'après les différences que l'on observe dans le degré de décomposition, on distingue plusieurs variétés de lignite: 1° le *lignite fibreux* (bois fossile ou bitumineux), qui a l'aspect du bois et dans lequel il est souvent aisé de reconnaître d'une manière évidente des fragments de troncs, de branches et de racines; 2° le *lignite commun*, qui forme des masses compactes et fragiles à cassure conchoïdale; lorsque celle-ci est brillante, il porte le nom de *jayet* ou *jais*, d'*ambre* ou de *succin noir*, et il est employé pour la confection de divers objets et ornements de deuil (pendants d'oreilles, colliers, boutons, croix, etc.); 3° le *lignite terreux* est, comme l'indique son nom, un lignite brun foncé mélangé avec des substances terreuses. On trouve en Allemagne,

principalement en Prusse (près de Weissenfels et de Zeitz, à Oschersleben, à Saarau en Silésie) et dans le royaume de Saxe (dans les environs de Borna), du lignite propre à la fabrication du goudron (pour la préparation de l'huile solaire et de la paraffine), et qui porte le nom de *Schmierkohle* (charbon gras).

Le lignite est fréquemment mélangé avec la variété rhomboïdale de la pyrite de fer. Si la quantité des éléments pyriteux et terreux est prédominante, il forme la *terre alumineuse*, nom sous lequel on désigne aussi une argile mélangée avec du bitume et de la pyrite ferrugineuse. La teneur en cendre des lignites est très-variable; on peut admettre qu'elle est égale en moyenne à 5 ou 10 pour 100. La cendre se compose essentiellement d'alumine, de silice, de chaux, de magnésie, d'oxyde de fer et de manganèse. L'eau hygroscopique des lignites fraîchement extraits peut s'élever jusqu'à 50 pour 100, mais dans les charbons séchés à l'air elle n'est en moyenne que de 20 pour 100, de sorte que, si l'on fait abstraction de la teneur en cendre très-variable, le lignite séché à l'air est composé à peu près de la manière suivante :

Charbon	48 à 56 0/0
Hydrogène	1 2
Eau chimiquement combinée	51 32
Eau hygroscopique	20

La combustibilité du lignite est plus faible que celle du bois, son inflammabilité est comprise entre celle du bois et celle de la houille. Les différents lignites produisent en général les effets calorifiques suivants :

	Eau hygroscop. 0/0.	Cendre 0/0.	EFFET CALORIFIQUE		
			ab- solu.	spé- cifique.	pyro- métrique
Lignite fibreux séché à l'air contenant	20	0	0,48	0,55	1800
— — — — —	20	10	0,43	—	—
— terreux — — — — —	20	0	0,61	0,79	1975
— — — — —	20	10	0,55	—	—
— conchoïdal — — — — —	20	0	0,60	0,88	2050
— — — — —	20	10	0,62	—	—
— fibreux torréfié — — — — —	20	0	0,61	—	—
— — — — —	20	10	0,55	—	—
— terreux — — — — —	20	0	0,76	—	2125
— — — — —	20	10	0,59	—	—
— conchoïdal — — — — —	20	0	0,85	—	2200
— — — — —	20	16	0,76	—	—

Ce tableau montre que l'effet calorifique absolu et pyrométrique des lignites séchés à l'air est plus que deux fois supérieur à celui du bois torréfié; la même remarque s'applique à l'effet calorifique spécifique, qui est aussi plus de deux fois plus grand que celui du meilleur bois.

Le *pouvoir de vaporisation* des lignites est représenté par les chiffres suivants :

	EAC.	CENDRE.	POUVOIR ÉVAPORATOIRE.
Lignite de Bohême	28,7 0/0	10,6 0/0	5,84 kilogr.
Bois bitumineux	25,7	3,9	5,76
Lignite terreux	47,2	4,8	5,55

Usages du lignite. — Les applications du lignite comme combustible sont plus restreintes que celles de la houille, parce qu'il ne peut pas être employé aux usages pour lesquels les houilles grasses conviennent spécialement. Le lignite est employé pour l'alimentation des foyers à grilles, par exemple, dans les fabriques de produits chimiques et dans les salines, et on peut aussi s'en servir pour le chauffage des habitations, si on le brûle dans des foyers construits exprès. Cependant la variété terreuse ne peut être employée pour le chauffage que lorsqu'elle a été préalablement lessivée avec de l'eau, puis moulée comme les briques à l'aide de machines et ensuite desséchée. La pratique a montré que les lignites fraîchement extraits doivent être préférés à ceux qui le sont depuis longtemps, parce que ces derniers, même lorsqu'ils ne renferment pas de pyrite, éprouvent au contact de l'air et de l'humidité une combustion lente, qui a pour effet d'affaiblir leur combustibilité. Enfin depuis quelque temps les lignites sont soumis à la distillation sèche, et le goudron qu'ils fournissent est traité pour paraffine et huile solaire (voyez page 795).

Anthracite. — L'anthracite est une variété de houille dans laquelle la transformation des principes organiques est arrivée à peu près à sa phase extrême. Elle se rencontre dans les terrains de transition, principalement entre les couches du schiste argileux, de la grauwacke et du schiste micacé, ainsi que dans les filons qui traversent cette dernière formation.

[On trouve des mines d'anthracite en France (Anjou, Maine, Forez, Savoie, Alpes du Dauphiné), en Angleterre (Pays de Galles, Édimbourg), dans l'Amérique du Nord (Pennsylvanie) et en Chine.]

L'anthracite est un corps complètement dépourvu de forme cristalline, ce qui le distingue du graphite. Elle est noir foncé, fragile, à cassure conchoïdale ou irrégulière, elle brûle avec une flamme peu éclairante, mais inodore; elle ne se ramollit jamais au feu, mais décrépité fréquemment.

Jacquelin a analysé différentes sortes d'anthracite et il a obtenu les résultats suivants :

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	CENDRE.
Anthracite de Swansea.	90,58	5,60	5,81	0,29	1,72
— de Sablé.	87,22	2,49	1,08	2,31	6,90
— de Vizille.	94,09	1,85	»	2,85	1,90
— du départ. de l'Isère.	94,00	1,44	»	0,58	4,00

Les avantages de l'anthracite, considérée comme combustible, ont été méconnus pendant longtemps. Elle constitue cependant un excellent combustible, qui peut être avantageusement employé à des usages très-variés, surtout lorsqu'on entretient sa combustion à l'aide d'une machine soufflante. A Swansea et en Pennsylvanie, on s'en sert comme agent réducteur des minerais de fer dans les hauts fourneaux. On l'emploie en outre dans la cuisson de la chaux et des briques, dans les salines et même pour le chauffage des habitations.

[*Penrose* et *Richard* (de Swansea) sont parvenus récemment (1874) à transformer l'anthracite en coke en la calcinant dans des fours spéciaux,

après l'avoir broyée et mélangée avec de la houille grasse et de la poix dans les proportions de 35 parties de houille et 5 parties de poix pour 60 parties d'anhracite. Le charbon ou *coke d'anhracite* ainsi obtenu absorbe peu d'eau et brûle très-régulièrement sans s'émietter ni décrépiter.]

[**Production du lignite et de l'anhracite.** — Il existe actuellement en France 180 exploitations de lignite et d'anhracite qui ont donné lieu, en 1873, à une production de 1,258,268 tonnes, représentant une valeur de 16,155,565 francs. Les mines de lignite et d'anhracite sont réparties dans 30 départements, dont les plus importants sont : le Nord, les Bouches-du-Rhône, l'Isère, la Mayenne, le Maine-et-Loire et la Sarthe.

La production du lignite en Allemagne va toujours en augmentant ; de 6,768,057 tonnes qu'elle était en 1865, elle s'est élevée successivement, en 1874, à 10,789,552 tonnes, représentant une valeur de plus de 40 millions de francs. Les différents États de l'Union américaine du Nord ont produit, en 1874, l'énorme quantité de 24,281,471 tonnes d'anhracite, dont la presque totalité a été fournie par la Pennsylvanie, tandis que la production du lignite dans la même année ne s'est élevée qu'à 1,217,020 tonnes.]

HOUILLE

La *houille* ou *charbon de terre* est, avec les minerais de fer et le sel gemme, le produit naturel inorganique le plus important qu'extrait le mineur des profondeurs de la terre. La production du fer, les nombreuses industries qui consomment des combustibles, n'auraient jamais atteint le développement qu'elles offrent actuellement, si la houille ne leur avait pas fourni le combustible qui leur est nécessaire. Les houilles servent pour produire de la chaleur et de la force ; l'extraction de la houille à bon marché est équivalente à la production de la force active à bas prix, et elle forme par suite une des bases les plus importantes de l'industrie moderne.

Origine des houilles. — Les houilles sont les restes momifiés et carbonisés d'une flore éteinte depuis longtemps, et dont les plantes, pressées les unes contre les autres, forment maintenant des terrains réguliers ayant souvent plusieurs milles carrés d'étendue. Plusieurs opinions ont été émises relativement au mode de formation de la houille. L'opinion la plus simple consiste à admettre qu'une décomposition très-lente, aidée par la chaleur interne de la terre et modifiée par la pression des dépôts sédimentaires supérieurs, a produit l'altération des plantes qui ont été graduellement converties en carbone plus ou moins pur. C'est pourquoi l'anhracite, dont il a été question précédemment et qui est de formation plus ancienne que la houille, est du carbone presque pur, tandis que les différentes variétés de houille contiennent encore d'autant plus de substances bitumineuses et volatiles que leur décomposition est moins avancée ; l'hydrogène et l'oxygène se dégagent combinés avec du carbone, sous forme d'hydrocarbures (gaz des marais, hydrure de méthyle), de pétrole et d'acide carbonique. L'anhracite

sous la forme la plus parfaite doit être considérée comme le produit final du procédé de décomposition qui a donné naissance aux lignites et aux houilles.

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Cellulose.	52,75	5,25	42,10
Tourbe de Vulcaire.	60,44	5,96	55,60
Lignite	66,96	5,27	27,76
— terreux	74,20	5,89	19,90
Houille (formation secondaire). . .	76,18	5,64	08,07
— (— houillère).	90,50	5,05	4,10
Anthracite.	92,85	3,96	5,19

Principaux gisements houillers. — En présence de la consommation toujours croissante de la houille, résultant de l'extension de l'emploi de la vapeur comme force motrice et de l'usage moins fréquent que l'on fait du bois comme combustible, il est intéressant de jeter un coup d'œil rapide sur les gisements de houille qui existent encore dans le sein de la terre. Les dépôts houillers les plus importants de l'Europe sont : 1° en *Angleterre*, le bassin situé dans le sud du pays de Galles, qui a une largeur de 5 milles géographiques sur une longueur de 20; on trouve en outre dans le nord de l'Angleterre, vers Leeds, Manchester et Sheffield, un second bassin houiller, auquel se rattachent les gisements de Newcastle et de l'Écosse; 2° en *Belgique*, le bassin de Liège (bassin de la Meuse), celui de Charleroi et de Namur (bassin de la Sambre) et celui de Mons; 3° en *France*, les bassins de la Loire (St-Étienne et Rive-de-Gier), de Valenciennes, du Creusot et de Blanzy, d'Aubin (Aveyron), d'Alais (Gard), etc.; 4° en *Allemagne*, le bassin de la Silésie, le bassin de la Saar, le bassin du Rhin ou de Westphalie, le bassin de Zwickau et de Plauen, etc; 5° en *Autriche*, les bassins de la Bohême, à Pilsen, Brandau et Schlan. [L'Espagne renferme également de riches dépôts de houille, et l'on en rencontre quelques-uns en Italie, en Grèce, en Turquie et en Russie.] Mais le plus grand des bassins européens n'est rien en comparaison de ceux qui se rencontrent dans l'*Amérique du Nord*. Le gisement de houille le plus vaste de l'Amérique septentrionale est celui qui commence à peu de distance (vers le sud-ouest) du lac Érié et qui s'étend sur les États de Pennsylvanie, de Virginie, de Kentucky, de Tennessee, jusqu'au fleuve de ce nom. Il porte le nom de bassin des Apalaches; il a une largeur de 57 milles géographiques sur une longueur de 150, et sa surface occupe 2800 milles carrés. Les bassins de l'Illinois, du Canada et de Michigan, sont un peu plus petits. [La *Chine* est également remarquable par le nombre de ses houillères, qui occupent une surface environ 30 fois plus grande que celle des gisements de l'Angleterre; mais jusqu'à présent ces mines ont été très-peu exploitées.]

Éléments accessoires de la houille. — Parmi les éléments accessoires des houilles nous devons mentionner le fer sulfuré, qui s'y trouve sous forme de pyrite cubique (fer sulfuré jaune) ou de pyrite rhomboïdale (fer sulfuré blanc) et qui n'est pas sans inconvénients, parce que, par suite du

soufre qu'il renferme, il rend la houille impropre à certains usages; en se transformant en sulfate de fer, il désagrège le charbon et le réduit en fragments, et il peut même occasionner l'inflammation spontanée des dépôts de houille. A côté du fer sulfuré, on rencontre fréquemment la galène, la pyrite de cuivre et la blende. Tous ces sulfures ont pris naissance aux dépens des sulfates correspondants, qui, dissous dans l'eau, ont pénétré les dépôts de houille et ont été réduits par l'action de la matière organique. Parmi les minéraux terreux on doit surtout mentionner le spath calcaire, la dolomie, le gypse, la baryte, l'argile schisteuse, la sphérosidérite argileuse et le blackband (mélange intime de fer oxydé carbonaté, de charbon et d'un peu d'argile siliceuse), qui est un des minéraux les plus importants de la formation carbonifère.

Classification des houilles. — Au point de vue industriel, on divise les houilles, d'après la manière dont elles se comportent au feu, en : 1° *houilles grasses*, dont la poudre, chauffée dans un creuset, fond et se prend en une masse homogène; 2° *houilles demi-grasses*, dont la poudre se prend seulement en une masse solide, sans subir une fusion proprement dite; 3° *houilles sèches ou maigres*, dont la poudre ne s'agglutine pas au feu. Suivant l'usage auquel la houille est employée, on distingue en Angleterre les trois sortes suivantes : 1° le *charbon à gaz* (*gaz coal*), 2° le *charbon pour le chauffage des habitations* (*household coal*), 3° le *charbon pour le chauffage des chaudières à vapeur* (*steam coal*).

La comparaison de la composition élémentaire des houilles avec leurs propriétés chimiques et physiques montre que les houilles grasses contiennent un bitume, composé de carbone et d'hydrogène, tout formé ou, ce qui est plus probable, qui se produit à une température élevée, et en outre que la grande quantité d'oxygène contenue dans les houilles demi-grasses diminue la proportion de ce bitume, mais n'empêche pas sa formation. Dans les houilles maigres, il se forme une quantité de bitume encore plus faible. Cependant les recherches récentes n'ont pas confirmé l'opinion qui consiste à admettre que la propriété agglutinante diminue avec l'accroissement de la proportion de l'oxygène et que les charbons les plus pauvres en oxygène sont toujours des houilles maigres. On a trouvé des charbons qui, ayant presque la même composition, se comportent très-différemment lorsqu'ils sont exposés à l'action de la chaleur¹.

¹ E. Richters a décrit, il y a quelques années, un excellent procédé pour la détermination comparative de la propriété agglutinante des différentes houilles : 1 gramme du charbon réduit en poudre fine et mélangé intimement avec de la poudre de quartz levigée est chauffé dans un creuset de platine, tant qu'il se dégage des gaz brûlant avec une flamme éclairante. Le tourteau de coke ainsi produit est déposé avec précaution sur une plaque de tôle, de façon qu'il repose sur celle-ci par sa base. On place ensuite sur le tourteau un poids de 1/2 kilogramme; la masse est écrasée par cette charge, ou bien, au contraire, elle résiste à la pression et reste entière. Dans le premier cas on répète l'expérience avec une quantité plus faible de poudre de quartz, dans le second avec une quantité plus grande, et jusqu'à ce que le tourteau puisse supporter le poids sans se briser. La quantité de quartz employée, que dans chaque expérience on diminue ou on augmente de 1 décigramme, sert de mesure pour la propriété agglutinante. Les houilles très-grasses, les excellents charbons à coke du bassin de Waldembourg, exigent par gramme 2 gr. 8 de poudre de quartz avant

Houille grasse. — La *houille grasse* a une couleur noir foncé, elle est facilement inflammable, et, comme on l'a déjà dit, sa poudre se prend en masse sous l'influence de la chaleur et forme un coke dense et fondu. Si (avec *Fleck*) on désigne par C la richesse centésimale en carbone de la substance charbonneuse exempte de cendre, par W^1 l'hydrogène disponible, par W l'hydrogène combiné, par S l'oxygène et l'azote, on a $C + (W + W^1) + S = 100$. On obtient W^1 en admettant que 8 0/0 d'oxygène s'unissent à 1 0/0 d'hydrogène, par conséquent $W^1 = 5/8$, et cette valeur retranchée de la richesse totale en hydrogène donne comme différence l'hydrogène disponible = W. La propriété que possède un charbon de s'agglutiner et de donner un coke fondu tient à ce que pour 100 parties de carbone 4 parties au moins d'hydrogène deviennent disponibles. Les houilles grasses sont particulièrement convenables pour la fabrication du gaz d'éclairage (*charbon à gaz*), bien que *Fleck* considère comme charbon à gaz tout charbon qui pour 100 parties de carbone contient au moins 2 parties d'hydrogène combiné. Comme maintenant la valeur d'un tel charbon à gaz dépend en même temps de l'hydrogène disponible, qui avec le carbone formera des hydrocarbures volatils, ayant pour effet d'augmenter le pouvoir éclairant du gaz, on peut désigner comme les *meilleures sortes* les charbons avec 2 parties d'hydrogène combiné et 4 parties d'hydrogène disponible (pour 100 parties de carbone) et leur donner le nom de *houillès grasses* et de *houilles à gaz*.

A cause de leur grande teneur en hydrogène, elles sont plus faciles à enflammer que les deux autres sortes de charbons, et pour cette raison elles donnent la flamme la plus longue. Les houilles qui s'agglutinent très-fortement ne conviennent pas pour être employées seules dans les fours à réverbère, parce que, en se boursoufflant, elles obstruent la grille et empêchent le tirage, et en outre elles donnent une chaleur qui, d'abord très-intense, diminue rapidement. Les houilles grasses conviennent au contraire parfaitement pour forger le fer (*charbon de forge, houille maréchale*), parce que pendant leur combustion elles se prennent en une masse qui forme un réservoir pour l'air du soufflet, ce qui augmente l'effet calorifique et produit une économie de combustible.

Houille maigre. — La *houille maigre* ou *sèche* est la sorte la plus mauvaise; elle est très-riche en oxygène, se rétracte fortement lorsqu'on la transforme en coke et laisse un coke sablonneux composé de petits fragments. Elle contient pour 100 parties de carbone moins de 40 parties d'hydrogène disponible. Elle est *principalement employée* dans les cas où il s'agit d'avoir un combustible aussi peu cher que possible, comme dans la cuisson des briques et de la chaux.

Houille demi-grasse. — La *houille demi-grasse* a une couleur gris de fer; sa surface et sa cassure sont souvent très-brillantes. Elle est beaucoup plus

que le tourteau de coke obtenu comme il a été dit devienne assez friable pour avoir de la peine à résister au poids de 1/2 kilogramme; avec les houilles demi-grasses, on est obligé de diminuer la quantité du quartz jusqu'à 0 gr. 8, et avec les houilles maigres proprement dites il faut la réduire graduellement à zéro.

difficilement inflammable que la houille grasse, et elle contient très-fréquemment beaucoup de fer sulfuré ; elle convient tout particulièrement lorsqu'il s'agit de produire d'une manière rapide et continue une élévation de température, et par conséquent pour l'alimentation des fours à réverbère et à cuve, pour le chauffage des creusets, des chaudières, etc. Lorsqu'on la carbonise, son volume ne change que très-peu, elle s'agglomère faiblement dans les fours à coke et donne peu de gaz et un coke peu compacte et poreux. La partie combustible de ce charbon contient pour 100 parties de carbone moins de 4 parties d'hydrogène disponible et moins de 2 parties d'hydrogène combiné. Aux houilles demi-grasses se rattachent certaines anthracites, bien que l'anthracite proprement dite doive être considérée comme un coke naturel formé par un procédé particulier, non comparable à celui que l'on emploie dans l'industrie pour la préparation du coke et du gaz.

On peut se rendre compte des propriétés physiques des houilles d'après la quantité d'hydrogène qu'elles renferment. On a trouvé que

Les houilles grasses contiennent pour 100 part de C.	plus de	4W ¹	et moins de	2W
Les houilles grasses et les houilles à gaz	—	—	4W ¹	et plus de 2W
Les houilles à gaz et les houilles maigres	—	moins de	4W ¹	— 2W
Les houilles demi-grasses	—	—	4W ¹	et moins de 2W

C. Hilt (1875) a trouvé, dans ses recherches sur les relations qui existent entre la composition et les propriétés techniques des houilles, que les propriétés si différentes de ces combustibles peuvent être presque exclusivement attribuées à la teneur variable en oxygène, et il semble que la teneur en oxygène dépend de l'âge du charbon et qu'en général les autres propriétés sont en connexion avec l'âge. Sous ce rapport, on pourrait admettre la classification suivante :

1.	Avec	17 0/0	et plus d'oxygène,	houille maigre riche en gaz,
2.	—	14-17	—	houille demi-grasse, —
3.	—	10-14	—	houille grasse, —
4.	—	7-10	—	houille grasse, —
5.	—	3-7	—	houille grasse, houille demi-grasse, anthracite.

La classification d'après la teneur en oxygène est donc assez exacte pour les nos 1, 2 et 3 ; elle devient incertaine pour le n° 4 et elle est tout à fait inapplicable pour le n° 5, pour lequel elle a cependant une plus grande importance, car il est certainement très-important pour l'industriel de pouvoir distinguer la houille grasse, la houille demi-grasse et l'anthracite.

Hilt a en outre trouvé que la quantité des produits volatils qui donnent naissance à la flamme et qu'il nomme le *bitume* de la houille, et la proportion du bitume comparée au coke qui reste, constituent des éléments à l'aide desquels on peut se rendre compte de la valeur de la houille. Si l'on

compare la teneur en bitume rapportée à 100 parties de coke exempt de cendre, on obtient :

1. Charbon anthracitique maigre.	5	— 10	0,0 de bitume.
2. Houille demi-grasse pauvre en gaz	10	— 15,5	—
3. Houille grasse.	15,5	— 33,5	—
4. Charbon à gaz gras	33,5	— 40	—
5. Houille demi-grasse (jeune) riche en gaz	40	— 44,4	—
6. Houille maigre riche en gaz	44,4	— 48	—

Par conséquent dans la classe 3 (houille grasse) se trouvent des charbons qui peuvent différer de 18 0/0 dans leur teneur en gaz, tandis que dans les autres classes les charbons ne diffèrent que de 4-5 0/0.

Si l'on considère les propriétés du charbon appartenant à chaque classe en particulier, on peut faire les remarques suivantes :

1^o Le *charbon anthracitique* a besoin d'un tirage vif, il donne une petite flamme peu éclairante et peu de suie ; il sert pour le chauffage des habitations, pour la cuisson des briques, pour les fours à cuve de toutes sortes et dans certaines conditions pour le chauffage des chaudières à vapeur.

2^o La *houille demi-grasse ancienne* convient pour les mêmes usages que le n^o 1, mais c'est un charbon pour les chaudières à vapeur et avec des dispositifs convenables, notamment s'il est mélangé avec des sortes plus riches en gaz, il peut servir pour la préparation du coke (à cette classe appartient le charbon renommé de Cardiff appelé *smokeless steam coal*).

3^o La *houille grasse* avec une teneur en gaz comprise entre 15,5 et 20 0/0 constitue la houille maréchale proprement dite et le charbon à coke. Entre 20 et 33 0/0 se trouvent les nombreuses nuances de la houille grasse riche en gaz, ou charbons industriels proprement dits propres à presque tous les usages. Cette houille donne encore de très-bon coke, elle peut être employée dans tous les fourneaux à flamme et offre seulement l'inconvénient de donner d'abord beaucoup de fumée et de s'éteindre rapidement, notamment dans les poêles.

4^o Le *charbon à gaz* n'est pas moins bon et il fournit le meilleur gaz d'éclairage pour la préparation duquel il est le plus souvent employé. Mais ici la valeur commence à diminuer parce que le rendement en coke est faible et le coke lui-même est poreux. Les n^{os} 5 et 6 fournissent les véritables charbons pour le chauffage des fours à flamme.

La *classification des houilles* indiquée par L. Gruner (1874) est tout à fait digne d'attention. Suivant Gruner, l'analyse immédiate peut permettre d'apprécier la valeur technique des houilles beaucoup plus exactement que l'analyse élémentaire. Dans ce but, les charbons sont distillés dans une cornue et le résidu est incinéré. On arrive ainsi à connaître le pouvoir agglomérant, ainsi que la nature et la quantité de la cendre.

Pour les houilles proprement dites le pouvoir calorifique varie avec la quantité du carbone fixe laissé par la distillation, mais il n'en est pas toujours ainsi pour les anthracites et les lignites. Au point de vue industriel, on peut distinguer les houilles en cinq types nettement tranchés, entre lesquels

il peut y avoir passage graduel. Le tableau suivant est le résultat de nombreuses recherches et analyses. On confond souvent les houilles sèches et les houilles maigres. La première expression convient pour les charbons qui, à cause de leur teneur élevée en oxygène, ne frittent pas comme les lignites, tandis que l'épithète de maigres s'applique aux houilles peu grasses se rapprochant des anthracites par leur grande teneur en carbone et leur faible richesse en hydrogène. La classification est basée sur l'analyse élémentaire, sur la proportion et la nature du résidu de la distillation, qui est en relation avec l'effet calorifique. La composition élémentaire indiquée dans le tableau suivant montre un accroissement graduel de la teneur en carbone et une diminution de la richesse en oxygène, mais il n'y a pas toujours une concordance parfaite. Ainsi des charbons à longue flamme contiennent plus de carbone et moins d'oxygène que quelques houilles maréchales, qui laissent plus de coke. C'est le résultat du mode de combinaison des éléments et de leur degré de condensation.

NOMS DES TYPES OU CLASSES.	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE			RAPPORT de O à H	PROPORTION DE CHARBON fournie par la distillation	NATURE et ASPECT DU CHARBON obtenu
	C	H	O			
Houilles sèches à longue flamme.	75 à 80	3,5 à 4,5	19,5 à 15	3 à 5	0,50 à 0,60	Pulvérulent ou tout au plus fritté.
Houilles grasses à longue flamme ou charbons à gaz.	80 à 85	3,8 à 5	14,2 à 10	5 à 2	0,60 à 0,68	Fondu, mais très-fendillé.
Houilles grasses proprement dites ou charbons de forge	84 à 89	5 à 5,5	11 à 5,5	2 à 1	0,68 à 0,74	Fondu, moyennement compacte.
Houilles grasses à courte flamme ou charbons à coke.	88 à 91	5,5 à 4,5	6,5 à 3,5	1	0,74 à 0,82	Fondu, très-compacte, peu fendillé.
Houilles maigres ou anthraciteuses, à courte flamme.	90 à 95	4,5 à 4	3,5 à 5,5	1	0,82 à 0,90	Fritté ou pulvérulent.

Ces cinq types se caractérisent déjà par leurs propriétés extérieures, lesquelles doivent être contrôlées par une distillation. Les charbons à longue flamme qui se rapprochent des lignites sont relativement durs, sonores à la percussion, tenaces, à cassure irrégulière d'un noir mate tirant plutôt sur le bleu que sur le noir. A mesure que l'oxygène diminue et par suite aussi la production de l'eau lors de la distillation, le charbon devient plus friable, moins sonore, plus noir et plus dense. L'éclat augmente avec la teneur en eau, par suite aussi le pouvoir agglomérant. Les charbons qui se rapprochent des anthracites sont d'un noir pur et en général un peu plus friables que les houilles grasses à courte flamme. Les propriétés sont cependant modifiées par les mélanges avec des substances terreuses. La densité et la dureté croissent avec la teneur en cendre, tandis que l'éclat diminue. La combustibilité et la longueur de la flamme dépendent des éléments volatils.

Les houilles qui se rapprochent des lignites s'enflamment facilement et brûlent avec une flamme longue fuligineuse. Les charbons pauvres en éléments volatils, notamment ceux qui sont pauvres en hydrogène, s'enflamment et brûlent moins facilement et durent longtemps ; la flamme est courte et donne peu de fumée. En outre, la combustibilité dépend de la nature de la cendre. Des cendres ferrugineuses et calcaires bouchent la grille ; des cendres argileuses et siliceuses restent pulvérulentes et nuisent moins à la combustion. Dans les cendres riches en argile on trouve toujours une petite quantité d'alcali. Le phosphate de calcium se montre fréquemment et rend, avec les alcalis, la cendre propre à être employée comme engrais. La classification précédente correspond non-seulement avec l'effet calorifique, mais encore, jusqu'à un certain point, avec l'âge géologique. Une description détaillée des cinq types de charbon, relativement à leurs propriétés physiques et chimiques, à leur composition, à leur gisement, etc., est donnée par l'auteur dans son mémoire original¹, auquel nous renvoyons.

En admettant que la houille renferme en moyenne 5 0/0 d'eau hygroscopique et 5 0/0 d'eau chimiquement combinée, sa composition moyenne est représentée par les chiffres suivants :

Carbone	69 à 78
Hydrogène	5 5
Eau combinée et eau hygroscopique.	13 25
Cendre.	5

La cendre de houille est un mélange de substances minérales dont la composition qualitative et quantitative est soumise à de grandes variations, qui dépendent en grande partie des influences mécaniques et chimiques auxquelles ont été soumis les végétaux aux dépens desquels la houille a pris naissance, et on observe aussi des différences non-seulement dans la cendre de charbons fossiles d'âges différents, mais encore dans celle de charbons appartenant à la même formation. La composition qualitative de la cendre de houille est semblable à celle de la cendre de lignite, et ses éléments constituants sont essentiellement formés de silicate d'aluminium ou de sulfate de calcium et de sulfure de fer, de chaux et de magnésie combinées à l'acide carbonique, d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse, ainsi que de petites quantités de chlore et de traces d'iode. Les cendres riches en alumine et pauvres en silice sont infusibles ; lorsque le silice prédomine, l'oxyde de fer faisant défaut, elles se prennent en masse sans fondre ; la présence du silicate de fer et du silicate de potassium rend les cendres facilement fusibles, donne lieu à la formation d'une plus grande quantité de scories et occasionne, par suite de l'enveloppement de particules de charbon, une perte de combustible et par conséquent une diminution de la puissance calorifique. La quantité réelle de cendre (que l'on doit distinguer du résidu de la combustion dans les foyers à grille) varie entre 0,5 et 20, et même 30 0/0. En

¹ *Annales des mines*, 6^e série, t. IV, p. 169.

lavant les charbons avant leur transformation en coke, on élimine une partie des éléments minéraux étrangers.

Effet calorifique et pouvoir de vaporisation des houilles. — *L'effet calorifique* des houilles, leur poids spécifique et leur composition, sont indiqués dans le tableau suivant :

Composition :	HOUILLE			
	ANTHRACITE.	HOUILLE GRASSE.	DEMI-GRASSE.	HOUILLE MAIGRE.
Carbone	85	78	75	69
Hydrogène.	5	4	4	4
Eau chimiq. combinée.	2	8	11	18
Eau hygroscopique	5	5	5	5
Cendre.	5	5	5	5
Effet calorifique :				
Absolu	0,96	0,93	0,89	0,79
Spécifique.	1,44	1,17	1,16	1,06
Pyrométrique	2550°	2500°	2250°	2100°
1 partie réduit, plomb	26 à 53	25 à 31	19 à 27	21 à 31
1 partie échauffe de 0 à 100°, eau.	60,5 à 74,7	52,8 à 72	44 à 61,6	50 à 71
Poids spécifique	1,41	1,15 à 1,26	1,15 à 1,50	2,05 à 1,54

Dans la pratique on admet que le pouvoir calorifique d'une bonne houille se rapproche de celui du charbon de bois et qu'il surpasse du double environ celui du bois sec. Dans les opérations de fusion la puissance calorifique des houilles est à celle du bois comme 5 : 1, à volumes égaux, et comme 15 : 8, à poids égaux. D'après les expériences de *Karsten*, dans les fours à flamme,

l'action de 100 volumes de houille = celle de 700 volumes de bois,
— de 100 parties en poids de houille = celle de 250 parties en poids de bois.

Lorsqu'il s'agit de chauffer des liquides :

100 vol. de houille = 400 vol. de bois = 400 vol. de tourbe,
100 part. en poids de houille = 160 part. en poids de bois = 250 part. en poids de tourbe.

Le *pouvoir de vaporisation* des houilles constitue le point le plus important dans l'examen technologique de ces combustibles. Pour le déterminer, il faut connaître : 1° la teneur en eau hygroscopique; 2° la teneur en éléments incombustibles; 3° la composition de la substance organique. Comme, ainsi que l'ont montré les expériences de *Hartig*, le pouvoir évaporatoire de la substance combustible est le même dans la plupart des charbons (=8,04—8,50 kilogr. de vapeur), on peut arriver à connaître sa valeur en déterminant simplement l'eau et la cendre. D'après *W. Stein*, le pouvoir évaporatoire pratique peut être regardé comme égal aux deux tiers de celui que l'on obtient en se basant sur la composition chimique du charbon.

D'après les expériences faites dans le laboratoire et sur une large échelle, le pouvoir de vaporisation pratique des charbons en usage en Allemagne est représenté par les chiffres suivants :

	CENDRE.	POUVOIR DE VAPORISATION	
		PRACTIQUE.	
Charbon de la Rhur, 1 ^{re} qualité.	5,0	7,2	
Charbon bitumineux de Zwickau, 1 ^{re} qualité . . .	6,06	6,45	
— — — 2 ^e —	15,41	5,61	
Charbon de Bohême, 1 ^{re} qualité.	6,6	5,8	
— — — 2 ^e —	6,9	4,9	
— — — 3 ^e —	16,2	4,2	
Charbon de la Saar	21,50	6,06	
Charbon de Stockheim, 1 ^{re} qualité	6,3	2,72	
— — — 3 ^e —	8,4	3,86	

Charbon de Boghead. — Sous le nom de *charbon de Boghead* (*Boghead-coal* ou *Torbane Hill-coal*), on désigne un charbon fossile qui se trouve en grande quantité à Bathgate près d'Edimbourg et dans les Hébrides; ce charbon, qui, comme la *houille feuilletée* que l'on trouve dans les environs de Pilsen en Bohême, se rapproche du *cannel-coal*, renferme une grande quantité de substance bitumineuse. Il ne fournit que peu de coke et il donne à la distillation sèche de la paraffine, de l'huile solaire et du photogène, tandis que la houille proprement dite donne de l'anthracène, de la naphthaline et de la benzine; 100 parties de boghead contiennent :

	a.	b.
Carbone.	60,9	65,3
Azote	0,7	0,7
Hydrogène	9,1	9,1
Soufre.	0,5	0,1
Oxygène	4,5	5,4
Eau	0,5	0,2
Cendre.	24,1	18,6

ou, d'après Payen :

Matières bitumineuses et traces de matières azotées	77,00
Silicate d'aluminium	20,50
Chaux, magnésique et traces de sulfure de fer.	1,67
Eau.	0,85

Le boghead est employé aussi bien comme combustible que pour la préparation du gaz (100 kilog. donnent environ 33 mètres cubes de gaz; voy. p. 758, *Gaz portatif*) et la fabrication de la paraffine et de l'huile solaire (voy. p. 804). Les autres charbons écossais désignés sous les noms de *Wemyss coal*, de *Lanarkshire coal* et de *Rigsid coal*, sont analogues au boghead.

[La *carbonite*, découverte récemment dans la houille bitumineuse de la Virginie centrale (Amérique), est un charbon naturel qui possède certaines propriétés du coke; la flamme produite par sa combustion est très-vive et très-éclairante; lorsque la flamme a cessé, elle laisse un charbon ardent qui dure assez longtemps, mais en donnant moins de chaleur; la cendre est peu abondante (environ 2 p. 100) et il ne se dégage pour ainsi dire pas d'odeur; son pouvoir calorifique est à peu près égal à celui de la houille.]

Production de la houille. — [Suivant de Ruolz, la production annuelle de la houille dans le monde entier atteindra bientôt le chiffre énorme de

500 millions de tonnes (500 milliards de kilogrammes); en 1874 elle était déjà d'environ 270 millions de tonnes, qui se répartissent de la manière suivante :

Grande-Bretagne.	127 millions	France.	17 millions.
États-Unis	46 —	Belgique	15 —
Allemagne.	46 —	Russie	1 —
Autriche	41 —	Autres pays	6 —

Les départements qui en France produisent de la houille sont au nombre de 24. En 1873, la production des principaux bassins houillers s'est élevée aux chiffres suivants :

Valenciennes (Nord, Pas-de-Calais).	6,418.000 tonnes.
Loire (Loire, Rhône).	3,856,000 —
Alais (Ardèche, Gard).	1,689,000 —
Commentry (Allier).	1,102,000 —
Blanzay, Creusot, Epinay (Saône-et-Loire)	997,600 —
Aubin (Aveyron).	687,000 —

La France exporte (1872) environ 800,000 tonnes de houille, mais elle en reçoit 4 millions et demie de la Belgique, 2 millions de l'Angleterre et un demi-million de l'Allemagne. Sa consommation annuelle, qui s'élève (1872) à environ 22 millions de tonnes, se répartit à peu près de la manière suivante :

Usines métallurgiques, ateliers industriels de toutes espèces, manufactures et usines à gaz	70,5 0/0
Chauffage des établissements publics et des maisons particulières	14,9 —
Chemins de fer et navigation à vapeur.	10,4 —
Exploitation des usines et des carrières.	4,2 —

Les départements qui consomment le plus de houille sont le Nord, la Seine, le Pas-de-Calais et la Loire, ceux qui en consomment le moins sont le Lot, les Basses-Alpes, la Corse et le Gers. La production totale de la France, en 1873, représentait sur le lieu d'extraction une valeur de 259,647,468 francs.]

En Angleterre, la consommation annuelle (1875) de la houille est d'environ 112 millions de tonnes et se répartit comme il suit :

Production du fer et de l'acier	50 0/0
Chauffage des habitations.	17 —
Moteurs à vapeur.	12 —
Exportation.	10 —
Exploitation des mines.	7 —
Préparation du gaz	6 —
Industrie du verre et des poteries.	4 —
Marine à vapeur.	3 —
Chemins de fer	2 —
Autres emplois, comme l'extraction des métaux (le fer excepté), distilleries et brasseries, fabriques de produits chimiques, etc.	9 —

[D'après *de Ruolz*, la production et la consommation du charbon étaient représentées, en 1872, par les chiffres suivants :

	PRODUCTION.	CONSUMMATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.
Angleterre. . .	125,5	112,1	13,4	0,0
États-Unis. . .	42,8	42,9	0,4	0,5
Allemagne. . .	42,3	42,1	3,7	3,5
France	15,7	22,3	0,8	8,4
Belgique. . . .	15,6	10,3	5,4	0,2

Tous ces chiffres sont donnés en millions de tonnes, et ils comprennent les lignites, qui en Allemagne et en Autriche forment une partie considérable de la production totale.]

GRAPHITE OU PLOMBAGINE

[Nous plaçons ici, à la suite de l'histoire des charbons fossiles (lignite, anthracite et houille), celle du graphite ou plombagine, autre variété naturelle de carbone, qui, bien que n'étant pas employée comme combustible, offre cependant de l'intérêt au point de vue de ses applications industrielles.]

[**État naturel du graphite.** — Le *graphite* ou *plombagine* se rencontre dans des roches cristallines, telles que le gneiss, le micaschiste, le calcaire blanc saccharoïde, le granite et les schistes argileux. Il se présente sous la forme de rognons, de lamelles, de veines ou même de lits de peu d'étendue. Ses gisements les plus connus sont ceux de Borrowdale et de Kerwick dans le Cumberland, en Angleterre; ces mines sont cependant aujourd'hui à peu près épuisées. En Allemagne et en Autriche, on trouve le graphite à Passau, à Schwarzbach et à Mugrau, en Bohême, et en différents points de la Moravie, de la Basse-Autriche et de la Styrie. La Russie possède en Sibérie d'importantes mines de graphite; elle se trouvent à Jéniséi et principalement dans le sud de la Sibérie, dans les monts Batougal, où elles ont été découvertes en 1847 par le Français *Alibert*. L'île de Ceylan fournit aussi d'excellent graphite. On en trouve de puissants gisements dans l'Amérique du Nord, à Sturbridge (Massachusetts), à Ficonderoza (État de New-Jersey) et à Fishkill (État de New-York). On a découvert récemment des gisements de graphite en Californie; la mine désignée sous le nom d'*Eureka black lead mine*, qui se trouve près de Sonora, fournit un minerai très-pur et produisait par mois, en 1868, 2 millions de kilogrammes de graphite. En France, on n'exploite qu'un seul gisement de plombagine situé dans le département des Hautes-Alpes et d'ailleurs d'une très-faible importance.

Le graphite se produit artificiellement dans certaines circonstances: ainsi, lorsqu'une fonte sursaturée de carbone se refroidit lentement, l'excès de carbone se dépose sous forme de graphite. Lorsqu'on fait bouillir certaines combinaisons cyaniques avec de la soude caustique, une portion du carbone

du cyanogène se sépare à l'état de graphite : c'est ce qui a lieu, par exemple, quand on évapore, après les avoir caustifiées, les eaux-mères de la fabrication de la soude caustique. On peut aussi obtenir du graphite par l'action d'une haute température sur le sulfure de carbone.]

[**Propriétés, composition et usages du graphite.** — Le graphite cristallise en tables hexagonales, il est gris noirâtre, il a un éclat métallique, il est doux et onctueux au toucher, il tache les doigts et laisse sur le papier des traces d'un gris de plomb; sa densité varie de 2,11 à 2,35. Il contient toujours une quantité plus ou moins grande de matières étrangères, comme le montrent les analyses suivantes effectuées par *Ch. Mène* :

ORIGINE.	BONROWDALE.	PASSAU.	MUGRAU.	CEYZAN.	SCHWARZBACH.	OURAL. (Alibert).	
Densité.	2,5455	2,5952	2,1197	2,5501	2,1759	2,1759	
Éléments volatils.	1,10	7,50	4,10	0,10	1,05	0,71	
Carbone.	91,55	81,18	91,05	74,4	88,05	94,05	
Cendres.	7,55	11,62	4,85	15,50	10,90	5,25	
Composition de la cendre.	Silice.	0,525	0,537	0,618	—	0,20	0,645
	Alumine.	0,185	0,356	0,285	—	0,285	0,247
	Fer.	0,120	0,068	0,080	—	0,065	0,100
	Chaux et magnés.	0,060	0,017	0,007	—	0,015	0,008
	Alcalis et perte.	0,012	0,022	0,010	—	0,017	0,005

Pour purifier le graphite on peut se servir du procédé suivant, indiqué par *C. Brodie*. On broie d'abord grossièrement la matière brute et l'on en sépare les impuretés telles que la gangue, etc.; on la réduit ensuite en une poudre fine que l'on soumet à la lévigation; le graphite plus léger se sépare ainsi des produits minéraux étrangers qu'il peut encore contenir. Si l'on veut obtenir du graphite parfaitement pur, on mélange la poudre ainsi obtenue d'abord avec 1/16 ou 1/20 de son poids de chlorate de potassium et ensuite avec le double de son poids d'acide sulfurique d'une densité de 1,8; on chauffe dans un vase en fer à une température modérée, jusqu'à ce que les vapeurs de gaz chloreux cessent de se dégager; on laisse refroidir, on jette la masse dans l'eau, on la lave par décantation, puis on la dessèche et on la porte au rouge; elle se boursoufle beaucoup et se réduit en une poudre extrêmement fine. Il suffit alors de traiter le résidu par l'eau; la poudre légère de graphite flotte à la surface, tandis que les impuretés tombent au fond.

Les applications du graphite sont très-nombreuses; la plus importante est la fabrication des crayons de mine de plomb. Les anciens crayons anglais, autrefois si renommés, étaient taillés dans les blocs mêmes de graphite; aujourd'hui les crayons sont fabriqués par le procédé suivant, imaginé par le Français *J. N. Conté*: le graphite réduit en poudre est mélangé intimement avec de l'argile très-fine et la masse encore humide est introduite dans un cylindre en fer, où on la comprime de façon à la faire sortir par une ouverture ronde ou carrée. On obtient ainsi de longues baguettes que l'on coupe en fragments de la longueur voulue, que l'on dessèche et que l'on calcine; les baguettes enchâssées dans des cylindres en bois constituent les

crayons que tout le monde connaît. Le graphite mélangé avec de l'argile est aussi employé pour fabriquer des creusets (voy. t. I, p. 788) ; dans ce but le mélange bien homogène et uniformément humide de graphite en poudre et d'argile est façonné en blocs ; on abandonne ces blocs pendant quelque temps pour augmenter leur plasticité, puis on leur donne la forme de creusets, soit sur un tour à potier, soit à l'aide d'une machine spéciale. Les creusets sont ensuite desséchés et cuits dans un four à porcelaine. La plombagine réduite en poudre fine et délayée avec de l'eau est appliquée sur le fer, la tôle ou la fonte des poêles et des fourneaux, afin de les préserver de la rouille et de leur donner une couleur agréable à l'œil. Mélangé avec un corps gras, le graphite est employé pour la lubrification des pièces frottantes. Il sert aussi dans la galvanoplastie pour rendre les moules bons conducteurs de l'électricité, dans les fonderies pour revêtir les moules, dans la fabrication des chapeaux de feutre pour leur communiquer un ton et un toucher d'une douceur particulière, pour colorer le verre en noir, pour le lissage de la poudre et du plomb de chasse, pour graisser la partie immergée des petites embarcations, enfin pour préparer un mélange réfractaire destiné au bouchage du trou de coulée des hauts fourneaux.]

COKE

On désigne sous le nom de *coke* le charbon obtenu par carbonisation de la houille, et, suivant l'espèce de la houille, employée pour la préparation de ce charbon, on distingue le *coke de houille grasse*, le *coke de houille demi-grasse* et le *coke de houille maigre*. On appelle *coke de gaz* celui que l'on obtient comme résidu dans la préparation du gaz de houille. La préparation du coke a pour but : 1° d'augmenter la richesse en carbone de la houille, afin de produire avec le coke une température plus élevée qu'avec la houille ; 2° d'éliminer les principes à odeur désagréable qui se dégagent pendant la combustion de la houille, lorsque celle-ci doit être employée pour le chauffage des habitations ; 3° d'enlever à la houille la propriété de devenir pâteuse sous l'influence de la chaleur, ce qui s'oppose à la pénétration de l'air insufflé, notamment lorsqu'on l'emploie dans les fourneaux à cuve ; 4° de faire disparaître une partie du soufre du fer sulfuré qui se rencontre fréquemment dans les houilles.

Lavage des houilles. — Avant de transformer les houilles en coke, il est souvent nécessaire de leur faire subir un *lavage*. Les veines de houille sont souvent traversées par des fissures qui avec le temps se sont remplies de matières minérales (de schiste argileux et de fer sulfuré notamment). Les couches d'argile entre lesquelles les veines se trouvent ne sont pas nettement séparées du charbon, les deux substances se pénètrent de telle sorte que c'est à peine si, extérieurement, on peut distinguer la houille glaiseuse du charbon, et comme celle-ci ne renferme que 30 à 50 p. 100 de matière combustible, il

n'est guère possible de la mettre au nombre des combustibles. Comme la roche qui adhère à la houille augmente après la combustion la quantité de la cendre et rend celle-ci scorifiable, les morceaux de charbon sont facilement enveloppés et dans les foyers à grille celle-ci peut être facilement obstruée; en outre, pendant la fusion des minerais, les éléments de la cendre peuvent exercer une action nuisible sur la marche de l'opération; afin d'obvier à ces inconvénients, on a dans ces derniers temps construit de nombreux appareils à lévigation pour enlever aux charbons, avant de les transformer en coke, le fer sulfuré, le schiste argileux, etc. Le poids spécifique de la roche adhérente étant environ trois fois aussi grand que celui du charbon proprement dit, la partie la plus lourde, qui est la moins pure, se précipitera la première au fond de l'eau et pourra être séparée, si l'on verse dans un réservoir à eau profond le charbon tel qu'on l'extrait de la mine, c'est-à-dire en gros fragments accompagnés d'une grande quantité de menu. Mais comme, dans la pratique, des réservoirs de peu de profondeur sont plus commodes, on préfère ceux-ci et, à l'aide des secousses répétées que l'on imprime aux appareils, on arrive à produire la séparation des différents éléments. Les appareils à lévigation et à lavage qui ont été construits offrent la même disposition que ceux qui sont employés dans la préparation mécanique des minerais par voie humide. En employant ce procédé on peut séparer du charbon contenant 10 à 12 p. 100 d'éléments minéraux (qui forment la cendre) 4 ou 5 et même 7 ou 8 p. 100 de ceux-ci, mais il ne faut pas oublier que cette préparation préliminaire entraîne une perte de 7 à 8 p. 100 de charbon sous forme de poussière. *Bessemer* a proposé d'employer, à la place de l'eau, pour la préparation préliminaire de la houille, une dissolution de chlorure de calcium, qui a un poids spécifique tel que le charbon surnage, tandis que les matières étrangères tombent au fond. Le résidu du traitement humide des houilles est grillé, lorsqu'il est riche en fer sulfuré, et employé pour la préparation de l'acide sulfurique (voyez t. I, p. 473).

Fabrication du coke. — La fabrication du coke peut être pratiquée, comme la carbonisation du bois, en meules, en tas, en fours ou dans des cornues. Dans ce dernier cas, qui ici ne doit pas nous occuper, on a l'intention de recueillir les produits volatils qui se dégagent (gaz d'éclairage, eau ammoniacale, goudron). Mais dans la fabrication en fours on cherche (comme dans le four de *Knab*) à obtenir accessoirement du goudron, que l'on emploie pour la préparation des couleurs de goudron, qui sont devenues si importantes, et des sels ammoniacaux.

Carbonisation en meules. — La carbonisation des houilles en meules offre beaucoup d'analogie avec la carbonisation du bois d'après le même procédé. On construit sur la sole où doit être établie la meule une cheminée *a a* (fig. 458) de 1 mètre à 1^m,50 de haut environ; cette cheminée sert successivement pour toutes les meules construites sur la même sole; elle a un diamètre de 30 centimètres et est munie de plusieurs séries d'orifices destinés à établir le tirage et au moyen desquels elle est en communication avec la masse de houille. On place les plus gros morceaux de charbon autour

de la cheminée, les plus petits vers la périphérie, afin d'arrondir la meule. Les intervalles restés libres entre les gros morceaux sont remplis avec du menu. Sur la sole on établit des canaux se dirigeant de la périphérie vers la cheminée. La meule est ensuite recouverte avec un mélange de paille

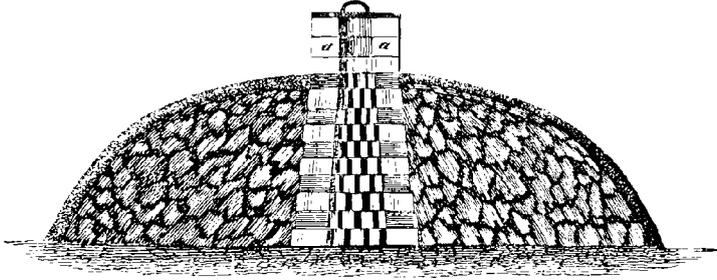


Fig. 458. — Carbonisation de la houille en meules.

et de terre humide. Dans la cheminée on projette des copeaux de bois sec et on allume ceux-ci par en haut. La carbonisation est complète lorsqu'il ne se dégage plus de fumée, et lorsque celle-ci a disparu on ferme l'orifice de la cheminée avec un couvercle en fer et l'on bouche les canaux avec du frasil. En Angleterre, on hâte le refroidissement en employant de l'eau froide, qui aurait aussi pour effet de rendre plus complète la désulfuration du coke.

La *carbonisation de la houille en tas* est tout à fait semblable à la carbonisation du bois par le même procédé.

Carbonisation en fours. — Depuis quelque temps la carbonisation de la houille est effectuée presque exclusivement dans des fours véritables (*fours à coke*), parce que dans ce procédé il est plus facile de conduire le feu et d'éviter de cuire trop fortement le charbon, et pour cette raison le rendement en coke est généralement plus grand. On a construit des fours à coke de formes très-diverses ; dans les uns les gaz et les vapeurs se dégagent sans être utilisés, les autres sont disposés de telle sorte que les gaz combustibles servent pour chauffer les houilles à carboniser (on se sert quelquefois des gaz pour produire de la vapeur, que l'on utilise pour mettre en activité des souffleries de hauts fourneaux ou des machines à extraction). Les fours à coke, si on ne considère que les plus importants, peuvent être classés de la manière suivante :

A. Fours dans lesquels les gaz qui se dégagent ne sont pas utilisés pour le chauffage des fours eux-mêmes. Ce sont des fours en forme de fours de boulanger, pouvant recevoir une charge de 750 à 5,000 kilogrammes ; ils laissent beaucoup à désirer.

B. Fours dans lesquels les gaz sont employés pour le chauffage de la sole et des parois latérales ; ils se divisent en :

a. Fours avec *une* porte. Le coke est retiré du four et les chambres à carbonisation sont disposées :

1. Parallèlement les unes à côté des autres ; systèmes *Tarlot, Talabot* ;
2. Parallèlement les unes *au-dessus* des autres ; système *Gendebien* ;
3. *En rayons* les unes au-dessus des autres ; système *Laumonier, Eaton*.

b. Fours avec *deux* portes. Ils sont munis :

1. De chambres à carbonisation *horizontales*, placées les unes à côté des autres. Le coke est extrait avec un râble ; systèmes *Coppée, Hully, François-Rexroth, Smet, Fabry* ;

2. De chambres à carbonisation *inclinées* placées les unes à côté des autres ; le coke tombe de lui-même, lorsqu'on ouvre la porte inférieure ; système *Dubochet*.

3. De chambres à carbonisation *verticales* placées les unes à côté des autres ; le coke tombe de lui-même lorsqu'on ouvre la porte inférieure ; système *Appolt*.

c. Fours dans lesquels les gaz, avant d'être employés au chauffage, traversent des condensateurs ; systèmes *Knab, Pernolet*.

Les fours les plus répandus sont : le four *Appolt*, qui peut être considéré comme consistant essentiellement en une sorte de cornue à gaz verticale, munie seulement des orifices destinés à l'échappement des gaz, et, depuis quelque temps, le four *Coppée*⁴. Dans une autre espèce de four on se propose d'extraire des gaz et des vapeurs, avant leur combustion, les sels ammoniacaux et le goudron (qui depuis la création de la nouvelle branche d'industrie basée sur le traitement du goudron — préparation des couleurs d'aniline, d'acide phénique, de naphthaline et d'anthracène — a acquis une telle importance que dans certaines localités la production du goudron peut être aussi lucrative que la préparation du coke) ; comme exemple de cette dernière espèce de four, nous décrirons le four de *Knab*.

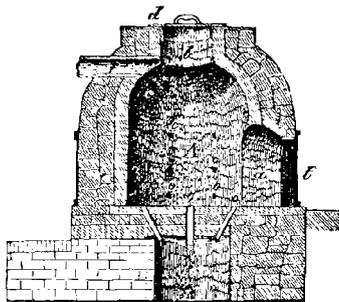


Fig. 459. — Four à coke de Gleiwitz.

Parmi les fours à coke *fermés* de construction ancienne, nous citerons celui qui est employé dans l'usine à fer de Gleiwitz, en Silésie, pour la carbonisation de la houille demi-grasse : il est représenté en coupe verticale par la figure 459. A est une capacité cylindrique surmontée d'une

voûte munie d'une ouverture et dont les parois sont percées d'orifices *o, o, o*, qui peuvent être fermés extérieurement au moyen de bouchons. Des ouvertures de ce genre se trouvent aussi dans la sole du four, qui est ainsi transformée en un sorte de grille. Une sole massive est cependant plus avantageuse,

⁴ Au commencement de 1874, il y avait en activité :

en Prusse. . . .	1445	fours Coppée.
— Belgique. . . .	716	—
— France	186	—
— Angleterre. . .	69	—

mais alors il faut faire en sorte que la série la plus basse des orifices s'ouvre immédiatement au-dessus de la sole du four. La houille à carboniser est introduite soit par l'ouverture de la voûte *b*, soit par la porte *a*; on met d'abord les plus gros morceaux de charbon, en ayant soin de laisser libre un canal dont l'orifice antérieur est du côté de la porte et qui sert pour l'allumage. Lorsque le four a été rempli jusqu'à l'orifice du tube de dégagement *f*, la porte est murée jusqu'à l'orifice extérieur du canal d'allumage, tous les orifices de la paroi du four sont fermés, excepté ceux de la série la plus basse, l'ouverture de la voûte est aussi couverte avec une plaque de fer *d*. Dès que l'on aperçoit, par les orifices inférieurs laissés libres, que le charbon a acquis une couleur orange, on ferme ces orifices, et l'on ouvre ceux de la série supérieure, ce que l'on fait ordinairement environ 10 heures après le commencement de l'opération; 10 heures après on bouche la deuxième série, 16 heures après la troisième, et 15 heures après la quatrième. On laisse le four complètement fermé pendant douze heures, afin qu'il se refroidisse; on ouvre ensuite la porte *t*, on retire le coke rouge avec un crochet et on l'éteint immédiatement avec de l'eau. Le four que l'on vient de décrire contient de 1,750 à 2,000 kilogr. de houille; d'après une moyenne de plusieurs mois, on obtient dans ce four 53 pour 100 en poids, et 74 pour 100 en volume de coke. Les gaz et les vapeurs sont conduits par le tube *f* dans un appareil condensateur, qui est commun à deux fours; on condense et on recueille les vapeurs de goudron, mais on laisse dégager les gaz; 100 kilogrammes de charbon donnent environ 10 litres de goudron.

La carbonisation de la houille menue se pratique sur des soles voûtées, qui sont construites comme des fours à cuire le pain. Les déchets qui se produisent dans les mines (menu de houille) peuvent être utilisés avec beaucoup d'avantage par carbonisation, lorsqu'ils proviennent de houille grasse, parce que sous l'influence de la chaleur les particules s'agglutinent et donnent un coke aussi cohérent que les houilles demi-grasses. Dans beaucoup de cas les menus de houille doivent, avant la carbonisation (comme on l'a fait remarquer plus haut), être débarrassés de la roche adhérente au moyen d'un lavage, parce que maintenant un grand nombre de consommateurs exigent qu'on leur livre le coke ainsi purifié, et ils se font garantir un maximum de cendre de 6 pour 100, par exemple.

Le mode de construction du four pour la carbonisation du menu de houille est assez varié. L'administration du chemin de fer de Leipzig à Dresde se sert du four représenté en coupe verticale par la figure 460. L'espace où s'effectue la carbonisation a 3^m,50 de haut et la même dimension en diamètre au niveau de la sole. L'ouverture *d*, qui a 1 mètre en hauteur et en largeur, peut être fermée au moyen d'une porte en fer, dans la partie supérieure de laquelle se trouvent quatre orifices placés les uns à côté des autres. La

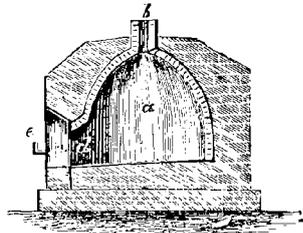


Fig. 460. — Four pour la carbonisation du menu de houille.

cheminée *b* a un peu plus de 1 mètre de haut. De chaque côté de la porte est fixé dans la maçonnerie un crochet de fer *e*; ces crochets soutiennent une barre de fer, sur laquelle l'ouvrier appuie la tige en fer, au moyen de laquelle il extrait le coke. Dans un four de ce genre, on carbonise dans les vingt-quatre heures, en trois opérations, 52 hectolitres environ de menu de houille. Le coke obtenu est très-compacte; mais, si l'on diminue la charge et par conséquent la pression, on obtient un coke plus léger. Le four à coke employé dans l'usine de Zaukerode, près de Dresde, a la forme suivante (fig. 461). La sole *a* est circulaire, et elle ne se rétrécit un peu que vers la

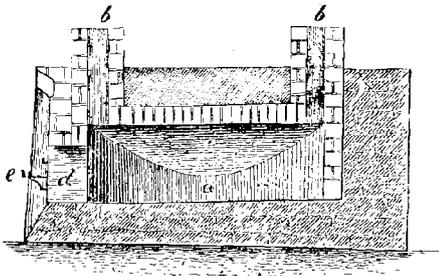


Fig. 461. — Four à coke de Zaukerode.

porte; son diamètre est égal à 3^m,6. La hauteur des parois verticales du four n'est pas la même partout à cause de l'existence de la voûte cylindrique *c*, qui dans les parties les plus hautes s'élève à 5^m,08 de la surface de la sole. Les gaz et les vapeurs se dégagent dans l'air par deux cheminées *b, b*, hautes d'environ 1^m,50. La porte de fonte qui ferme

l'ouverture *d* se compose de deux battants qui, fermant incomplètement le four, laissent ouverte la partie supérieure par laquelle l'air peut pénétrer à l'intérieur; *e* est un des crochets de fer mentionnés à propos du four précédent.

Dans les usines de la Saar et des environs de Sulzbach (ainsi qu'autrefois dans quelques usines à fer de la Lorraine), on se sert du four à coke représenté par les figures ci-jointes (la figure 462 en donne une coupe verticale, et

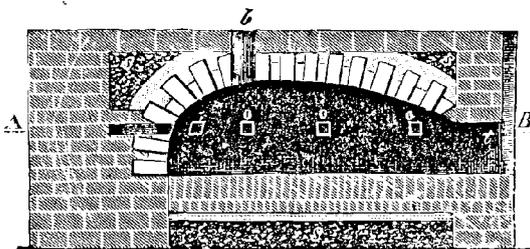


Fig. 462. — Four à coke de la Saar.

la figure 463 le plan au niveau de la ligne A B); ce four se distingue des anciens dispositifs, dans lesquels le courant d'air est produit au moyen de fentes pratiquées dans la porte, et à l'aide de la cheminée, parce que l'accès de l'air y est réglé au moyen d'ouvertures qui se trouvent dans la voûte. La sole est ovale; l'un de ses diamètres est égal à 3 mètres, l'autre à 2 mètres; le four n'a que 1 mètre de hauteur dans son point le plus élevé. La che-

minée *b*, haute de 1^m,75, sert aussi pour l'introduction du menu. Ce qui caractérise ce four, c'est la manière dont l'air y est distribué. A une hauteur de 50 centimètres environ au-dessus de la sole, le four est entouré d'un canal en forme de fer à cheval, qui débouche de chaque côté de la porte *t* en *o* et en *o'*; l'air qui arrive par ces ouvertures se répartit dans 9 canaux transversaux *o*, *o*... et pénètre dans le four. La porte *t* ferme presque complète-

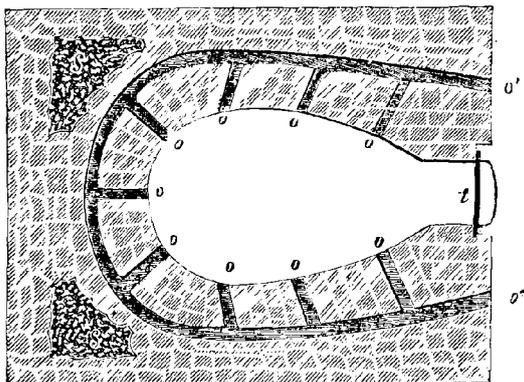


Fig. 465. — Plan du four précédent.

ment la gueule du four. Les parties vides *s*, *s* sont remplies avec des corps conduisant mal la chaleur. Une charge de 1 mètre cube à 1 mètre cube 1/4 de menu de houille est carbonisée dans ce four en trente ou quarante heures.

Parmi les fours à coke de construction nouvelle, dans lesquels on brûle les gaz qui se dégagent pendant la carbonisation pour employer la chaleur mise en liberté à la carbonisation elle-même, nous devons citer en première ligne celui des frères Appolt. Le premier four de ce genre a été construit, en 1855, à Saint-Avold (Lorraine). Il se distingue par trois points de ceux que l'on vient de décrire : il a la forme d'une cuve verticale, celle-ci est chauffée extérieurement et, comme on l'a déjà fait remarquer précédemment, le chauffage est effectué uniquement à l'aide des gaz et des vapeurs qui se dégagent pendant la carbonisation et que l'on enflamme. La figure 464

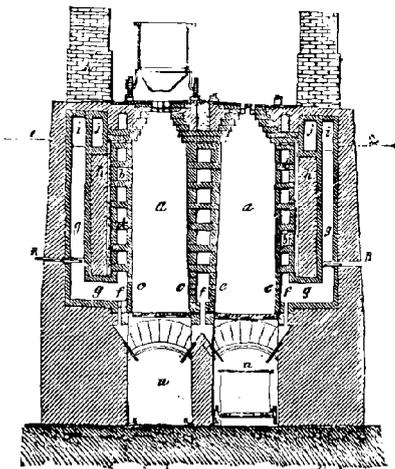


Fig. 464. — Four Appolt, coupe verticale.

montre une coupe verticale de ce four et la figure 465 une coupe horizontale suivant la ligne 1-2. Afin que la chaleur pénètre plus facilement dans le

milieu des cuves *aa*, celles-ci sont à section rectangulaire (45 centimètres et 1^m,24 sur 4 mètres de profondeur), et pour mieux utiliser la chaleur

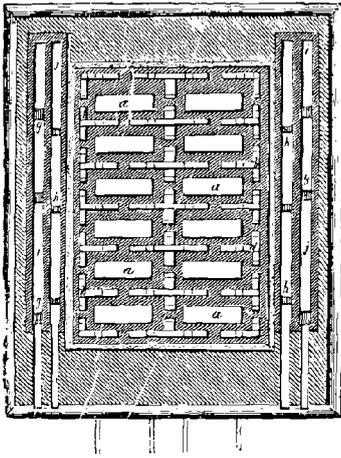


Fig. 463. — Four Appolt, coupe horizontale.

12 fours sont réunis dans un massif commun. Les cuves, dont les parois sont séparées par des espaces creux *b*, sont reliées entre elles et avec le reste de la maçonnerie au moyen de fortes briques; les espaces creux communiquent ensemble. Chaque cuve a deux ouvertures, l'une supérieure, par laquelle on introduit la houille, et l'autre inférieure, fermée à l'aide d'une porte à charnière, et par laquelle on fait sortir le coke. A la partie inférieure de la portion latérale des cuves se trouvent des fentes *e*, ménagées entre les briques, par lesquelles s'échappent les gaz et les vapeurs, qui dans les espaces creux sont brûlés avec le concours de l'air, dont la pénétration a lieu par *f*,

f. La chaleur résultant de cette combustion produit la carbonisation du charbon contenu dans les cuves. Les gaz brûlés s'échappent par les canaux *g* et *h*. Le tirage est réglé au moyen des registres R,R. Les canaux *g* débouchent dans un conduit horizontal *i*, les canaux *h* dans un autre conduit *j*. Les deux conduits *i* et *j* se réunissent dans la cheminée *k*. La partie supérieure des cuves est rétrécie au moyen de briques (fig. 464), de manière qu'il ne reste plus qu'une petite ouverture, qui est fermée au moyen d'un couvercle de fonte. Ce couvercle est muni dans son milieu d'un tuyau par lequel peut s'échapper une partie des produits de la distillation. Un chemin de fer, établi au-dessus des cuves, reçoit le wagon, sur lequel on amène, chaque fois qu'il s'agit de charger le four, 1,250 kilogr. de houille. Au-dessous des cuves on a laissé dans la maçonnerie deux canaux *u*, dans lesquels on pousse sur des rails les wagons qui doivent recevoir le coke. Pour mettre le four en activité, on fait un feu de bois dans les cuves et l'on verse de la houille par-dessus. L'intérieur du four s'échauffe rapidement par la combustion des gaz qui se dégagent des cuves par les fentes *e*. Lorsque le four a acquis une température suffisante pour produire la décomposition de la houille et la combustion des produits volatils, on charge l'une des cuves avec 1,250 kilogr. de charbon et l'on ferme hermétiquement son ouverture supérieure, en plaçant le couvercle et lutant celui-ci. Deux heures plus tard, on répète la même opération dans une deuxième cuve, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'au bout de 24 heures les douze fours aient été chargés successivement. Au bout de ce temps la carbonisation de la houille est terminée dans la première cuve et l'on procède à l'extraction du coke. Cela fait, on charge de nouveau le four, etc. Deux heures plus tard, la deuxième cuve est

vidée de la même manière et munie d'une nouvelle charge, et ainsi de suite.

Les frais d'installation des fours *Appolt* sont assez élevés ; ils vont jusqu'à 15,000 francs, tandis que les fours simples ordinaires ne coûtent que 1,800 à 3,000 francs ; mais les fours *Appolt* rendent, par jour, 12,000 kilogr. de coke, et comme il ne se produit pas de déchet, on obtient 66 à 67 pour 100 de coke avec des charbons (de Duttweiler) qui, dans des fours horizontaux, auraient donné 61 pour 100 au plus ; ils ont cependant un côté défectueux : les cuves du milieu recevant plus de chaleur que celles qui se trouvent vers l'extérieur, il en résulte qu'avec le même charbon elles fournissent un coke beaucoup plus dense, ce qui peut avoir de l'inconvénient, lorsqu'on se sert du coke dans les opérations métallurgiques.

Parmi les autres dispositifs de fours à coke, dans lesquels les gaz et les vapeurs qui se dégagent sont employés pour la carbonisation elle-même, nous mentionnerons brièvement les suivants. Le four de *Marsilly* a une voûte percée ; mais les gaz et les vapeurs de la houille peuvent se dégager par un canal ménagé à la partie inférieure ; ils circulent ainsi au-dessous de la sole et la chauffent en brûlant. Le four de *Jones* est analogue au précédent, mais avec cette différence que la combustion des gaz de la houille a lieu en partie dans la capacité où s'effectue la carbonisation. Ce dispositif, qui ne convient que pour les houilles très-maigres, n'empêche pas qu'une portion du coke soit brûlée, mais il hâte beaucoup la marche de la carbonisation, parce que l'air atmosphérique pénètre dans le four après avoir été chauffé. Les fours à coke de *Frommont* et de *Gendebien* sont construits d'après le principe des fours à grilles doubles. Les fours de *Frommont* en usage depuis plusieurs années en Belgique, ainsi qu'à Saarbrück et en Westphalie, sont des fours à étages accouplés deux à deux. Les gaz qui se développent dans les étages inférieurs passent par des carneaux dans les étages supérieurs ; ils s'y mélangent avec les produits volatils de ces derniers étages, et sont amenés par des conduits sous la sole des fours inférieurs dans d'autres conduits, qu'ils parcourent successivement dans les deux sens ; en quittant la sole ils passent dans des carneaux ménagés dans les parois, y circulent à plusieurs reprises et arrivent enfin dans la cheminée. Le dispositif de *Gendebien* ne diffère du précédent qu'en ce que chaque four supérieur se trouve établi au milieu de deux fours inférieurs qui le supportent ; il est surtout employé dans la région de la Sambre. Dans les deux systèmes précédents les fours sont superposés, tandis que dans celui de *Smet* ils sont disposés les uns à côté des autres, ce qui permet d'utiliser d'une manière plus complète les gaz combustibles.

Le four à coke de *Dubochet* a une forme toute particulière ; il a été construit par l'ingénieur *Pauwels*, en 1851, dans l'usine à gaz de *Dubochet*, et avant l'invention des fours d'*Appolt* il était très-employé en Allemagne, notamment dans les fabriques de coke du bassin de la Saar. Le four de *Pauwels* et *Dubochet* est disposé suivant un angle très-incliné, et il se compose de deux parties ou chambres placées bout à bout et courbées suivant un arc de 45 mètres de rayon ; ces deux chambres sont séparées l'une de l'autre

par une porte. La partie supérieure est la chambre à carbonisation proprement dite; les gaz qui s'y produisent sont dirigés sous le four et brûlés complètement au moyen de l'air qui s'introduit par des orifices particuliers; cette combustion produit la chaleur nécessaire pour la carbonisation. Lorsque celle-ci est terminée, le coke tombe dans la partie inférieure du four, dans la chambre de refroidissement, d'où il est retiré lorsqu'il est froid. Avant de faire arriver les gaz de la combustion dans la cheminée, on les conduit sous une chaudière qui fournit la vapeur nécessaire pour la préparation préliminaire de la houille.

Comme on l'a déjà dit, le four à coke de *Knab* a dans ces dernières années beaucoup attiré l'attention. Au lieu d'employer au chauffage, comme *Appolt*, immédiatement à leur sortie, les gaz provenant de la carbonisation, *Knab* dépouille d'abord ces gaz du goudron et de l'eau ammoniacale. Dans ce but, les gaz et les vapeurs se dégagent par un canal pratiqué dans la voûte du four, et de là ils se rendent dans deux grands cylindres en tôle remplis de coke, où presque tout le goudron se condense; ils vont ensuite dans un système de tuyaux, duquel ils passent dans des réservoirs pleins d'eau, où se séparent le reste du goudron et l'eau ammoniacale. Les gaz qui restent sont envoyés sous la sole du four et brûlent dans un foyer annulaire, au centre duquel arrive l'air nécessaire pour la combustion. Pour aspirer les gaz formés dans le four, les conduire dans les condensateurs, et pour les ramener sous la sole, après qu'ils ont été dépouillés du goudron et de l'ammoniaque, on se sert d'exhausteurs à cloche, comme ceux que l'on employait autrefois dans la fabrication du gaz et dont on se sert encore quelquefois dans les fabriques de papier pour la déshydratation du papier sans fin par pression atmosphérique, ainsi que dans la préparation du vinaigre pour éliminer l'air désoxygéné et condenser les vapeurs dans le liquide obturateur. D'après les indications de *Gautier de Claubry*, on transforme chaque jour en coke, dans les usines de la *Société de carbonisation de la Loire*, 150 tonnes de houille dans 88 fours. Le rendement pour 100 parties est le suivant :

Gros coke.	70,00	Goudron.	4,00
Coke menu	1,50	Eau ammoniacale	9,00
Déchets de coke	2,50	Gaz	10,58
Graphite.	0,50	Perte	1,92

Le coke qu'on obtient dans les fours de *Knab* paraît répondre à toutes les conditions requises pour les hauts fourneaux et les locomotives. Mais nous devons faire remarquer que ces résultats favorables sont peu d'accord avec ceux que donnent les autres appareils analogues, parce que, en général, lorsqu'on distille de la houille dans des récipients fermés ou des fours et qu'on dirige en même temps le travail de façon à recueillir le goudron, les cokes obtenus sont d'une médiocre qualité. Au système de *Knab* se rattache celui de *Pernolet* avec appareils condensateurs d'après *Benn* et *Renaut*. Le four de *Coppée*, mentionné précédemment, est maintenant très en faveur. Dans ce dispositif, un massif contient une série de fours groupés deux par deux.

Les flammes de deux fours du même groupe se dégagent par une série de trous pratiqués dans la voûte suivant sa longueur, elles descendent par des canaux verticaux et se réunissent au-dessous de la sole du four ; là elles s'échauffent et passent ensuite sous la sole d'un four voisin ; puis elles se rendent par un canal vertical descendant dans une galerie commune, qui conduit directement à la cheminée ou d'abord sous une chaudière et ensuite à la cheminée. Les gaz sont brûlés par deux séries de courants d'air chaud, dont l'une pénètre dans le four et l'autre dans les canaux verticaux. L'afflux de l'air est réglé par des registres. Un courant d'air frais traverse les galeries qui se trouvent au-dessous de la maçonnerie, afin de refroidir et de protéger celle-ci. Afin d'éviter les pertes de chaleur, on recouvre la voûte du four avec une couche d'argile de 50 centimètres d'épaisseur, par-dessus laquelle on dispose des briques. Les dimensions ordinaires du four sont : 9 mètres de longueur, 0^m,45 de largeur, 1^m,20 de hauteur pour une carbonisation de 24 heures, et 0^m,60 de largeur et 1^m,70 de hauteur pour une carbonisation de 48 heures. Le chargement s'effectue par trois trémies. Les avantages particuliers du four *Coppée* sont les suivants : 1° une faible largeur et une disposition convenable des canaux pour le traitement de houilles peu grasses ; 2° la combustion des gaz par une double introduction d'air, qui empêche tout dégagement de fumée ; 3° la réunion de tous les gaz combustibles dans un grand canal au-dessous du four, afin de les utiliser pour le chauffage des chaudières ; on pense qu'un four peut produire une force de 3 ou 4 chevaux ; cette force est employée pour la division des charbons, pour vider le four, etc. ; 4° enfin, des galeries pour refroidir et protéger la maçonnerie.

Les cokes extraits des fours ou des cornues sont éteints avec de l'eau ou vaporisés, après avoir été recouverts avec de la cendre. Le premier procédé est maintenant presque partout en usage, il exige moins d'espace et de travail, et il donne un coke ayant un aspect métallique qui rappelle celui de l'argent. L'extinction par l'eau offre l'inconvénient d'ajouter au coke une substance dont l'élimination ultérieure (la vaporisation) exige une grande quantité de chaleur, lorsque le coke est brûlé, et en outre les producteurs peu consciencieux peuvent augmenter le poids du coke aux dépens de l'acheteur, en ajoutant une quantité d'eau plus grande que celle qui est nécessaire pour l'extinction. Les trois couches principales de coke qui se forment pendant la carbonisation de la houille n'absorbent pas l'eau avec la même avidité. La couche supérieure, qui est plus poreuse et plus spongieuse, absorbe jusqu'à 120 0/0 de son poids d'eau. La couche moyenne qui forme la masse principale n'en absorbe que 1 1/2 0/0 et la couche inférieure environ 15 0/0. En moyenne, on peut admettre que le coke auquel on n'ajoute que la quantité d'eau nécessaire pour son extinction augmente d'environ 6 0/0 de son poids. Le coke vaporisé projeté dans l'eau, lorsqu'il est froid, absorbe un tiers de moins d'eau que celui qui est éteint avec de l'eau lorsqu'il est rouge.

Propriétés, composition et effet calorifique des cokes. — Le coke con-

venablement préparé forme une masse homogène, dense et solide, qui est difficile à casser et à écraser et qui ne doit pas présenter de cavités trop grandes. Le coke préparé en meules, avec de la houille grasse, offre une surface mamelonnée semblable à celle d'un chou-fleur et un aspect fondu. Il a une couleur gris-noir ou gris de fer, et un éclat métallique mat. Un bon coke ne doit contenir qu'une très-petite quantité de soufre. Comme on le sait, le soufre se trouve dans la houille sous forme de fer sulfuré ; pendant la carbonisation une partie du soufre distille et il reste une combinaison de fer moins sulfurée, qui peut encore abandonner du soufre au fer et au cuivre chauffés et par suite détruire les objets en métal (barreaux des grilles, chaudières à vapeur), ou agir sur le produit de la fusion (fonte).

La composition moyenne du bon coke ordinaire est la suivante :

Carbone	85 à 92 0/0
Cendre.	3 5
Eau hygroskopique	5 10

A cause de sa densité et de son manque de gaz combustibles, la combustibilité du coke est si faible qu'il a besoin pour être allumé d'une forte chaleur et qu'il ne peut continuer à brûler que dans un courant d'air énergique.

D'après un grand nombre d'expériences effectuées dans des usines prussiennes dans des hauts fourneaux alimentés avec de l'air chauffé :

100 parties en poids de coke =	80 parties en poids de charbon de bois,
100 volumes de coke	= 250 — —

Briz a trouvé que 4 kilogr. de coke préparé avec de la houille de la Silésie inférieure (et contenant 5,9 0/0 d'eau et 2,5 0/0 de cendre) fournit 7 kilogr. 150 de vapeur.

COMBUSTIBLES ARTIFICIELS AGGLOMÉRÉS

Sous le nom de *combustibles artificiels agglomérés* on désigne des matières combustibles primitivement pulvérulentes (qui le plus ordinairement sont des déchets d'usines, comme le menu de houille, la sciure de bois, etc.), auxquelles on a donné une forme convenable, généralement celle de briquettes, en les mélangeant avec un ciment, qui est ordinairement du goudron ou de la terre glaise, et en les soumettant ensuite à une compression énergique. A un certain point de vue les briquettes de tourbe et le tan épuisé, moulé et desséché (briquettes de tan), appartiennent aussi à cette catégorie de combustibles.

Péras. — Sous le nom de *péras* on connaît un combustible artificiel qui a été préparé pour la première fois avec du menu de houille grasse par l'ingénieur *Marsais*, directeur des mines à Saint-Étienne. On lave d'abord la houille menue, afin d'en éliminer les substances étrangères, telle que les

pierres, l'argile, etc. Le charbon ainsi purifié est mis en tas et abandonné à lui-même afin qu'il s'égoutte ; il est ensuite pulvérisé à l'aide de cylindres cannelés ; la poudre est desséchée, puis mélangée encore chaude avec 7 à 8 0/0 de brai (goudron de houille concentré ou résidu de la distillation du goudron), et la masse chaude est comprimée dans des moules ; on obtient ainsi des pains rectangulaires à angles arrondis, qui pèsent 10 kilogr., et qui après le refroidissement ont une dureté assez grande. Les pèras ne se brisent pas aussi facilement que la plupart des houilles naturelles ; ils sont plus faciles à emmagasiner, on économise 1/5 de l'espace. Les *charbons patentés* (*patent coals*) de *Wylam* et de *Warlich* doivent être placés à côté des pèras.

Charbon moulé de Paris. — Depuis environ 25 ans, *Popelin-Ducarre*, de Paris, livre au commerce un charbon de bois moulé, dit *charbon de Paris* : il se compose de charbon pulvérulent (poussière de charbon de bois ou de tourbe, charbon de brindilles, de bruyères, etc., tan épuisé carbonisé, résidus pulvérents des usines à gaz et des magasins de coke), auquel on donne de la cohérence en le mélangeant avec du goudron de houille et carbonisant le mélange obtenu. Le charbon est mélangé avec 8 à 12 0/0 d'eau et transformé en une poudre grossière entre des cylindres lisses. 100 kilogr. de la poudre sont ensuite pétris à l'aide de meules coniques cannelées avec 33 ou 40 litres de goudron de houille, et la masse obtenue est moulée sous forme de cylindres dans une machine construite spécialement pour cet usage. Les cylindres sont desséchés à l'air pendant 36 ou 48 heures, puis carbonisés dans des fours à mouffles. Le charbon moulé a sur le charbon ordinaire l'avantage d'être peu cassant et par suite facilement transportable ; il donne plus de chaleur, il brûle plus lentement et plus régulièrement ; un morceau de ce charbon, une fois allumé, continue à brûler à l'air, ce qui, comme on le sait, n'a pas lieu pour le coke.

Au charbon de Paris se rattache le *charbon de bois préparé* ou *comprimé* (pyrolithe), qui se compose de poussier de charbon de bois, d'un peu de salpêtre, d'argile et d'une matière collante (dextrine ou empois). Le salpêtre (salpêtre du Chili) augmente l'inflammabilité du charbon et lui permet de continuer à brûler avec plus de facilité. On emploie le charbon préparé pour chauffer les wagons de chemin de fer, les petits poêles, ainsi que pour dessécher les appartements dans les maisons nouvellement construites ; dans ce dernier cas l'acide carbonique dégagé se combine avec la chaux du mortier et contribue au durcissement de celui-ci (voy. t. I, p. 801).

Briquettes. — Les houilles qui ont une propriété agglutinante très-prononcée peuvent aussi être réunies en une masse cohérente, sans addition de brai, au moyen d'une forte pression (à l'aide d'une presse hydraulique ou d'un appareil à roues tangentielles), si on les chauffe dans des vases clos à 260 ou 400°, c'est-à-dire jusqu'au point où elles commencent à se ramollir, et si on les soumet de nouveau à une forte pression, la partie bitumineuse du charbon est ainsi rendue suffisamment liquide pour agglutiner le reste de la masse. C'est ainsi que l'on prépare les *briquettes*, auxquelles on donne

un volume convenable pour leur emploi pour le chauffage des chaudières et des habitations, ce qui évite au consommateur la peine de casser le combustible. L'expérience a montré que la fabrication des briquettes peut être combinée avec avantage avec la distillation du goudron en vue de la préparation de la benzine, de l'acide phénique, de la naphthaline, de l'anthracène et de l'asphalte. — [A Halle, on fabrique avec les menus de lignite des briquettes (*briquettes de lignite*) que l'on emploie beaucoup en Allemagne pour le chauffage des fours à puddler.]

COMBUSTIBLES LIQUIDES

Chauffage au pétrole. — Le *pétrole* (nom sous lequel on doit comprendre non-seulement le pétrole naturel, mais encore les hydrocarbures extraits par distillation des charbons fossiles et des schistes bitumineux) constitue dans certaines conditions un excellent combustible. Le poids spécifique de cette huile varie entre 0,786 et 0,923 à 0°. Son coefficient de dilatation pour 1° est compris entre 0,00072 et 0,000868 ; la connaissance de ce coefficient est importante pour la pratique. Les expériences effectuées sur les navires à vapeur dans l'Amérique du Nord ont donné des résultats favorables ; un vapeur chauffé avec du pétrole peut, avec moins de travail et une grande économie, tenir la mer trois fois aussi longtemps que lorsqu'il est chauffé avec un poids égal de houille. Comme le pétrole qui brûle ne donne pas de fumée, mais seulement de la vapeur d'eau, une cheminée devient inutile ; comme en outre il renferme jusqu'à 14 0/0 d'hydrogène, on obtient en condensant les gaz de la combustion une grande quantité d'eau pure (d'après la théorie, 100 kilogr. de pétrole donnent 126 kilogr. = 126 litres d'eau), qui sur les navires à vapeur peut très-bien être employée pour l'alimentation des chaudières. La chaleur mise en liberté lors de cette condensation peut être utilisée pour échauffer l'eau d'alimentation. D'après les expériences de *H. Deville*, un chauffeur est inutile, parce que l'afflux du pétrole dans le foyer peut être réglé avec une grande facilité.

Suivant *Fr. Storer*, 1 kilogr. de pétrole brut évapore 10^k,560 d'eau, tandis que 1 kilogr. d'anthracite n'en vaporise que 5^k,1. (Le pouvoir évaporatoire théorique du pétrole très-pur est 18^k,060, car, si l'on se base sur la composition centésimale de ce corps, on a

$$\begin{array}{l} \text{C } 0,86. \quad 8080 = 6,948 \\ \text{H } 0,14. \quad 54462 = 4,854 \\ \hline 11,772 \text{ calories et } \frac{11,772}{652} = 18,08 \text{ kilogr.} \end{array}$$

D'après les expériences exécutées par *H. Deville* (1866-1870), le pouvoir calorifique des différentes espèces de pétrole est représenté (en calories) par les nombres suivants :

Huile lourde de la Virginie occidentale.	10,180	calories.
Huile légère de la Virginie occidentale.	10,223	—
Huile légère de la Pennsylvanie.	9,963	—
Huile lourde de l'Ohio.	10,399	—
Huile de Java (Rembang).	10,851	—
Huile de Java (Cheribon).	9,593	—
Huile de Java (Sarabaya).	10,183	—
Pétrole de Schwabwiller (Alsace).	10,458	—
Pétrole de la Galicie orientale.	10,005	—
Pétrole de la Galicie occidentale.	10,255	—
Huile de schiste d'Autun.	9,950	—

R. Foote, Wyse, Field et Aydon, ainsi que H. Deville, Dorsett et Blyth, Parker et Sunderland, Posjzski, etc., ont construit récemment des foyers de chaudières à vapeur, de fours de fusion et de grillage, etc., pour la combustion du pétrole, qui méritent à tous égards d'attirer l'attention. On a même essayé aux États-Unis d'employer le pétrole à la place du charbon de bois pour l'extraction du fer¹. Depuis quelque temps, le pétrole est employé avec avantage à la place de l'alcool pour chauffer les appareils à faire le café et d'autres ustensiles de cuisine.

COMBUSTIBLES GAZEUX

On a déjà proposé depuis quelques années d'employer pour le chauffage dans les opérations métallurgiques certains *gaz* et certains *mélanges gazeux combustibles*, mais ce n'est que dans ces derniers temps que cette pratique a été introduite dans la métallurgie et dans les industries chimiques. On se sert maintenant comme combustibles gazeux des *gaz de gueulard* ou des *gaz de générateurs*. On comprend sous la première dénomination non-seulement les gaz qui s'échappent du gueulard d'un haut fourneau, mais encore toute flamme qui se dégage d'un four à coke ou d'un autre appareil dans lequel les gaz combustibles formés constituent des produits secondaires de l'opération industrielle. La composition des gaz de gueulard dépend, on le comprend, de la nature du combustible employé, de la température et de la pression de l'air qui sert à entretenir la combustion, et de la hauteur à laquelle les gaz ont été recueillis. Ce sont toujours des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrocarbures, d'hydrogène, d'acide carbonique et d'azote, et, lorsqu'on emploie de la houille ou du coke, le mélange gazeux contient aussi de l'ammoniaque. Les *gaz de générateurs* sont des gaz combustibles qui ont été produits dans un fourneau particulier, le *générateur* (ou gazogène), avec des combustibles solides (avec ou sans le secours d'une soufflerie). On s'en sert dans les opérations industrielles les plus variées, parce qu'ils permettent d'utiliser des combustibles trop divisés (tourbe friable, houille

¹ A Titusville, dans la région oléagineuse, on a déjà construit (mars 1874) un haut fourneau au pétrole.

maigre, menu de lignite, sciure de bois) ou de qualité très-inférieure. D'après *Ebelmen*, ces gaz ont en poids la composition suivante :

	GAZ OBTENUS AVEC			
	Charbon de bois.	Bois.	Tourbe.	Coke.
Azote	64,9	53,2	63,1	64,8
Acide carbonique.	0,8	11,6	14,0	1,5
Oxyde de carbone.	34,1	34,5	22,4	33,8
Hydrogène.	0,2	0,7	0,5	0,1

C. Stöckmann a trouvé (1875) dans des gaz de générateur employés pour le chauffage des fours de ressuage (a) et des fours *Martin-Siemens* (b) :

	a.	b.
Oxyde de carbone.	21,75	16,56
Hydrocarbures lourds.	2,95	1,32
Éthylène	0,58	1,29
Hydrogène	0,47	0,27
Acide carbonique	7,41	12,14
Azote	66,86	68,42

L'emploi des schistes bitumineux (schistes liasiques) du Wurtemberg pour préparer des gaz de chauffage, proposé par *Dorn*, de Tubingue (1874), mérite d'attirer l'attention. Les gaz fournis par 800 à 1000 kilogr. de schiste liasique seraient équivalents à 100 kilogr. de houille.

D'après *Percy*, on a employé en Angleterre pendant plusieurs années dans des usines à fer un mélange gazeux obtenu en faisant passer de la vapeur d'eau à haute pression dans des cornues contenant du coke chauffé au rouge. Les régénérateurs de *Siemens* avec chauffage au gaz (*regenerative-gas-furnace*), dont il a été déjà question (t. I, pages 39 et 655), doivent également être mentionnés ici. Ils sont employés dans la fabrication du verre, ainsi que dans différentes opérations métallurgiques (puddlage, extraction du zinc, etc.) et la fabrication du gaz de houille.

Gaz de chauffage. — Depuis quelque temps on s'occupe dans beaucoup de localités, par exemple, à Berlin, de préparer du gaz à bon marché, afin de l'employer pour le chauffage. Depuis environ quinze ans, un grand nombre d'appareils de chauffage au gaz ont été imaginés, et, à cause de leur propriété et de leur commodité, ils seraient l'objet d'applications plus étendues, si d'une part le gaz d'éclairage ordinaire n'était pas trop cher pour pouvoir être employé à cet usage, et si d'autre part les appareils producteurs du gaz (comme celui de *Siemens*, dont il a été question précédemment) ne donnaient pas, dans leur application sur une petite échelle, des résultats insuffisants. Il est donc à désirer que l'on puisse se procurer du gaz de chauffage à un prix peu élevé. Il existe maintenant, à Berlin, sous la direction de *C. Westphal* et *A. Putsch*, une compagnie ayant pour objet de préparer du gaz de chauffage ; le gaz est préparé avec des lignites à Fürstenwald, à 38 kilomètres environ de Berlin, et ensuite amené dans la cité à l'aide de tuyaux de

conduite. Dans ce but, on a construit douze locaux de 35 mètres de long sur 21 mètres de large avec 70 fours renfermant chacun 10 cornues ; les fours sont chauffés à l'aide du système de *Siemens*. Le gaz, dépouillé de goudron, d'eau, etc., dans des condensateurs, est poussé vers Berlin au moyen de quatre machines à vapeur soufflantes. Les souffleries sont mises en activité par quatre machines à vapeur ayant chacune une force de 360 chevaux, qui peut être élevée jusqu'à 500. La pression du gaz dans la conduite doit être égale à 1 centimètre 1/2 d'eau, parce que cette pression, relativement grande, permet l'emploi de tuyaux d'un faible diamètre, et elle paraît d'ailleurs plus avantageuse qu'une pression plus faible. Les conduites sont en tôle forte de 5 millim. d'épaisseur et établies au-dessus du sol sur des piliers en maçonnerie, afin qu'elles puissent être facilement surveillées et réparées. Avec une pression de 5 mètres d'eau la conduite peut laisser passer 12 mètres cubes 1/4 de gaz par seconde. A Berlin le gaz est reçu dans 12 gazomètres de chacun 22,500 mètres cubes de capacité, pour être ensuite distribué comme du gaz d'éclairage dans les différentes parties de la ville. D'après les expériences de *Ziureck*, on peut préparer avec le lignite de Fürstenwald un gaz tout à fait convenable pour le chauffage. Avec un poids spécifique de 0,5451, ce gaz a la composition suivante :

Hydrogène	42,36
Oxyde de carbone	40,00
Gaz des marais	11,37
Azote	3,17
Acide carbonique	2,01
Hydrocarbures condensables	1,09
	100,00

Un gaz ayant cette composition est tout à fait convenable pour le chauffage ; d'après les expériences effectuées au sujet du pouvoir calorifique, 100 mètres cubes de ce gaz sont équivalents à 155-166 kilogr. de lignite ou à 51-55 kilogr. de houille. L'usine est établie provisoirement pour une production annuelle de 28,500,000 mètres cubes (ce qui fait environ 78,018 mètres cubes par jour), quantité qui peut fournir à peu près la moitié de la ville.

APPAREILS DE CHAUFFAGE

Généralités. — Le *chauffage* a pour but d'élever, au moyen de la chaleur produite en brûlant les combustibles, la température d'un espace déterminé avec les objets qu'il renferme. Cet espace peut être une chambre, une chaudière, une serre, etc. Le but que l'on se propose en brûlant un combustible, en vue du chauffage, est non-seulement de développer une quantité de chaleur aussi grande que possible, mais encore de produire une température aussi élevée que possible, et, en outre, d'utiliser cette chaleur de la manière la plus complète. Pour se rapprocher autant que cela se peut des effets calorifiques absolu et spécifique, lorsqu'on brûle un combustible, la

combustion doit être complète, aucune particule combustible ne doit échapper à la combustion, et l'on doit même faire en sorte que toute partie combustible atteigne pendant la combustion son plus haut degré d'oxydation. Cette dernière condition offre au point de vue pratique une grande importance, car

1 partie de carbone en se transformant en oxyde de carbone donne 2,480 calories.
 1 — — — en acide carbonique — 8,080 —

Pour que la combustion soit complète, le corps combustible doit recevoir la quantité d'oxygène nécessaire sous forme d'air atmosphérique, et l'air en partie dépouillé de son oxygène et chargé des produits de la combustion doit être continuellement entraîné. Ce courant d'air (ce tirage) peut être produit par circulation naturelle ou à l'aide de moyens artificiels, c'est-à-dire par *aspiration* ou par *pression*. Dans le premier cas les produits de la combustion sont entraînés à l'aide d'*exhausteurs*, ce qui provoque l'afflux d'une nouvelle quantité d'air; dans le second cas, de l'air est poussé à l'aide d'une *soufflerie*, et le produit de la combustion est ainsi éliminé. Dans presque tous les modes de chauffage la combustion a lieu par tirage naturel.

Tous les appareils de chauffage se composent de trois parties, le foyer, l'espace à chauffer et la cheminée. Le foyer est la partie de l'appareil où la combustion a lieu. L'espace à chauffer est le lieu dans lequel la chaleur produite doit faire sentir immédiatement son action et être utilisée, et enfin la cheminée est un canal ordinairement disposé verticalement, plus rarement obliquement ou d'une autre manière, et dans lequel, à l'aide d'un petit conduit étroit (le *renard*), sont amenés les gaz brûlés, dont l'élimination au dehors produit en même temps l'afflux d'une nouvelle quantité d'air frais sur le combustible.

Le *foyer* ou la *sole de combustion* peut être construit de différentes manières. La disposition la plus simple et la plus défectueuse, qui ne peut être employée qu'avec des matières très-combustibles, comme le bois et la tourbe, consiste à étendre à plat le combustible sur la sole et à faire arriver un courant d'air par une ouverture pratiquée dans la porte de l'appareil; ce dispositif est défectueux, parce qu'une grande quantité d'air traverse le foyer sans arriver au contact du combustible ou sans contribuer à l'entretien du feu, et en outre cet air entraîne avec lui une grande partie de la chaleur. L'air nécessaire pour la combustion complète du combustible doit passer à travers celui-ci. Dans ce but, on établit un support pour le combustible, support qui consiste en plusieurs barreaux en terre cuite ou en fer placés parallèlement les uns à côté des autres et formant ce qu'on appelle une *grille*. L'espace qui se trouve au-dessous de la grille se nomme le *cedrier*; celui-ci est destiné non-seulement à recevoir la cendre, mais encore à amener l'air à travers la grille et dans le foyer lui-même. Une ouverture placée sur le côté du foyer ou supérieurement

à celui-ci (*l'ouverture de chauffe*) sert pour l'introduction du combustible; cette méthode de chauffage offre cet inconvénient que, lorsqu'on ouvre l'ouverture de chauffe, de l'air froid arrive au-dessus de la grille, ce qui a pour conséquence d'abaisser la température de l'air contenu dans la cheminée et par suite de diminuer le tirage et de produire de la fumée, en d'autres termes, il en résulte une perte de combustible. Les *grilles à gradins* ou à *étages*, construites dans ces derniers temps, n'ont pas l'inconvénient que l'on vient de signaler; elles se composent de barreaux en fer placés les uns au-dessus des autres entre les parois latérales du foyer, comme des marches d'escalier. Lorsque le combustible renferme du soufre, les barreaux de la grille sont facilement attaqués: c'est pourquoi on laisse ordinairement se former sur la grille proprement dite une grille artificielle de cendre agglomérée, qui permet aussi la combustion du charbon menu. Comme pendant toute la durée d'un chauffage on n'a pas ordinairement besoin d'un courant d'air également fort, les appareils sont munis de dispositifs destinés à régler le tirage; on emploie dans ce but: 1° une soupape placée à l'orifice supérieur de la cheminée et à laquelle est fixée une tige ou une chaîne, qui permet de rétrécir plus ou moins l'orifice du conduit; 2° un registre ou tiroir placé dans le renard ou dans la cheminée; 3° une porte établie devant le cendrier.

a. CHAUFFAGE DES HABITATIONS.

Le chauffage des habitations et des édifices publics, avec lequel la ventilation doit être combinée, peut être effectué de différentes manières; suivant que le chauffage est produit par chaleur rayonnante ou par chaleur conduite, et suivant les différents modes de construction des appareils, on distingue: 1° le chauffage par les cheminées; 2° le chauffage par les poêles; 3° le chauffage par les calorifères; 4° le chauffage à l'eau bouillante; 5° le chauffage à la vapeur; 6° le chauffage au gaz.

Chauffage direct. — Le premier mode de chauffage que l'on ait employé consistait à brûler du bois ou un autre combustible dans un foyer ouvert, dans des écuelles et dans de petits fourneaux sans cheminée. En Irlande et chez les montagnards de l'Écosse, on dispose au milieu des habitations un foyer dont la fumée s'échappe par une ouverture pratiquée dans le toit. Dans quelques parties de la France, de l'Italie, de l'Espagne et de la Turquie, on a la mauvaise habitude de chauffer les appartements au moyen d'écuelles pleines de charbon (*braseros*), ce qui a l'inconvénient non-seulement de vicier l'air, mais de le rendre tout à fait impropre à la respiration. Il résulte de là que l'échauffement direct de l'air à l'aide de combustibles est toujours dangereux.

Chauffage par les cheminées. — Le *chauffage par les cheminées* est depuis longtemps en usage; il est basé sur l'échauffement de l'air par rayonnement immédiat de la chaleur dégagée par le feu. C'est sans contredit le mode de chauffage le plus imparfait, parce qu'il met en mou-

vement une quantité d'air considérable : en effet, non-seulement il arrive dans le foyer la quantité d'air nécessaire pour l'entretien du feu, mais encore il passe au-dessus de la flamme dans le tuyau de la cheminée beaucoup d'air chaud, ce qui empêche que l'on puisse fermer hermétiquement la chambre pour s'opposer à son refroidissement, car, dès que le grand volume de l'air qui pénètre dans le tuyau de la cheminée n'est pas remplacé par de l'air nouveau (qui doit entrer dans l'appartement par les interstices des fenêtres et des portes), le tirage a lieu de haut en bas dans le tuyau et la cheminée commence à fumer. Dans sa forme primitive le chauffage par les cheminées ne convient que pour les pays qui jouissent d'un climat doux et possèdent des quantités considérables de combustibles. L'agrément que l'on a avec ce mode de chauffage est de pouvoir observer le feu et de l'entretenir soi-même, le renouvellement continu de l'air et la disposition de la cheminée, qui permet de se tenir les pieds toujours chauds, tandis que le reste du corps reste froid, et en outre de faire de l'appareil de chauffage une décoration pour les appartements : toutes ces circonstances font qu'en Angleterre et dans une partie de la France on a conservé le chauffage à l'aide des cheminées.

Le chauffage par chaleur rayonnante au moyen des cheminées comporte, dans sa forme la plus ancienne, la plus simple et la plus imparfaite, la disposition suivante : à la partie inférieure du mur, dans lequel s'élève le tuyau de la cheminée, et immédiatement au-dessous de celui-ci, se trouve une niche où l'on entretient le feu. [Avec le temps la cheminée a subi des perfectionnements dont les premiers sont dus à *Rumford* et datent du commencement de ce siècle. La profondeur du foyer fut diminuée, afin d'augmenter le rayonnement, l'ouverture inférieure du conduit de fumée fut rétrécie et les parois latérales inclinées et recouvertes de briques vernissées pour favoriser la réflexion; plus tard on a fermé l'ouverture avec un tablier ou plaque mobile permettant de régler le tirage et rendant le soufflet inutile. Enfin, pour éviter l'introduction de l'air froid dans les appartements par les joints des portes et des fenêtres, on peut puiser l'air directement au dehors de la pièce et l'amener par des ventouses sous le manteau même de la cheminée; on peut, en outre, disposer celle-ci de manière à chauffer l'air destiné à l'alimenter. Dans ce but, on installe au fond du foyer des tuyaux en fonte dirigés obliquement de haut en bas et dans lesquels on introduit de l'air amené de l'extérieur par un tuyau placé à la partie inférieure du foyer; cet air, après avoir été chauffé, pénètre dans un tuyau horizontal qui vient aboutir de chaque côté de la cheminée à deux bouches de chaleur; ou bien on fait passer cet air dans un coffre en fonte qui enveloppe le foyer, ou bien encore on le chauffe dans un tuyau en fonte qui monte au milieu du conduit de fumée et le verse dans la pièce à chauffer au niveau du plafond. Quelquefois aussi on fait passer la fumée au sortir du foyer dans un tuyau en fonte, autour duquel on fait arriver l'air froid extérieur pour chauffer cet air et le faire ensuite sortir de l'appartement par une bouche percée près du plafond. On emploie aussi quelquefois des *cheminées à foyer mobile*, qui consistent

essentiellement en un foyer de fonte, encaissé de trois côtés et porté sur des galets qui permettent, soit de le rentrer dans la cheminée et de baisser par devant un tablier qui ouvre en même temps l'orifice de sortie de la fumée pour allumer et activer le feu, soit, quand le feu est bien pris, d'amener plus ou moins le foyer en avant dans la pièce, selon l'activité du tirage. Les cheminées dont il vient d'être question sont le plus généralement disposées pour le chauffage au bois, mais elles peuvent également servir à brûler de la houille ou du coke, si l'on a soin de les munir d'une grille en fonte mobile ou fixée à demeure.

Dans le dispositif imaginé par *Mousseron*, de Paris, un foyer avec grille (fig. 466) ou sans grille (fig. 467), suivant qu'il est destiné à brûler de la houille ou du coke, ou bien du bois, est placé dans l'âtre, de façon à former avec les parois de ce dernier une chambre à air communiquant en bas avec l'air extérieur, et en haut, par des bouches de chaleur, avec l'appartement à chauffer; le

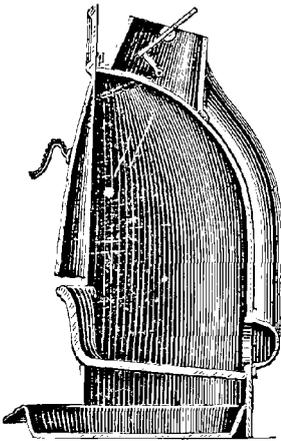


Fig. 466. — Foyer Mousseron.

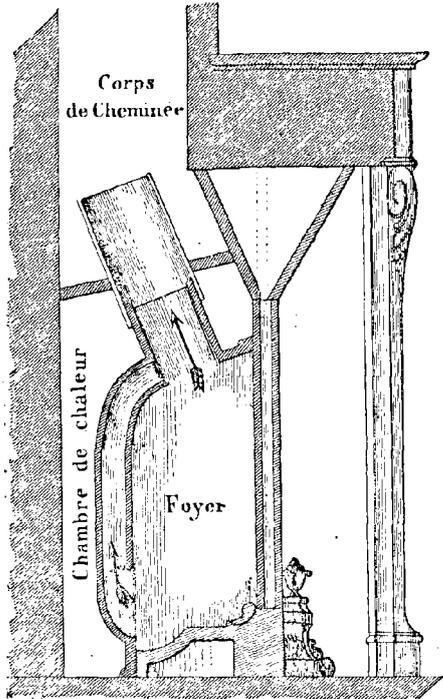


Fig. 467. — Foyer Mousseron en place.

corps de la cheminée est fermé inférieurement au moyen d'une cloison en briques, dans laquelle on a ménagé une ouverture pour le passage d'un tuyau de fumée en tôle, adapté sur l'ajutage qui termine le foyer à sa partie supérieure. En outre, la paroi postérieure du foyer présente une sorte de canal rectangulaire par lequel il se fait un tirage énergique; les gaz qui le traversent, portés à une très-haute température, viennent déboucher en face du tuyau d'échappement de la fumée, ils brûlent celle-ci et donnent ainsi lieu à une fumivorité plus ou moins complète, tout en dégageant une certaine quantité de chaleur. Le fonctionnement de l'appareil

est facile à comprendre : le feu étant allumé, l'air contenu dans la chambre de chaleur s'échauffe, monte à la partie supérieure de celle-ci et s'échappe par les bouches de chaleur ainsi que par l'intervalle ménagé entre le manteau de la cheminée et le tablier ; il est ensuite remplacé par l'air venant du dehors, lequel s'échauffe à son tour, s'élève et vient se déverser dans l'appartement, et ainsi de suite. Avec un seul foyer ainsi disposé, on peut chauffer facilement, sans augmenter la consommation du combustible, une autre pièce contiguë, si l'on a soin d'établir une bouche à la partie supérieure de la chambre de chaleur. Quand la cheminée ne possède pas de bouches de chaleur, la devanture du foyer est découpée à jour ; l'air même de l'appartement pénètre alors dans la chambre de chaleur par les jours inférieurs de la devanture et revient dans l'appartement par les jours supérieurs, après s'être échauffé dans la chambre de chaleur ; dans ce cas, une prise d'air extérieur devient inutile et l'installation de l'appareil est beaucoup plus simple.]

Afin d'utiliser, outre la chaleur rayonnée, une partie de la chaleur conduite, sans cependant enlever à la cheminée son caractère particulier, on a empêché l'air échauffé de se rendre immédiatement du foyer dans le tuyau et l'on a fait circuler cet air, comme cela a lieu pour les poêles. Les appareils de chauffage ainsi disposés, qui sont une combinaison du poêle et de la cheminée, portent le nom de *cheminées-poêles*. [Les cheminées à la prussienne et celles dites à la *Désarnod* appartiennent à la catégorie des cheminées-poêles, et il en est de même des petites cheminées en fonte munies de grilles destinées au chauffage à la houille ou au coke.]

Chauffage à l'aide des poêles. — Cette méthode de chauffage est généralement en usage dans les contrées froides du continent européen, ainsi qu'en Amérique. Un poêle bien construit ne doit pas consommer trop de combustible, la combustion de celui-ci doit par suite être complète ; la chaleur développée par la matière qu'on y brûle doit être cédée aussi complètement que possible aux parois et au corps de l'appareil, et il doit s'en dégager le moins possible dans la cheminée ; l'appartement doit être maintenu à une température uniforme et il doit être convenablement ventilé. Comme un poêle est placé à une certaine distance de la cheminée, la chaleur rayonnante aussi bien que la chaleur conduite sont utilisées, et en réalité on ne perd de la chaleur produite par le combustible que celle qui est entraînée avec les gaz de la combustion. On diminue la perte de chaleur en allongeant le conduit de la fumée, mais alors il ne faut pas oublier que celle-ci doit se dégager dans la cheminée avec une température de 75° au moins, afin que le tirage soit suffisant. Il est convenable que la porte pour l'introduction du combustible se trouve dans l'appartement à chauffer, au lieu d'être en dehors de celui-ci ; le premier dispositif a sur le second l'avantage de produire un renouvellement continu de l'air et une économie de combustible, parce que dans le premier cas l'air échauffé, qui dans le second s'échappe par les joints des portes et des fenêtres, sert à alimenter le poêle ; si par le tirage produit par le poêle avec porte à l'intérieur de l'appartement on favorise

l'introduction de l'air froid du dehors, on empêche aussi le dégagement de l'air chaud intérieur.

Les poêles sont en fonte, en tôle ou en argile cuite (faïence et briques). Le fer étant bon conducteur de la chaleur absorbe facilement celle-ci ; comme en général les parois du poêle ont une faible épaisseur, la chaleur dégagée par le combustible se transmet facilement et rapidement dans le milieu ambiant. Mais les poêles en fer ont l'inconvénient d'élever d'une manière excessive à une faible distance de leurs parois la température de l'air, et en outre dans le voisinage d'un poêle en fer l'air éprouve une altération chimique et, comme l'ont déjà montré *Deville* et *Troost* en 1868, il peut absorber 0,0007 à 0,0013 de son volume d'oxyde de carbone, la fonte ayant la propriété de se laisser traverser par ce gaz.

L'argile cuite est bien plus convenable pour la construction des poêles, lorsqu'il s'agit d'obtenir un chauffage uniforme ; bien que cette matière puisse absorber la chaleur rapidement et en grande quantité, elle ne la cède jamais que lentement et graduellement. Les poêles mixtes, dans lesquels la boîte à feu est en fer et le reste en faïence, réunissent à un certain point de vue les avantages des poêles en fer et des poêles en faïence, parce que le foyer de fer rend plus rapide l'échauffement de l'appartement, et que le reste de l'appareil joue le rôle d'un véritable magasin pour la chaleur.

Suivant la matière avec laquelle les poêles sont construits, on distingue :

- a. Les poêles en fer,
- b. Les poêles en argile cuite,
- c. Les poêles mixtes.

Les poêles en fer sont généralement disposés de manière que la chaleur dégagée par le combustible se communique aussi rapidement que possible à l'air de l'appartement. Dans les poêles en argile cuite, l'échauffement n'est pas produit par des canaux ou la boîte à feu, mais par la chaleur qui, pendant la combustion, a été absorbée par l'argile, et même après l'extinction du feu cette chaleur est cédée lentement et uniformément à l'air de l'appartement. A quelques exceptions près, on se sert dans presque toute l'Allemagne des poêles en fer et des poêles mixtes, et en Russie et en Suède on emploie les poêles en argile cuite.

Poêles en fer. — Le mode de construction des poêles en fer est extrêmement varié. La forme la plus ancienne est certainement celle qui consiste en un cylindre de fonte creux semblable à un canon et qui est muni à sa partie supérieure d'un tuyau en tôle et inférieurement d'une porte pour l'introduction du combustible. Ces poêles ont en général un tuyau très-court qui débouche immédiatement dans la cheminée, et ils dépensent beaucoup de combustible. Pour modérer la consommation du combustible on emploie un long tuyau, mais qui alors a l'inconvénient non-seulement d'augmenter le prix de l'appareil, mais encore de durer très-peu de temps, parce qu'à l'intérieur du tuyau il se forme un liquide (qui est du vinaigre de bois avec le chauffage au bois, et de l'eau ammoniacale avec le chauffage

à la houille) qui détruit très-rapidement sa substance; dans le même but, on munit l'intérieur du poêle de plusieurs carneaux verticaux, dans lesquels les gaz de la combustion montent et descendent plusieurs fois, avant de se rendre dans la cheminée.

[Les poêles en fonte sont quelquefois entourés d'une chemise cylindrique en tôle plus ou moins ornementée; cette chemise repose sur le parquet, est fermée à sa partie supérieure par un couvercle et présente des ouvertures en haut et en bas. L'air, après avoir circulé dans l'espace annulaire compris entre la paroi du poêle et la chemise, sort réchauffé par les ouvertures inférieures de celle-ci; on donne à cet appareil le nom impropre de calorifère.]

Poêles en argile cuite. — Parmi ces poêles nous devons mentionner les *poêles russes* et les *poêles suédois*. Ils se composent d'une enveloppe extérieure faite avec des carreaux épais d'argile cuite, qui sont reliés ensemble à l'aide d'un mélange de la même argile non cuite et de plâtre. Dans cette enveloppe, dont les parois sont épaisses de 20 à 22 centimètres, se trouvent des canaux verticaux qui reçoivent les gaz de la combustion et dont le nombre s'élève à 4, 6 ou 12.

Un *poêle russe* est rectangulaire et il a six canaux pour la fumée. La figure 468 en montre le plan, la figure 469 une vue suivant la longueur, la figure 470 une vue de côté, et la figure 471 une section verticale. *a* est le foyer recouvert d'une voûte; de ce foyer la flamme s'élève dans le canal 1, elle descend dans le canal 2, elle monte dans 3, elle redescend dans 4, pour s'élever dans 5 et descendre ensuite dans 6, d'où elle se rend par le tuyau du poêle dans la cheminée. Chaque un de ces poêles a une cheminée séparée, qui est un tuyau de 18 à 30 centimètres de diamètre s'élevant jusque sur le toit aussi verticalement que possible; ces cheminées étroites (*cheminées russes*) sont d'un excellent usage, et

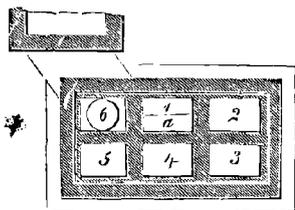


Fig. 468. — Poêle russe; plan.

depuis déjà longtemps on s'en sert aussi en Allemagne. Comme un poêle russe doit être un magasin de chaleur, il est nécessaire qu'on puisse le fermer hermétiquement, aussitôt que le feu est éteint; c'est à quoi l'on arrive au moyen d'un dispositif particulier. Au près du point de jonction du dernier canal et du tuyau de fumée se trouve fixée une plaque en fonte quadrangulaire (fig. 472, 473 et 474); cette plaque a dans son milieu une ouverture de 21 à 24 centimètres de diamètre, qui est munie de deux rebords, l'un vertical, l'autre horizontal; le premier a 5 centimètres et le second 2 seulement. Un couvercle en fonte *a* muni d'une poignée s'adapte sur l'ouverture, un deuxième couvercle plus grand *b* avec bord saillant s'adapte sur le rebord vertical de l'ouverture et ferme le tout. Pour mettre l'appareil en activité, on remplit le foyer avec des morceaux de bois courts, on allume le combustible, en laissant d'abord la porte ouverte, et on ferme ensuite celle-ci, de telle sorte que l'air pénètre par ses ouvertures. La combustion doit être aussi vive

que possible ; de cette façon la chaleur se communique très-rapidement à la masse du poêle, il ne se forme pas de fumée, et celle qui s'est produite au commencement, est brûlée par la haute température qui ne tarde pas à se développer. La surface externe de ces poêles est revêtue avec des plaques de porcelaine ou de faïence émaillée.

Le *poêle suédois* ne diffère du poêle russe que parce qu'il a ordinairement une forme cylindrique et qu'il s'élève presque jusqu'au plafond de

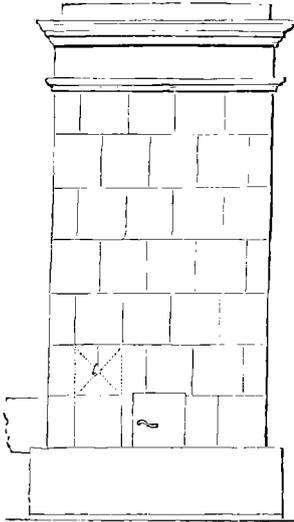


Fig. 469.

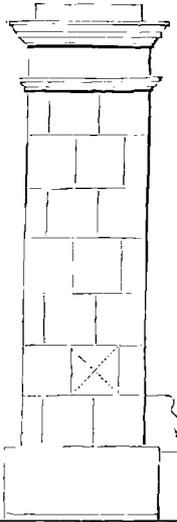


Fig. 470.

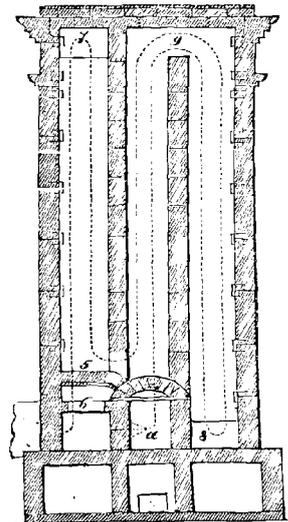


Fig. 471.

Poêle russe; vue suivant la longueur. Poêle russe; vue de côté. Poêle russe; coupe verticale.

l'appartement. La flamme s'élève dans le milieu du poêle, de là elle descend dans deux canaux, puis elle monte dans deux autres canaux, qui se réunissent au-dessus du canal moyen, et de là elle se rend dans la cheminée en passant à travers un tuyau, qui se trouve dans le couvercle du poêle. Le

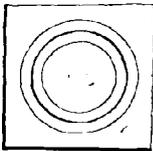


Fig. 472.



Fig. 473.

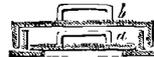


Fig. 474.

Pièces pour la fermeture du poêle russe.

tuyau peut être fermé au moyen d'un tiroir qui bouche l'orifice du couvercle. On se sert dans ce but d'un cordon qui glisse sur une poulie. Le combustible est introduit en une seule fois dans le foyer, et lorsqu'il est brûlé, on ferme exactement le registre de la porte du poêle, ainsi que celui du tuyau pour la fumée.

Poêles mixtes. — Parmi les *poêles mixtes*, celui de *Feilner* a acquis une certaine renommée; on peut le regarder comme une modification des poêles russes. La figure 475 montre une vue extérieure de ce poêle, les figures 476 et 477 des sections verticales, et la figure 478 une coupe horizontale au niveau de la ligne *cc* (fig. 476). Le foyer de ce poêle est une boîte de fer entourée d'un manteau en argile cuite; sa paroi supérieure est munie d'une ouverture ronde, dans laquelle est fixé un tube haut de 12 à 18 centimètres.

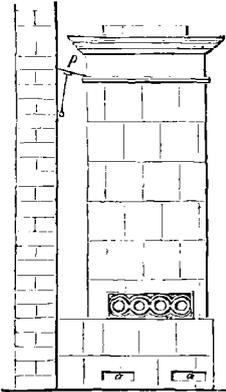


Fig. 475. — Poêle de Feilner; vue extérieure.

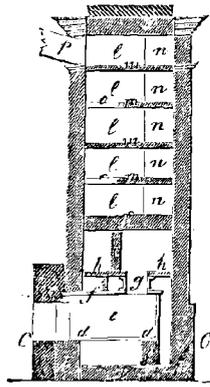


Fig. 476. — Poêle de Feilner; coupe verticale.

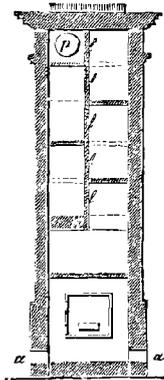


Fig. 477. — Poêle de Feilner; coupe vert.

Les produits de la combustion sont forcés de passer par certube, pour se rendre dans les carnaux. De même que dans les poêles russes, la combustion est ici très-complète, il ne se forme ni fumée

ni suie et une grande partie de la chaleur dégagée est transmise aux parois du poêle. Afin que l'action des carnaux soit aussi complète que possible, le poêle est divisé en deux parties par une cloison verticale, et sur cette cloison sont fixées des tablettes horizontales, de telle sorte que les gaz chauds provenant de la combustion se meuvent à travers les carnaux ainsi formés et sont toujours forcés

de passer d'une moitié du poêle dans l'autre, pour se rendre à la partie supérieure. Dans ce poêle, les gaz de la combustion parcourent un trajet de 9 à 20 mètres avant d'arriver dans le tuyau de fumée, et dans ce trajet une surface d'environ 53 pieds carrés leur est offerte par les parois extérieures du poêle, de telle sorte qu'il leur est facile d'abandonner toute leur chaleur. Le manteau qui entoure le foyer étant à une certaine distance de celui-ci, la chambre s'échauffe aussitôt que le feu est allumé. La partie inférieure du poêle est munie d'un dispositif jouant le rôle d'un appareil à air chaud; l'air froid pénètre inférieurement par deux orifices *aa* (fig. 477), et en montant sa température s'élève assez pour qu'il sorte chaud dans l'appar-

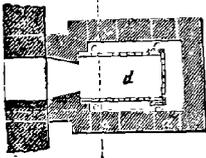


Fig. 478. — Poêle de Feilner; coupe horizontale.

tement, en traversant les orifices pratiqués dans la plaque, que l'on peut voir sur la figure 475. Si, lorsque la combustion est terminée, on interrompt à l'aide d'une soupape la communication entre les carneaux et la cheminée, la partie supérieure du poêle, qui est en faïence, acquiert une température telle, qu'il est inutile dans le même jour de chauffer une seconde fois. *bbb* est le fond du poêle, il est en maçonnerie; *cc* sont les supports destinés à recevoir la plaque de fonte *dd* formant le fond du foyer, *ee* sont les parois latérales de celui-ci, *f* est sa paroi supérieure et *g* le tuyau par lequel les gaz de la combustion pénètrent dans les carneaux. Le massif de briques, qui se trouve sur la paroi supérieure du foyer, supporte la plaque de tôle *hh*, dans laquelle est pratiquée une ouverture circulaire, qui a un diamètre tel que la tôle n'est pas touchée par le tuyau *g*. Sur cette plaque se trouve une couche de briques, reliée avec les parois du four, et disposée de telle sorte qu'elle soit à une certaine distance du bord du tuyau *g*, ce qui produit une excavation que l'on remplit avec du sable sec ou de la cendre. Cette disposition a pour but d'isoler la maçonnerie du fer, afin que la dilatation de celui-ci ne déränge pas les briques qui forment la masse du poêle. Le massif de briques *i* forme la cloison sur laquelle repose une autre cloison horizontale *k*; *ll* est la cloison, également en briques, qui, comme on l'a dit plus haut, partage le poêle en deux parties. Les briques reposent sur les cloisons horizontales *nn* et leur longueur est telle que chacune des ouvertures *nn* se trouve à environ 20 centimètres de la paroi latérale opposée; la fumée monte par les ouvertures *oo*; *pp* est le tuyau de fumée adapté au dernier carneau. D'après ce qui précède, dans le poêle de *Feilner* les produits de la combustion passent du foyer *e* par le tube *g*, ils touchent la cloison horizontale *k*, contournent la cloison *i*, passent par l'ouverture *o* dans le canal *n* et enfin dans le tuyau de fumée, qui conduit dans la cheminée.

[Les poêles à système, employés en France pour le chauffage des salles à manger, sont construits avec une enveloppe en briques ou en faïence vernissée et un foyer entouré de tuyaux en fonte, qui reçoivent par leur partie inférieure l'air amené de l'extérieur, le chauffent et le rejettent dans la salle par des bouches de chaleur placées sur les côtés d'un réservoir supérieur d'air chaud.]

Poêles de Wolpert et de Meidinger. — Les poêles de *Wolpert* et de *H. Meidinger* ont acquis depuis quelque temps une grande renommée. Le poêle de *Wolpert* se compose d'une boîte à feu ordinaire un peu large, au-dessus de laquelle s'élèvent un cylindre un peu conique, destiné à recevoir le combustible, et un certain nombre de tuyaux disposés autour du cylindre et par lesquels passe la flamme; supérieurement les tuyaux se réunissent dans un canal commun, sur lequel repose le conduit de fumée. Le poêle est construit dans cette forme simple ou bien entouré d'un manteau en fonte, et alors il donne moins de chaleur. Le poêle de *Meidinger* consiste en un cylindre en fonte peu élevé (1^m,50 au plus), composé de plusieurs pièces à nervures et entouré de deux manteaux ouverts en haut et en bas. La partie inférieure

du cylindre est munie simplement d'une porte qui est adaptée sur un ajustage, traversant un peu obliquement de haut en bas les manteaux; cette porte peut être poussée de façon à laisser une fente verticale pour l'entrée de l'air, afin de régler le tirage et la combustion. Il n'y a pas de grille. Le cylindre est fermé supérieurement par un couvercle mobile, que l'on enlève pour l'introduction du combustible (houille ou coke), que l'on allume par en haut. La combustion se propage de haut en bas. Si l'on chauffe avec du coke, on peut entretenir le feu le jour et la nuit. Les deux manteaux ont pour but d'empêcher le rayonnement; des intervalles compris entre les manteaux il ne sort supérieurement que de l'air chaud. Un pareil poêle peut être chauffé très-fortement sans qu'à côté on ressente beaucoup sa chaleur. Le poêle de *Meidinger*, de même que celui de *Wolpert*, lorsqu'il est entouré d'un manteau, peuvent très-bien servir pour la ventilation, si l'on ajoute un conduit d'air partant de l'extérieur et traversant l'intervalle compris entre le poêle et le manteau; ils peuvent aussi être employés pour chauffer une pièce voisine, dans laquelle on fait arriver l'air chaud sortant de la partie supérieure du poêle au moyen d'un tuyau adapté latéralement. Les poêles de *Meidinger* sont construits dans trois dimensions différentes; le manteau est en tôle cylindrique, simplement verni au graphite, émaillé en noir et bronzé, ou bien il est en fonte, octogonal et ornémenté de diverses manières. Au poêle de *Meidinger* est en outre adapté un tuyau particulier, qui porte le nom de tuyau de ventilation. La partie perpendiculaire du tuyau qui se prolonge par en bas est pourvue de trois fentes et est entourée d'un

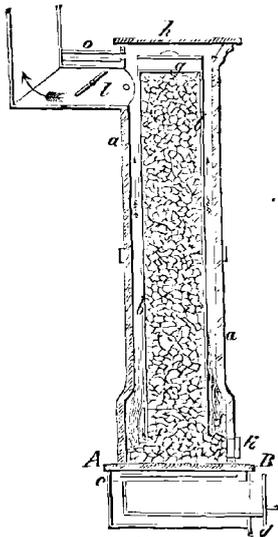


Fig. 479. — Poêle de Henschel; coupe verticale.

manchon disposé de la même façon. Lorsqu'on fait tourner ce dernier dans un certain sens, les fentes coïncident et alors l'air de l'appartement pénètre dans le tuyau, ce qui augmente le tirage. Ce dispositif sert donc pour régler la combustion et la ventilation, et il devrait remplacer la clef, dont tous les poêles sont ordinairement munis, et qui n'est pas sans offrir un certain danger.

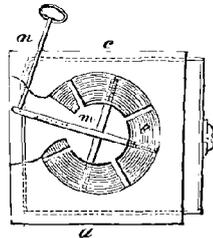


Fig. 480. — Poêle de Henschel; coupe horizontale.

Poêle de Henschel. — Le poêle de Henschel, disposé pour brûler du lignite, mérite aussi d'attirer l'attention. La figure 479 en donne une coupe verticale

et la figure 480 une section horizontale suivant la ligne AB. Ce poêle se compose de deux cylindres, l'un extérieur en fonte *a* et l'autre intérieur en tôle forte *b*. Le cylindre extérieur repose sur la boîte à cendre quadrangulaire *cd*, qui supérieurement est munie d'une grille *e*. Le cylindre de tôle ne descend pas jusqu'à la grille et il peut être fermé exactement à l'aide du couvercle *g*. Le cylindre extérieur est muni du couvercle *h*. Lorsqu'on veut se servir de l'appareil, on remplit le cylindre de tôle avec des morceaux de lignite; on ferme les deux cylindres avec leurs couvercles et par *k* on allume le lignite en *i*. La combustion ne peut, on le comprend, avoir lieu que sur la grille; il s'établit un courant d'air de bas en haut entre les deux cylindres, et ce courant s'échappe par le tuyau *l*. Le lignite qui se trouve dans le cylindre de tôle descend sur la grille à mesure que la combustion fait des progrès. La cendre, qui au bout de quelque temps s'est rassemblée sur la grille, et qui arrêterait la combustion, est éliminée au moyen de la croix mobile *m*, placée au-dessous de la grille; dans ce but, cette croix est munie de petites tiges qui passent à travers les barreaux de la grille, et de l'extérieur elle peut être facilement mise en mouvement au moyen de *n*. La fumée qui peut se trouver dans la partie supérieure du poêle sort par le tuyau *o*. Le poêle, une fois allumé, dure en général 48 heures.

[*Poêle de Martin*. — Le poêle calorifère de Martin (de Besançon), qui est aussi un appareil pouvant fonctionner pendant toute une journée sans qu'on ait à s'en occuper, offre certaines analogies avec le poêle de *Henschel*, mais il en diffère par les points suivants: il est pourvu d'une enveloppe cylindrique en tôle, qui descend jusqu'à la surface du sol et présente supérieurement de larges ouvertures ou bouches de chaleur garnies de toile métallique; cette enveloppe communique à sa partie inférieure avec un canal pratiqué dans le sol et qui se prolonge jusqu'à l'extérieur pour y puiser de l'air pur, dont on règle ou supprime l'afflux au moyen d'un registre; l'air ainsi amené du dehors s'élève entre l'enveloppe et le poêle et sort dans l'appartement par les bouches de chaleur, après s'être échauffé. Grâce à cette disposition, le poêle de *Martin* joue également le rôle d'appareil ventilateur. En outre, le cylindre intérieur s'évase à sa partie inférieure et descend moins bas que dans le poêle de *Henschel*; le combustible (houille ou coke) repose sur une grille à barreaux recourbée supérieurement.

Brasero de Mousseron. — *Mousseron*, de Paris, a construit dans ces derniers temps une sorte de poêle dans lequel la combustion est réglée de telle sorte que l'appareil n'a pas besoin de cheminée et peut, par suite, être installé et même transporté tout allumé partout où on le désire. Ce poêle, auquel l'inventeur a donné le nom de *brasero fumivore*, est représenté par les figures 481 et 482; il se compose essentiellement: 1° d'une grille; 2° d'un foyer pour le combustible (tourbe, charbon de bois, charbon de Paris, coke, etc.); 3° d'une tuyère ou cloche renversée s'appuyant par son orifice inférieur sur les rebords de la grille et percée d'une multitude de trous sur ses parois, ainsi que sur son dôme ou sommet; cette cloche détermine un tirage actif, et, en divisant l'air qui pénètre entre les barreaux de

la grille, elle fait que les menus filets d'air atteignent une très-haute température ; il en résulte une combustion très-vive, qui rend tout à fait impossible la formation de l'oxyde de carbone, le carbone du combustible se transformant tout entier en acide carbonique ; 4° d'un réservoir annulaire conte-

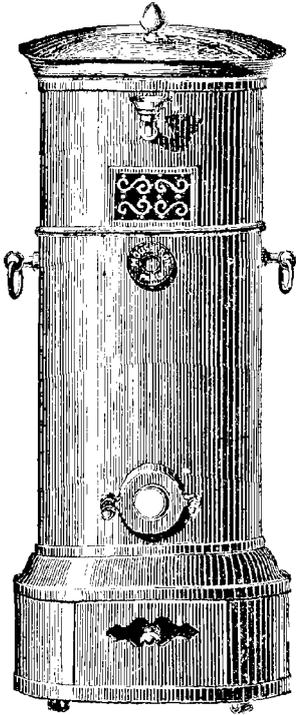


Fig. 481. — Brasero Mousseron.

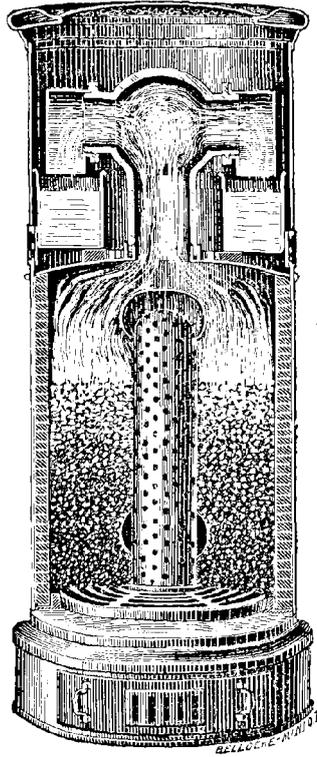


Fig. 482. — Brasero Mousseron ; coupe verticale.

nant de l'eau, adapté au-dessus du foyer et communiquant avec un entonnoir extérieur (fig. 481) permettant d'y verser le liquide sans déranger le couvercle et servant en même temps d'indicateur de niveau. En outre, le foyer est limité à sa partie supérieure par un diaphragme percé à son centre d'un orifice dans lequel s'adapte un conduit débouchant dans une sorte de boîte, dont le fond est muni à cet effet d'un orifice central ; le fond de cette boîte, qui est fermée supérieurement, est pourvu, indépendamment de son orifice central, d'une ouverture annulaire placée immédiatement au-dessus du réservoir à eau. Lorsque l'appareil est en activité, les gaz de la combustion, saturés d'eau par la vapeur qui se dégage du réservoir annulaire et essentiellement formés d'acide carbonique, sans mélange d'oxyde de carbone ou de gaz sulfurés, viennent frapper le fond de la boîte pour être ensuite

ramenés en contact avec la vapeur d'eau, dont ils seaturent encore davantage, et s'échappent finalement par les bouches de chaleur dont l'appareil est muni. Il résulte de là qu'il ne sort du brasero que de l'air très-chaud et absolument exempt d'oxyde de carbone, très-riche tout d'abord en acide carbonique, mais en acide carbonique dissous et liquéfié, en quelque sorte, dans l'excès de vapeur d'eau, qui se condense avec cette vapeur, comparable à des gouttes infiniment petites d'eau de Seltz, et qui, comme tel, ne peut, en aucune manière, nuire à la respiration.]

Chauffage par les calorifères. — [Les *calorifères* sont des appareils dans lesquels un foyer, avec une enveloppe et des surfaces de transmission, chauffe de l'air pris à l'extérieur pour l'envoyer dans une ou plusieurs salles plus ou moins éloignées; ils diffèrent donc des poêles en ce qu'ils ne sont pas, comme ceux-ci, placés dans l'intérieur des pièces que l'on veut chauffer. On a également donné le nom de calorifères aux poêles entourés d'un manteau; mais cette désignation ne convient pas pour les appareils dans lesquels l'air qui vient s'échauffer entre le manteau et le poêle est emprunté à l'appartement lui-même (voy. p. 896), elle peut au contraire être appliquée aux appareils qui, comme celui de *Martin* (voy. p. 901), chauffent l'air venant de l'extérieur, si, comme le fait *Péclet*, on considère comme un calorifère tout appareil qui puise au dehors l'air qu'il chauffe.]

Le dispositif imaginé par *R. Duvoir* consiste en un foyer placé au bas d'un cylindre en fonte, dans lequel la flamme et la fumée s'élèvent, puis redescendent de chaque côté dans deux séries de tuyaux en fonte superposés, pour remonter ensuite dans un cylindre en fonte qui les conduit dans la cheminée. Tout l'appareil est enveloppé dans un grand coffre en briques, par la partie inférieure duquel est amené l'air extérieur; celui-ci circule autour du foyer et des tuyaux de chauffage et vient se dégager supérieurement dans les conduits destinés à le distribuer dans les différentes pièces à chauffer. Dans une autre espèce de calorifère, plusieurs tuyaux cylindriques en fonte, superposés et communiquant ensemble sont établis dans un fourneau en briques. L'air froid, qui pénètre par la partie inférieure du système tubulaire, parcourt successivement tous les tuyaux et se rend après s'être échauffé dans les conduits métalliques destinés à porter la chaleur dans les appartements. On fait aussi quelquefois passer l'air extérieur à travers des tuyaux en Y renversé, entre les branches desquels se trouve le foyer; l'air chaud se rend par la branche supérieure dans une chambre, d'où partent les tubes de distribution. D'autres fois on construit à côté du foyer une chambre en maçonnerie contenant des tuyaux verticaux à travers lesquels on fait passer l'air extérieur; les produits de la combustion circulent autour de ces tuyaux, échauffent l'air que ceux-ci renferment et s'échappent par la cheminée; l'air chaud se réunit dans un espace libre laissé au-dessus des tuyaux et passe ensuite dans les conduits de distribution. Dans le calorifère construit par *Grouvelle*, le foyer recouvert d'une grande cloche en fonte jette directement la flamme dans un tuyau vertical en fonte, qui la distribue à deux rangées de tuyaux descendants en tôle, en bas desquels les deux séries de

tuyaux se réunissent en un seul pour remonter et se rendre dans la cheminée. Au moyen d'une cloison en briques le courant d'air frais est séparé en deux parties : l'une est dirigée sur la cloche et son tuyau montant et l'autre est versée directement sur les tuyaux de descente de fumée; les deux courants d'air se réunissent ensuite dans une chambre à air pour prendre une température uniforme et se rendre par les tuyaux de distribution dans les salles à chauffer.]

Parmi les dispositions usitées en Allemagne, les plus connues sont celles de *J.-H. Reinhardt*, de Wurtzbourg, de *J. Haag*, d'Augsbourg, de *F. Kaufmann* (autrefois *Boyer et C^e*), de Ludwigshafen sur le Rhin et de *Bacon et Perkins*, de Hambourg. Les calorifères de *Reinhardt* et *Sammet*, de Mannheim, sont également très-connus; ils sont placés dans la cave et ont une surface de chauffe si grande et la circulation de l'air y est si bien réglée que le combustible brûle complètement et que l'introduction de la fumée dans les canaux est rendue impossible. L'air est amené du côté extérieur de l'édifice, où il est le plus pur, et après qu'il s'est chauffé autour des calorifères, il pénètre par des canaux dans le local à échauffer. Des registres règlent l'entrée de l'air chaud de telle façon que l'on obtient une température uniforme, malgré les variations qui se produisent au dehors; des orifices spéciaux donnent issue à l'air vicié par la respiration, etc. Un dispositif parfaitement combiné avec le reste de l'appareil laisse tomber de l'eau goutte à goutte et fournit au courant d'air la quantité de vapeur d'eau qui est nécessaire pour que la respiration se fasse dans de bonnes conditions. Dans le système de *Boyer et C^e*, qui est déjà très-employé notamment en Bavière, par exemple à l'Université de Munich, dans la gare centrale de Wurtzbourg, etc., et qui produirait un effet utile égal à 15 pour 100, les tubes de chauffe sont en fonte au bois d'une épaisseur déterminée, et les appareils sont disposés de façon à ce qu'aucune de leurs parties n'est chauffée au rouge blanc, de telle sorte qu'ils n'exigent presque pas de réparations et que l'air n'est jamais vicié par les produits de la combustion. Afin que les tubes présentent, avec un faible diamètre, une surface de chauffe aussi grande que possible, on leur donne la forme elliptique; par chaque kilogramme de charbon brûlé par heure ils offrent une surface de chauffe égale à 2 mètres carrés $\frac{1}{2}$. Afin d'utiliser complètement la chaleur des produits de la combustion, on fait passer ceux-ci dans un système de tubes intérieurs et ils ne pénètrent dans le système extérieur que lorsqu'ils sont déjà beaucoup refroidis. La chaleur rayonnante du système tubulaire chauffé est ainsi recueillie complètement par le système extérieur et elle est abandonnée par celui-ci à l'air à chauffer, qui vient se mettre en contact avec lui. Le système extérieur est entouré d'une enveloppe en maçonnerie recouverte d'une couche de chaux lisse; cette enveloppe s'échauffe si peu qu'il ne se perd presque pas de chaleur par rayonnement. Les produits de la combustion sont tellement refroidis qu'ils se dégagent dans la cheminée avec une température à peine égale à 100°. La fumée, si le combustible n'est pas tout à fait mauvais, est presque complètement brûlée. Pour remédier à la sécheresse nuisible et désagréable

que l'on a si souvent et avec raison reprochée au chauffage par l'air ordinaire, de la vapeur d'eau est mélangée avec l'air échauffé, et dans ce but on vaporise par jour 1 litre 1/2 à 2 litres d'eau par chaque capacité de 100 mètres cubes à chauffer.

Comme l'air chaud, plus léger que l'air froid, cherche toujours à monter, et que ce dernier au contraire cherche constamment à descendre, il est nécessaire que l'appareil de chauffage soit placé au-dessous de tous les locaux à chauffer, et lorsqu'il s'agit de chauffer aussi les pièces qui se trouvent au rez-de-chaussée, il doit d'après cela être établi dans la cave. Pour la même raison les canaux pour la circulation de l'air chaud doivent monter aussi perpendiculairement que possible. Les orifices qui dans l'appartement donnent issue à l'air chaud (les bouches de chaleur) doivent être placés à une faible distance au-dessus du plancher; ils sont munis d'une grille qui laisse passer la chaleur, et d'un registre à l'aide duquel on peut les fermer complètement.

[Pour avoir une bonne distribution de la chaleur fournie par les calorifères, il faut que dans toutes les pièces à chauffer il y ait un moyen d'appel, c'est-à-dire un dispositif qui permette l'évacuation de l'air pour qu'il puisse être remplacé continuellement par de l'air chaud. Dans les pièces où il y a une cheminée, un appel peut être donné par la cheminée même en laissant la trappe qui la ferme légèrement ouverte; on peut aussi, au moyen d'une bouche grillagée, mettre la pièce à chauffer en communication avec une cage d'escalier contiguë; dans les salles à manger, les antichambres, etc., on établit près du plafond une bouche que l'on fait communiquer à l'aide d'un tuyau en tôle dans la cheminée de la cuisine; enfin, des vasistas aux carreaux les plus élevés d'une fenêtre assureront aussi, mais d'une manière moins efficace, le renouvellement de l'air.]

Le chauffage par les calorifères a, comme on l'a déjà dit, le grave inconvénient de dessécher l'air de l'appartement beaucoup plus fortement que le chauffage à l'aide des poêles; l'air des locaux chauffés de cette manière perd promptement le degré d'humidité qui est nécessaire à la santé de l'homme. Les moyens que l'on emploie ordinairement pour remédier à cet inconvénient sont les suivants: on place dans l'appartement un vase rempli d'eau, le mieux est de le mettre auprès du canal qui amène l'air ou dans le canal lui-même; l'air chaud en arrivant au contact de l'eau absorbe celle-ci. D'autres introduisent dans le canal une éponge pleine d'eau. *v. Pettenkofer* a montré que ces moyens étaient insuffisants. Le chauffage par les calorifères ne convient pas pour chauffer d'une manière continue pendant tout un hiver les appartements que l'on habite ordinairement. Vers le milieu de l'hiver, lorsque les murs ont déjà perdu une quantité d'eau plus grande que celle qui peut leur être restituée chaque jour par absorption dans l'atmosphère, on se plaindrait certainement de la grande sécheresse de l'air de l'appartement. Le chauffage par les calorifères est au contraire très-convenable pour les locaux que l'on chauffe rarement, ainsi que pour les théâtres, les salles

de concert, dans lesquels se trouvent un grand nombre de personnes, des lumières ou d'autres sources abondantes de vapeur d'eau.

Chauffage par des canaux. — Dans ce mode de chauffage on établit dans le sol du local à chauffer, des canaux dont l'une des extrémités est en rapport avec le foyer et dont l'autre communique avec la cheminée; de cette façon les produits chauds de la combustion sont obligés de passer à travers les canaux. Ceux-ci, disposés en ziz-zag dans le sol, dont la surface est recouverte avec des dalles de pierre ou des briques, sont arqués inférieurement ou en forme de rigole et construits en maçonnerie; ils sont en outre entourés de gravois. Le foyer se trouve à la cave ou dans une excavation faite exprès. La cheminée s'élève dans l'un des murs de l'édifice. On emploie encore cette méthode pour le chauffage des serres, mais elle n'est plus que rarement usitée à cause de la facilité avec laquelle elle peut donner lieu à des incendies.

Chauffage par l'eau bouillante. — Au lieu de chauffer l'air immédiatement, on se sert quelquefois d'un intermédiaire, notamment de l'eau, qui, à cause de sa grande chaleur spécifique, convient particulièrement pour cet usage. On nomme *chauffage par l'eau bouillante*, la méthode basée sur ce fait¹. Il faut pour cela établir, dans la pièce à chauffer, un vase rempli d'eau bouillante, et faire en sorte que la chaleur perdue par l'eau soit continuellement remplacée. On distingue le *chauffage à l'eau chaude* ordinaire ou *chauffage à basse pression*, dans lequel l'eau n'est jamais chauffée au-dessus de son point d'ébullition, et le *chauffage à l'eau bouillante* proprement dit ou *chauffage à haute pression*, dont il sera question plus loin.

Le chauffage à basse pression s'effectue : *a.* par circulation dans une chaudière fermée qui est chauffée; *b.* par circulation à l'aide d'un siphon dans un vase ouvert et chauffé.

a. Dans le chauffage à basse pression, d'après la *première* méthode, une grande chaudière pleine d'eau, qui peut être hermétiquement fermée, communique avec des tuyaux qui se rendent dans la pièce à chauffer et retournent ensuite vers la chaudière. Le principe de la circulation de l'eau est mis en évidence par la figure 485. L'eau est chauffée dans la chaudière A, *c* est le tuyau d'ascension, *d, f*, les tuyaux de chauffage qui reviennent vers la chaudière. On verse l'eau dans l'appareil par le tube à entonnoir *e*; ce tube donne en outre passage à l'air, qui se dégage de l'eau pendant le chauffage, ainsi qu'aux vapeurs aqueuses qui pourraient se former, si la chaudière était chauffée trop fortement. L'eau s'élève dans le tuyau *c*, et elle abandonne sa chaleur aux particules liquides qui se trouvent au-dessus

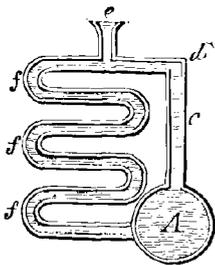


Fig. 485. — Chauffage par l'eau bouillante.

¹ 1 kilogr. d'eau à 100° dégage 80 calories, lorsqu'elle se refroidit à 20°, et ces 80 calories peuvent élever de 10° la température de 32 kilogr. ou 24 mètres cubes 610 d'air.

d'elle ; après s'être refroidie en traversant les tuyaux *ff*, elle revient dans la chaudière où elle s'échauffe de nouveau et elle remonte dans le tube *c*. Ce mouvement dure tant que les différentes parties de l'appareil n'offrent pas la même température ; mais il ne cessera jamais, si l'eau chaude qui monte se refroidit dans sa marche, si la température se maintient inégale dans le système tubulaire. Comme il se perd un peu d'eau, on est obligé d'en ajouter de temps en temps par l'orifice *e*, qui est fermé avec un bouchon. Les tuyaux pour la circulation de l'eau sont ordinairement en fonte. Par chaque capacité de 3 mètres cubes à chauffer, il faut une surface de chauffe égale à 1^m,80 — 2^m,70. La chaleur de l'appareil est transmise à l'air de l'appartement au moyen de poêles dits à eau chaude, qui sont ordinairement en forme de cylindres verticaux de 2 à 5 mètres de haut et de 30 à 70 centimètres de diamètre, et qui renferment, disposés parallèlement à leur axe, un certain nombre de tubes donnant accès à l'air. Le chauffage par l'eau chaude, qui est en usage dans un grand nombre d'édifices publics et de maisons particulières, est une méthode extrêmement commode. Il a sur tous les autres modes de chauffage de précieux avantages : il fournit une chaleur uniforme et facile à régler, il ne produit ni fumée, ni poussière, ni odeur, il est tout à fait exempt de dangers, on n'est obligé de faire du feu qu'une seule fois par jour et loin de la pièce à chauffer, la dépense qu'il exige n'est pas considérable et il permet d'établir facilement une ventilation suffisante.

b. Le deuxième procédé de chauffage à l'eau chaude à l'aide d'une chaudière ouverte, procédé basé sur le principe du siphon, est représenté par le *thermosiphon* de *Fowler*. Cette méthode, comparée à la première, offre l'inconvénient de laisser perdre par la chaudière ouverte une quantité considérable de chaleur ; en outre, il faut beaucoup de précautions pour éviter l'accumulation de l'air dans la partie supérieure du siphon, enfin la hauteur à laquelle les tubes peuvent être élevés est limitée par la pression atmosphérique.

Dans la méthode de *chauffage à haute pression* imaginée par *Perkins*, on emploie de l'eau dont la température s'élève à 150 ou 200°, et même à 500°, au contact immédiat du feu. L'appareil, dont on se sert dans ce procédé, est un tube sans fin, qui est partout fermé et rempli avec de l'eau. La chaudière devient inutile. La sixième partie du tube est enroulée en spirale et placée dans un fourneau. Les cinq autres sixièmes sont chauffés par circulation. Ces tubes sont en fer forgé, ils ont 3 centimètres de diamètre intérieur et ils doivent pouvoir supporter une pression de 1,500 kilogrammes par 10 centimètres carrés, ce dont on s'assure à l'aide d'une presse hydraulique. — Récemment on s'est servi, pour le chauffage, de l'eau *échauffée par la chaleur terrestre* ; l'eau chaude des puits artésiens est employée pour chauffer des serres, des fabriques, etc., et il en est de même de l'eau des sources thermales : ainsi, par exemple, l'église catholique de Baden-Baden est chauffée depuis 1867 au moyen des eaux thermales des environs de cette ville (ces eaux ont une température de 67° centigrades).

Chauffage à la vapeur. — Dans le *chauffage à l'aide de la vapeur d'eau*, qui est basé sur l'utilisation de la chaleur latente contenue dans la vapeur, les surfaces, qui doivent céder leur chaleur à l'espace à chauffer, sont chauffées par de la vapeur d'eau produite dans un générateur. 1 kilogr. de vapeur d'eau à 100° contient une quantité de chaleur suffisante pour élever 5 kilogr. 500 d'eau de 0° à 100°.

Un appareil de chauffage à la vapeur se compose d'un générateur, de tuyaux pour la circulation de la vapeur et de tubes qui ramènent l'eau condensée dans le générateur ou qui la conduisent en dehors de celui-ci. Le générateur est disposé exactement comme une chaudière à vapeur ordinaire. Les tuyaux où circule la vapeur sont en fonte; ils sont placés horizontalement et un peu inclinés, afin que l'eau condensée puisse s'écouler, ou bien verticalement. Si l'on doit chauffer plusieurs étages d'une maison, on fait monter jusqu'à l'étage supérieur un tuyau, sur lequel viennent s'embrancher des tubes de distribution pour les différents étages. Ces tubes sont munis à leur extrémité d'une soupape s'ouvrant de dedans en dehors, afin que l'air puisse être chassé par la vapeur; sans cette précaution, l'air, en s'accumulant aux extrémités des tubes, empêcherait la vapeur d'y arriver, et ces parties ne seraient pas chauffées. Aussitôt que la vapeur a cessé de se dégager dans le générateur, aussitôt par conséquent qu'il se produit un vide, par suite de la condensation des vapeurs, l'air doit pouvoir s'introduire par une soupape s'ouvrant en dedans. Cette méthode est surtout avantageuse dans les cas où il s'agit de chauffer des locaux à une grande distance d'un foyer et dans différentes directions, comme dans les fabriques avec de grandes salles de travail. Elle a sur le chauffage par l'air cet avantage que des conduites peuvent être établies sous le plancher et en outre toucher des objets de toutes sortes, sans que l'on ait à craindre des incendies. La vapeur peut être conduite facilement à une hauteur considérable, sans qu'il soit nécessaire d'augmenter la pression dans le générateur, ce qui n'a pas lieu avec le chauffage par l'eau bouillante. Dans les fabriques qui emploient des machines à haute pression, le chauffage à la vapeur est particulièrement avantageux, puisque dans ce cas il peut être effectué presque sans frais.

Combinaison du chauffage à la vapeur et du chauffage par l'eau. — Dans ces derniers temps on a eu l'idée de combiner le chauffage à la vapeur avec le chauffage par l'eau, ce qui permet de chauffer avec un seul foyer des vases à eau placés loin les uns des autres et que l'on ne peut pas faire communiquer directement. De cette manière il est possible de résoudre de la manière la plus satisfaisante un problème très-important pour la pyrotechnique, c'est-à-dire d'appliquer au chauffage, comme cela a lieu pour l'éclairage, le principe de l'association, et de pourvoir de chaleur, au moyen d'un chauffage central, un certain nombre d'habitations. A Paris, la prison de Mazas est chauffée d'après ce système.

Chauffage au gaz. — Depuis que l'éclairage au gaz de houille et au gaz au bois a acquis une si grande extension et que le prix du gaz d'éclairage va toujours en diminuant, on a eu l'idée de se servir du gaz pour le chauff-

fage. Le gaz était bien employé, il y a déjà longtemps, comme combustible dans quelques localités, mais cela n'avait lieu que dans les fabriques de l'Angleterre, qui l'obtenaient comme produit secondaire et en quantité plus grande que celle dont elles avaient besoin pour l'éclairage. Le chauffage au gaz passa peu à peu dans l'économie domestique, où il se distingue par son effet rapide et sûr, ainsi que par sa commodité et sa propreté.

La propriété que possède le gaz d'éclairage, de donner lieu à un dépôt de noir de fumée sur les corps froids qui le touchent, fut pendant longtemps un obstacle à son emploi pour le chauffage des ustensiles de cuisine ou de laboratoire, parce que les vases étaient salis par le dépôt de charbon, qui en outre diminuait beaucoup l'effet calorifique de la flamme. L'ingénieur *Elsner*, de Berlin, a fait disparaître cet inconvénient en mélangeant le gaz avec de l'air avant sa combustion. Cet air fournit au carbone la quantité d'oxygène qui lui est nécessaire pour brûler et le mélange gazeux brûle avec une flamme qui n'est pas éclairante, mais qui n'est plus fuligineuse¹. Les poêles à gaz pour le chauffage des appartements peuvent être construits de toutes grandeurs, ils sont mobiles et peuvent par suite être transportés partout. Il n'est pas besoin de la cheminée que nécessitent les autres poêles, et par laquelle se perd une grande partie de la chaleur. A l'aide de ces appareils, les appartements sont chauffés très-rapidement, ce qui rend ce mode de chauffage particulièrement convenable pour les édifices publics, comme les églises, qui doivent être chauffés rapidement, mais pendant peu de temps ; à Berlin on a essayé avec succès le chauffage au gaz dans plusieurs églises et dans plusieurs autres édifices publics. 150 litres de gaz sont en général suffisants, pour élever de 12° la température d'un espace de 50 mètres cubes ; en outre il suffit de brûler par heure 1/5 du mélange gazeux pour maintenir constante la température obtenue. En présence du prix élevé auquel le gaz est maintenant encore livré aux consommateurs, on ne doit pas craindre de voir le chauffage au gaz faire concurrence aux autres méthodes. Mais il est certain que l'on pourra dans l'avenir employer pour le chauffage des appartements les gaz de générateurs et le gaz à l'eau, et peut-être le pétrole, si les conditions locales sont favorables (voy. page 886). Dans l'industrie les gaz de générateurs sont déjà très-employés (voy. page 888).

Chauffage sans les combustibles ordinaires. — On sait depuis longtemps que la *chaleur latente* des corps (des anciens physiciens) qui peut être mise en liberté par le *frottement* ou par le *choc*, constitue une source calorifique inépuisable. Du moment que l'on peut créer à un prix assez bas une force mécanique équivalente à la chaleur produite, il est possible de se procurer de la chaleur en quantité illimitée par conversion du travail mécanique.

Un appareil, imaginé par *Beaumont* et *Mayer* pour produire de la chaleur

¹ *Karl Knapp* (Journ. f. pract. Chemie, 1870, t. I, p. 428) a cependant montré que la combustion plus complète n'est pas la seule cause qui empêche d'être éclairante une flamme de gaz dans l'intérieur de laquelle arrive de l'air. La cause essentielle doit être cherchée dans la dilution qu'entraîne le mélange de l'air avec le gaz.

par le frottement, a dans ces derniers temps attiré de nouveau l'attention sur ce point. Cet appareil a en outre pour but d'utiliser les forces perdues, comme les chutes d'eau non utilisées, le vent, etc. ; par le frottement d'un axe de bois conique dans une pièce métallique munie d'une cavité également conique, il produit de la vapeur à l'intérieur d'un générateur en partie rempli d'eau. D'après le principe de la conservation de la force, il est évident que la vapeur fournie par cet appareil ne peut jamais être utilisée comme force motrice, parce qu'on a besoin d'une force de ce genre pour mettre l'appareil en mouvement, et par suite la force produite par l'appareil lui-même doit être nécessairement plus faible que la force primitive¹. Un autre appareil, également disposé pour dégager de la chaleur sans employer des combustibles, a été proposé par *Arzbecher*. Pour mettre en mouvement la pompe destinée à produire la *compression de l'air*, qui dans cet appareil engendre la chaleur, on peut employer une force mécanique quelconque, ce qui permet d'obtenir avec cette force un effet utile secondaire. Mais il ne faut pas oublier que la chaleur produite n'est aussi dans ce cas qu'une force (c'est-à-dire du travail) transformée. (Comme à une calorie correspond un équivalent mécanique de 424 kilog., une force d'un cheval devrait être mise en activité pendant 40 heures pour produire un effet correspondant à 1 kilogr. de houille.) La chaleur qui se développe pendant la *fermentation du fumier* est employée pour le chauffage des serres ; entre les doubles parois de celles-ci on place jusqu'à une hauteur de 2 mètres environ du fumier mélangé avec des feuilles mortes, etc. ; à la partie inférieure de la masse on établit, dans une position un peu inclinée, un certain nombre de tuyaux de tôle ouverts aux deux bouts. Ces tubes s'échauffent et l'air qui y circule sort chaud à une de leurs extrémités.

b. CHAUFFAGE DES CHAUDIÈRES. — FUMIVORITÉ.

Généralités. — Les chaudières sont presque toujours chauffées dans des fourneaux en maçonnerie, dans la construction desquels l'économie du combustible est le principal objet que l'on doit avoir en vue. Comme dans le chauffage des chaudières il est nécessaire d'obtenir une forte chaleur, une *grille* et un *centrier* sont absolument indispensables, parce que, sans cela, la combustion ne peut pas avoir lieu complètement. La *grille* se compose de barres de fer ou de fonte parallèles, dont la force dépend de la longueur et qui sont distancées suivant le volume des fragments du combustible qui doit être brûlé sur la grille, les espaces libres ne devant laisser passer que la cendre. L'expérience a appris que la somme des espaces qui séparent les barreaux d'une grille doit être égale seulement au quart de la surface totale de celle-ci. Les grandes grilles ont sur les petites l'avantage de laisser passer

¹ Le général *Morin* a montré par des expériences qu'il est nécessaire de développer une force de 21 chevaux pour obtenir avec l'appareil précédent la vapeur correspondant à une force d'un cheval.

une plus grande quantité d'air à travers le combustible ; elles ne s'obstruent pas aussi facilement, et l'on n'a pas besoin de renouveler aussi souvent le combustible, ce qui produit une économie de travail ; la grille tout entière doit toujours être recouverte de combustible. Mais les petites grilles offrent certains avantages pour des usages spéciaux ; la combustion y est plus vive et plus complète, et la quantité d'air soustraite à la combustion est beaucoup plus faible dans les petites grilles que dans les grandes. Lorsqu'on emploie du bois, la surface de la grille peut être au moins deux fois plus petite que lorsqu'on se sert de houille, parce que avec le premier combustible les intervalles laissés par les barreaux ne s'obstruent pas. D'après *Ed. Köchlin*, une grille destinée à brûler 550 kilogr. de vieux bois de chêne en une heure doit avoir 1 mètre carré de surface, l'espace total laissé entre les barreaux étant égal à $\frac{1}{4}$ de mètre carré. Les grilles pour le chauffage au bois sont ordinairement 4 fois plus petites que celles qui servent pour la houille.

La *boîte à feu* (ou le *foyer*), qui se trouve entre la grille et la chaudière, doit être suffisamment grande pour pouvoir recevoir le combustible et pour permettre à la flamme de se développer convenablement et complètement. Le combustible doit y être introduit en quantité suffisante ; s'il y en a trop peu, une grande partie de l'air qui arrive sur le combustible ne sert pas à la combustion ; en outre, si l'on est obligé de renouveler souvent le combustible, l'air froid qui s'introduit par la porte du foyer abaisse la température au-dessous de la chaudière, la combustion devient incomplète et il se forme de la fumée, ce qui entraîne une perte considérable de combustible. Si, au contraire, ce dernier est ajouté en quantité trop grande, le passage de l'air devient difficile et la combustion ne peut avoir lieu que lentement et incomplètement. Si le foyer est trop bas, la flamme est écrasée, la combustion est incomplète et il se forme beaucoup de fumée ; s'il est trop élevé, la chaleur rayonnante agit seule sur la chaudière, et par suite il se perd beaucoup de chaleur. La *porte du foyer* doit être assez large pour que l'on puisse apercevoir facilement la grille, et assez haute pour que le combustible puisse être introduit sans difficulté. Elle doit fermer exactement le foyer, parce que l'air, en pénétrant par les fentes et les joints, abaisserait la température et produirait de la fumée, ce qui donnerait lieu à une perte continuelle de chaleur.

Foyers fumivores. — Nous n'entrerons pas dans de plus longs détails relativement au chauffage ordinaire des chaudières, dont la description appartient plutôt à l'histoire des machines à vapeur, et nous nous occuperons des *foyers fumivores*. Les foyers fumivores ont pour but d'éviter les inconvenients de la fumée, qui peut être extrêmement gênante pour le voisinage des grandes usines, et, en outre, d'économiser le combustible ¹ et d'augmen-

¹ Des expériences exécutées en Angleterre montrent que 1000 kilogr. (une tonne) de houille, en brûlant dans un foyer ordinaire, donnent 11^h,500 de noir de fumée, qui a un pouvoir calorifique égal aux $\frac{4}{5}$ de celui du charbon. La perte en effet calorifique, résultant du charbon entraîné, s'élève par conséquent à $\frac{1}{112}$ ou à près de 1 pour 100.

ter l'effet calorifique (car ces appareils ont aussi l'avantage d'empêcher la suie de se déposer sur les surfaces chauffées, qui alors conservent plus longtemps leur aptitude à transmettre la chaleur); la construction des dispositifs destinés à supprimer la fumée a depuis longtemps déjà attiré l'attention des industriels, sans que les résultats obtenus jusqu'à ce jour puissent être regardés comme tout à fait satisfaisants. Si sur un feu de houille en pleine combustion on jette du charbon frais, il se dégage immédiatement des gaz et des vapeurs combustibles riches en carbone (benzine, toluène, phénol, anthracène, naphthaline, paraffine, etc.), dont la quantité est telle que l'oxygène de l'air qui se trouve dans le foyer est le plus ordinairement insuffisant pour les brûler complètement. Les parois relativement froides de la chaudière et le courant d'air froid qui s'introduit pendant le chargement refroidissent les produits de la combustion, et il n'y a que l'hydrogène de ces combinaisons qui brûle en partie, tandis que le carbone se sépare sous forme de noir de fumée et n'est pas brûlé. Les différents dispositifs, qui ont pour but de supprimer la fumée, reposent sur des principes différents; ainsi, par exemple : *a.* On injecte un courant d'air froid ou chaud sur la flamme au moyen d'un canal particulier, qui s'ouvre immédiatement en arrière de la grille; *b.* Deux foyers adjacents, qui sont alimentés à tour de rôle avec du charbon frais, sont disposés de manière que la fumée de l'un vienne se mettre en contact intime avec le feu en pleine ignition de l'autre foyer et se brûle dans celui-ci; *c.* Le charbon frais est jeté sur la partie antérieure de la grille, afin que la fumée puisse passer sur le feu qui se trouve en pleine ignition sur la partie postérieure; *d.* L'introduction du charbon frais est effectuée à l'aide d'un dispositif qui, au lieu d'alimenter périodiquement le foyer avec une grande quantité de combustible, projette sur le feu en pleine ignition, par petites portions et d'une manière continue, le charbon réduit en fragments; *e.* Afin d'amener dans le foyer en quantité suffisante l'air dont l'oxygène rend possible la combustion complète, c'est-à-dire pour produire un tirage suffisant, on avait jusqu'à présent l'habitude d'employer des cheminées très-élevées, car la différence que présentent les poids spécifiques de l'air extérieur et de l'air contenu dans une cheminée est d'autant plus grande que celle-ci est plus haute; mais la disparition de cette différence, sous l'influence du tirage, est aussi plus rapide et la construction de la cheminée est plus dispendieuse; plus le tirage ainsi produit est fort, plus aussi il se perd de chaleur; comme ce sont les différences de température qui sont la cause du courant d'air, *L. Gall* a cherché à remplir cette condition en maintenant élevée et constante la température du lieu de la combustion. Malheureusement, les inconvénients qu'entraîne la présence du soufre dans la houille ne sont point détruits par les meilleurs dispositifs, et même plus la combustion est complète, plus le soufre se transforme facilement en acide sulfureux¹.

¹ *Angus Smith* a décrit, dans l'*Alkali Act* de 1873, les graves inconvénients de la présence du soufre dans les houilles lorsqu'on les emploie comme combustibles. Il montre qu'à Manchester l'acide sulfureux rend impossible toute végétation.

Parmi les dispositifs imaginés pour détruire la fumée ou pour empêcher sa formation, ou enfin pour éliminer mécaniquement (par exemple, par lavage) la fumée produite, nous mentionnerons les suivants.

1. Élimination mécanique de la fumée par lavage des produits de la combustion. — En Angleterre, notamment dans les fabriques de produits chimiques de Newcastle, on se sert de dispositifs qui ont pour but de laver la fumée au sortir du foyer et avant sa pénétration dans la cheminée. Tous les foyers d'une fabrique sont mis en communication avec une seule cheminée à l'aide d'un large canal en maçonnerie.

Ce canal offre une série de coudes verticaux, de sorte que le courant gazeux, qui est mélangé avec la fumée, est obligé, avant de se rendre dans la cheminée, de monter et de descendre à plusieurs reprises, comme s'il passait à travers une série de siphons. Chaque branche descendante du conduit est fermée à sa partie supérieure par un bassin dont le fond en métal est muni de petits trous comme une pomme d'arrosoir. Par ces trous, de l'eau tombe sous forme de pluie au milieu de la fumée; la chute de ce liquide n'entrave pas le tirage, mais le favorise, parce qu'elle a lieu dans la direction suivant laquelle se meut le courant gazeux. Toutes les particules entraînées par ce dernier sont séparées par le lavage répété, et elles restent sur l'eau de la sole du canal sous forme de suie, que l'on a soin d'enlever de temps en temps. *Jean*, de Paris, a appliqué d'une manière un peu différente le principe du lavage de la fumée. Dans le système de *Jean*, la fumée et les gaz sont amenés dans un canal souterrain, qui conduit à la cheminée, et dont la sole est recouverte d'une couche d'eau haute de quelques centimètres. Ce conduit porte le nom de canal hydraulique. La vapeur qui se dégage du générateur est dirigée dans ce canal, où elle est en partie condensée au moyen d'un courant d'eau froide qui est injectée sous forme de pluie dans une direction opposée à celle de la vapeur. Un peu plus loin, dans le canal, se trouve un agitateur ayant la forme d'une roue à aube, dont les aubes touchent la surface de l'eau sans plonger dans le liquide; le bord libre des aubes porte des espèces de brosses qui touchent l'eau, absorbent celle-ci, la soulèvent et la lancent sous forme de fines gouttelettes. L'eau contenue dans le canal hydraulique s'échauffe et elle sert, après avoir été filtrée, pour l'alimentation de la chaudière.

Pour les installations fumivores de ce genre, on semble s'être inspiré des dispositifs autrefois en usage dans certaines usines à plomb, dans le but de retrouver, par le lavage de la fumée des fours, la partie du métal entraînée par la volatilisation. Le lavage de la fumée est à la fois très-complicqué et peu rationnel; s'il enlève à peu près les particules visibles du charbon, il ne retient que très-imparfaitement les parties odorantes et invisibles; il ne réalise aucune économie de combustible; en outre, le refroidissement des gaz diminue beaucoup le tirage de la cheminée, et l'on n'obtient, au prix d'une installation coûteuse et d'une grande dépense de force, qu'un résultat à peu près insignifiant. L'emploi des grilles perfectionnées est beaucoup plus avantageux.

2. **Grilles perfectionnées.** — Les *grilles perfectionnées* peuvent être partagées en grilles fixes et en grilles mobiles. Parmi les grilles *fixes*, nous mentionnerons la *grille à gradins* et la *grille à étages*.

Grille à gradins. — La grille à gradins, qui a été employée pour la première fois dans des usines autrichiennes par des industriels français, et, paraît-il, sur les indications d'un ingénieur polonais, se compose de barreaux de fer disposés en gradins, entre lesquels on peut passer le ringard par le cendrier. Sous l'influence de la chaleur développée sur les gradins inférieurs le charbon est, en quelque sorte, transformé en coke sur les gradins supérieurs, et ce n'est qu'après avoir perdu une portion de ses gaz qu'il tombe sur la partie inférieure de la grille, pour être remplacé dans la partie qu'il vient de quitter par du combustible frais. Avec cette grille il ne pénètre pas seulement de l'air entre les barreaux, il en arrive aussi par les intervalles qui séparent les gradins, ce qui favorise dans une certaine mesure l'inflammation des substances volatiles. Les houilles collantes ne conviennent pas pour les grilles à gradins, ainsi que celles qui forment beaucoup de scories, mais elles sont spécialement propres pour brûler les menus de houille, les déchets de tourbe, la tannée, la sciure de bois, etc. A la place des barreaux de fer, *Longridge* et *Mash* (1866) emploient des blocs ou des plaques d'argile réfractaire, dont l'épaisseur est traversée de trous cannelés, ou dont la surface est disposée de telle sorte qu'en superposant plusieurs de ces blocs on obtient des canaux par lesquels l'air est amené sur le combustible.

Grille à étages. — La *grille à étages*, imaginée par *E. Lang* (1866), diffère en plusieurs points essentiels du type précédent. Elle se distingue de tous les dispositifs en usage, parce qu'ici le combustible frais n'est pas chargé, comme dans les grilles horizontales, sur la couche de charbon en combustion, mais *au-dessous* de celle-ci. Dans ce but, la grille, qui est inclinée sous un angle d'environ 20°, est divisée en plusieurs étages, de manière que, entre chaque étage, il y ait sur toute la largeur un espace libre d'environ 12 centimètres de hauteur, espace par lequel le charbon frais est poussé sur la grille. De cette façon, la distillation des gaz s'effectue à la partie inférieure de la couche de combustible sans interruption, et au milieu d'un courant d'air continu, et ce mélange de gaz et d'air est forcé de traverser la couche de charbon qui se trouve au-dessus et dans laquelle il rencontre la température nécessaire pour sa combustion complète. Les conditions exigées pour une combustion avec le moins de fumée possible sont ainsi réalisées d'une manière simple et sans le secours d'aucune disposition mécanique. Comme il ne se trouve immédiatement sur la grille que du charbon frais, celle-ci se maintient froide et elle est préservée contre l'action du feu.

Les *grilles mobiles* reposent dans ce qu'elles ont d'essentiel sur l'idée d'alimenter le feu à l'aide de dispositions mécaniques. Les plus répandues sont la *grille à chaînette* et la *grille rotative*.

Grille à chaînette. — La *grille à chaînette* de *Juckes* (nommée en France grille de *Tailfer* ou *Taillefer*) a été beaucoup plus employée que les précédentes dans la pratique, bien que sa construction soit compliquée et coûteuse.

qui a lieu à la périphérie de la plaque exige une grande dépense de force.

3. **Alimentation perfectionnée de la grille.** — Parmi les nombreux dispositifs proposés dans ce but nous indiquerons quelques-uns des meilleurs.

L'appareil imaginé par *Collier*, en 1825, offre la disposition suivante. Le charbon contenu dans une trémie tombe continuellement entre deux cylindres horizontaux dont la surface est munie de pointes. De là, le combustible divisé arrive sur deux projecteurs circulaires placés l'un à côté de l'autre dans le même plan horizontal et qui se meuvent et agissent en sens contraire. Chaque projecteur est muni de six palettes trapézoïdes et exécute 200 tours par minute. Le foyer a une grille fixe. Pour mettre le mécanisme en mouvement, il faut une force égale à 1/2 cheval. Le dispositif de *Stanley*, qui remplit assez bien le but que s'est proposé l'inventeur, est analogue au précédent et il est très-employé pour le chauffage des chaudières à vapeur. Devant la porte de chauffe se trouve une trémie *a* (fig. 485), dans laquelle deux cylindres mu-

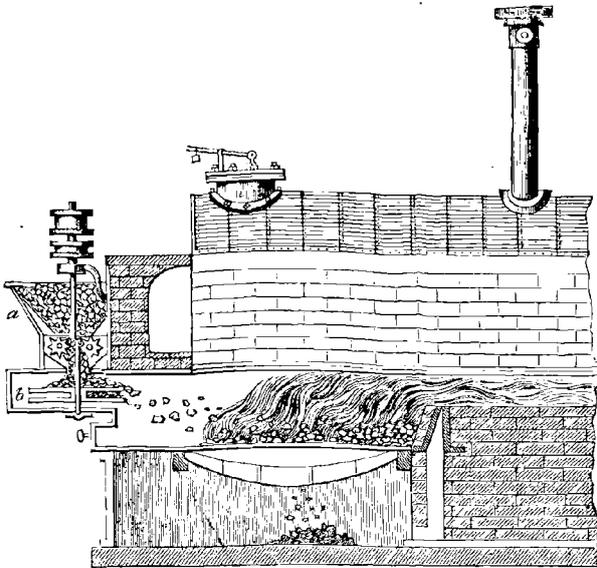


Fig. 485. — Appareil de Stanley.

nis de dents pointues divisent le charbon et le poussent vers le distributeur *b*. Celui-ci, animé d'un mouvement de rotation rapide, distribue uniformément le combustible sur la grille. Cet appareil n'est pas exempt de défauts, car le chauffeur n'est pas maître de modérer ou d'activer le feu ; il est cependant supérieur, comme appareil fumivore, à beaucoup d'autres dispositifs ; mais il se prête assez mal à des variations dans la production de la vapeur, car il faut alors modifier chaque fois la vitesse de rotation des différents organes.

Foyers à flamme renversée. — A cette catégorie appartiennent aussi les foyers à flamme renversée imaginés par *Wedgwood* pour le chauffage des

fours à porcelaine. Dans ces foyers le courant d'air ne traverse pas la grille de bas en haut, mais de haut en bas. La grille est généralement fortement inclinée en bas et en avant, la porte du foyer a de grandes dimensions, elle reste toujours ouverte, tandis que celle du cendrier doit être fermée. La flamme passe par conséquent à travers la grille et prend ensuite une autre direction. Par cette disposition on réalise donc toutes les conditions exigées pour une combustion complète, car, bien que le combustible frais soit chargé par en haut, il l'est cependant par en bas relativement à la direction du courant gazeux, puisque le charbon ajouté est traversé par le courant d'air pur plus tôt que par le charbon en combustion; les gaz se dégagent de ce dernier sous l'influence de la chaleur rayonnante de la couche incandescente et, après s'être mélangés avec de l'air, ils arrivent dans le feu qu'ils doivent traverser dans toute son épaisseur et où ils s'enflamment. Ce mode de chauffage ne développe pas du tout de fumée, mais il n'est pas complètement exempt de défauts. D'abord l'effet de la chaleur rayonnante du foyer est presque entièrement perdu, parce que la surface incandescente du combustible est tournée par en bas; ensuite il est assez difficile d'avoir des grilles offrant au feu une résistance suffisante, car celles-ci sont continuellement en contact avec la flamme et par suite exposées à l'action destructive du feu. Enfin, la cendre entraînée suit la même direction que la flamme et s'accumule en grande quantité dans les carreaux, qui s'obstruent promptement. Quoiqu'il en soit, les foyers à flamme renversée sont d'un excellent usage, toutes les fois que l'on désire avoir une combustion complètement exempte de fumée, mais ils ne sont pas économiques. Ils ne peuvent en général être employés que pour le bois, cependant dans ces derniers temps on en a aussi construit pour la tourbe et pour la houille.

Grille à secousses de Vogl. — Sous ce dernier point de vue, la *grille à secousses de Vogl* mérite aussi d'être mentionnée : c'est une grille à barreaux avec une inclinaison d'environ 55°, qui est alimentée au moyen d'une trémie et disposée de manière que l'on puisse imprimer des secousses à chacun des barreaux au moyen d'un arbre à cames.

Grille de Boquillon. — Dans la *grille de Boquillon*, qui a été appliquée au chauffage des appartements, le combustible frais se rend au moyen d'un dispositif particulier au-dessous de la couche incandescente. L'appareil a la forme d'un cylindre creux, dont la surface est constituée par des barreaux, fixés à leurs extrémités dans des cornières courbes à charnière, de manière à rendre la paroi mobile par parties. Dans ces conditions chaque quart de la grille forme une espèce de couvercle. Le cylindre est mobile autour de son axe et repose sur un bâti en fonte. Pour faire un chargement, on ouvre le couvercle placé à la partie supérieure et on le referme, après avoir introduit le charbon. En faisant faire au cylindre un quart de révolution, l'ordre de superposition des couches se trouve interverti et le charbon incandescent arrive à la partie supérieure. Les gaz dégagés par le combustible frais sont donc forcés de traverser la couche en pleine ignition et de s'y brûler. Avec cet appareil la fumée est complètement brûlée, mais le chargement

est si compliqué que le dispositif de *Boquillon* sera difficilement adopté.

Appareils de Cutler et de George. — On a souvent cherché à alimenter le feu suivant une direction ascendante, comme cela a lieu, par exemple, dans le dispositif de *Cutler*, perfectionné en 1854 par *Arnott*. Dans les deux cas le fond d'une boîte en tôle remplie de charbon est soulevé à l'aide d'une chaîne ou d'une crémaillère. Lorsque le combustible est brûlé, le fond de la boîte est rétabli dans sa position première et l'appareil est de nouveau rempli de charbon, ce que l'on doit faire deux fois en 24 heures. Dans l'appareil de *George* le combustible est élevé au moyen d'une vis sans fin sur une grille circulaire ayant presque la forme d'un entonnoir.

Grille de Fletscher. — Depuis quelque temps (1875), on emploie beaucoup la grille américaine de *A. C. Fletscher* (fig. 486), qui, grâce à sa construction particulière, permet la libre circulation de l'air entre tous les barreaux ; de cette façon la combustion du charbon est plus complète et, avec une économie de charbon réelle, pouvant aller jusqu'à 20 pour 100, la production de vapeur est par suite beaucoup plus rapide qu'avec les autres dispositifs employés jusqu'ici. Le refroidissement continu de la surface de la grille empêche l'adhérence des scories et conserve les barreaux, qui ne se déforment pas, ne se dilatent que très-peu et peuvent être nettoyés avec facilité.

[*Grille cloisonnée de Mousseron.* — La grille imaginée récemment par *Mousseron* (fig. 487) est formée de barreaux parallèles évidés en dessous et

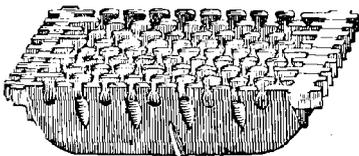


Fig. 486. — Grille de Fletscher.

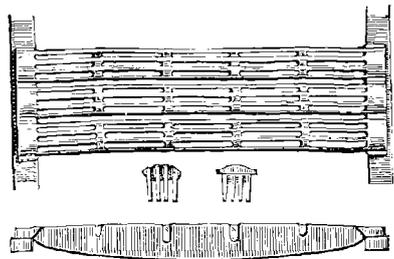


Fig. 487. — Grille cloisonnée de Mousseron.

rendus plus légers par un cloisonnement transversal, chacun de ces barreaux présentant une surface convexe du côté qui porte le combustible. Grâce à l'ondulation produite par l'assemblage de barreaux ainsi disposés, l'air pénètre plus facilement à travers les premières couches de charbon, celui-ci se trouvant comme suspendu au-dessus de la grille ; la combustion est alors complète et, par suite, il se produit moins de fumée ; les cendres s'écoulant au fur et à mesure de leur formation n'obstruent jamais la grille, et celle-ci n'a pas besoin d'être nettoyée. On réalise donc avec ce dispositif une grande économie de combustible, et, comme les barreaux ne se déforment ou ne s'altèrent que très-peu, la grille cloisonnée ne se détériore que lentement.]

4. Fumivorité à l'aide de chargements méthodiques. — Parmi les

appareils dans lesquels la formation de la fumée est empêchée à l'aide de *chargements méthodiques*, le foyer construit par *Duméry*, en 1855, doit être cité en première ligne. Il se distingue des dispositifs de *Cutler* et de *George* en ce que le combustible n'arrive pas à la partie inférieure, mais par les deux côtés de la grille, sous le coke porté au rouge. Dans ce but, les barreaux de la grille, au lieu d'être disposés suivant un plan, forment une surface courbe, inclinée vers les deux côtés et présentant au milieu une saillie en dos d'âne; à l'aide d'une force motrice extérieure, le combustible est poussé vers la grille de façon qu'il arrive d'abord sur le barreau le plus bas et ensuite sur la surface convexe. Lorsque la grille est couverte de feu, le charbon ainsi poussé se glisse entre les barreaux et la masse en ignition, et par suite le feu est alimenté par-dessous. Le principe sur lequel repose la grille de *Duméry* avait du reste déjà été appliqué par *Watt*, dans un brevet de 1785, relatif à un dispositif de *grille inclinée*.

Tenbrinck place aussi la grille dans une position inclinée, de façon que le charbon glisse presque par son propre poids. En général, les grilles inclinées offrent cet avantage que leur partie inférieure est toujours recouverte de charbon incandescent transformé en coke, à travers lequel l'air frais pénètre dans le foyer. Cet air, par son contact avec le feu, acquiert une température suffisamment élevée pour produire la combustion des hydrocarbures volatils, qui sans cela ne seraient pas brûlés dans la partie supérieure de la grille. Dans le foyer de *Corbin* la grille n'est pas inclinée, mais elle est divisée en deux parties séparées par une plaque pleine en terre réfractaire.

C'est *Fairbairn* qui le premier a réussi, en 1837, avec sa *grille double*, à brûler la fumée en l'enflammant à l'aide du feu lui-même. Dans ce dispositif le foyer a deux grilles et deux portes. Les grilles sont séparées par une cloison en briques réfractaires, qui s'élève perpendiculairement dans la boîte à feu, mais derrière cette cloison les courants gazeux des deux foyers se réunissent. Les grilles sont chargées alternativement, de manière que le combustible de l'une soit toujours en pleine ignition, lorsque l'autre a besoin de recevoir du charbon frais. Au delà de la cloison la fumée de l'un des foyers se mêle avec la flamme de l'autre et est brûlée par celle-ci. Mais la combustion ne peut être qu'imparfaite et il est possible qu'elle ne soit complète qu'après de la cloison où la flamme et la fumée se touchent. Avec les grilles doubles, la destruction de la fumée n'a donc lieu qu'incomplètement. Il semble plus rationnel de disposer les grilles l'une derrière l'autre, car alors la fumée passe sur la flamme du feu en pleine ignition qui se trouve sur la grille postérieure, que l'on alimente avec un combustible ne donnant pas de fumée (anthracite, coke). *De Buzonnière* préfère faire passer la fumée d'un foyer au-dessous et à travers le combustible incandescent d'un autre foyer adjacent.

Le foyer de *Fairbairn* et les dispositifs analogues reposent sur des principes erronés; les inventeurs veulent enflammer les gaz qui s'échappent d'un feu fraîchement chargé à l'aide d'un autre feu en pleine ignition, et il ne se dégage de ce dernier que des gaz, qui sont impropres à l'entretien de la

combustion. Le feu fraîchement alimenté abandonne une grande quantité de gaz et de vapeurs combustibles, mais où est l'oxygène nécessaire pour leur combustion ? Le foyer de *Guidde*, qui peut être considéré comme une modification du dispositif de *Fairbairn*, fait disparaître à peu près ce défaut : par de petits orifices, de l'air s'introduit au-dessous de la grille dans le point où les flammes des deux foyers se réunissent. Avec cette disposition on obtient des résultats relativement très-bons.

5. Fumivorté par injection d'air. — Les dispositifs ayant pour but de brûler la fumée, en amenant sur son trajet en un point convenable un courant d'air direct, ne peuvent pas donner de bons résultats, et parmi les méthodes proposées il n'y en a que peu qui méritent d'attirer l'attention ; nous mentionnerons les suivantes.

Parkes a imaginé, en 1820, un foyer dans lequel de l'air est injecté par l'autel (*split-bridge*), l'air qui arrive dans le cendrier se partage en deux courants, dont l'un traverse la grille et dont l'autre passe à travers un canal ménagé dans l'autel, pour venir rencontrer normalement la flamme. La même chose a lieu dans le foyer de *Palazot*, qui, d'après le jugement de *Burnat*, de *Tresca* et d'autres, est simple, peu coûteux, facile à établir partout et à faire fonctionner, et qui enfin donne des résultats satisfaisants au point de vue de la fumivorté. L'Anglais *Chauter* a imaginé un dispositif, fondé sur le même principe, qui se compose essentiellement de deux grilles superposées, dont la seconde se trouve un peu inclinée en bas et en avant par rapport à la première. Le combustible frais est jeté sur la première grille, et, lorsqu'il est transformé en coke rouge, on le pousse sur la deuxième. Sur celle-ci il se forme une couche mince, à travers laquelle il peut passer une quantité d'air suffisante pour brûler le coke et les produits gazeux, qui arrivent de la première grille sur le combustible incandescent de la seconde. Afin de pouvoir diminuer la fumée, dans le cas où l'air qui passe à travers la deuxième grille est insuffisant, on a ménagé dans la maçonnerie, à la partie postérieure du foyer, un espace muni d'orifices qui s'ouvrent du côté du foyer ; de cet espace part un tuyau de fonte qui traverse le cendrier et s'ouvre à une faible hauteur au-dessus du sol.

Foyer de Gall. — La hauteur et le diamètre d'une cheminée de fabrication doivent être proportionnés à la quantité du combustible brûlé en un temps déterminé, tel est du moins l'axiome qui a prévalu pendant de longues années ; contrairement à ce principe, *L. Gall* a construit des cheminées qui ne dépassent que de 60 centimètres le point le plus élevé des édifices et qui n'ont plus pour but de favoriser le tirage, mais qui forment simplement un canal d'écoulement pour les produits de la combustion. Comme c'est la différence de température qui produit le courant d'air dans un foyer, *Gall* cherche à remplir cette condition en maintenant constamment très-élevée la température du lieu de la combustion. Pour arriver à ce résultat il était nécessaire de diminuer autant que possible les causes qui entraînent une perte de chaleur, ce à quoi l'on peut arriver de différentes manières : *a.* Lorsqu'on ajoute du combustible frais, il se produit toujours un abaissement de la tem-

pérature du foyer, aussi bien sous l'influence du combustible froid que par l'action de l'afflux d'une quantité immodérée d'air froid. Pour remédier à cet inconvénient, on partage en plusieurs sections la surface de la grille et en chargeant ces sections l'une après l'autre on réduit à un minimum l'abaissement de température impossible à éviter ; et dans le fait la formation de la fumée est beaucoup amoindrie, même lorsqu'on ajoute du combustible froid. *b*. La disposition du foyer doit être telle que le chauffeur ne soit jamais obligé d'ajouter à la fois de grandes quantités de combustible et qu'il puisse maintenir la surface de la grille uniformément chargée. *c*. Pour faire disparaître les pertes de chaleur qui se produisent ordinairement par les murs et les portes de chauffe, pertes qui sont regardées comme impossibles à éviter, on fait passer l'air nécessaire pour la combustion complète à travers toutes les surfaces, d'où naissent ces pertes de chaleur ; de cette manière on ramène toujours dans le foyer la chaleur qui s'en est échappée. *d*. Avec un tirage énergique on a en outre l'inconvénient de faire passer beaucoup trop rapidement sur les surfaces à chauffer les gaz chargés de chaleur. Pour remédier à ce défaut, *Gall* fait arriver lentement sur le combustible l'air nécessaire pour le brûler, mais en quantité aussi grande que si le tirage était très-énergique, et alors l'air échauffé reste plus longtemps en contact avec les parois de la chaudière. Dans ce but, on dut nécessairement agrandir aussi bien la surface libre de la grille que le diamètre de la cheminée. Afin de gagner le temps nécessaire pour le mélange intime de l'air avec les gaz non brûlés et la fumée et pour la combustion complète de ce mélange, avant qu'il arrive au contact de la chaudière, on a trouvé que celle-ci devait être placée à 3 mètres au moins au-dessus de la grille. Dans ce foyer, ainsi considérablement agrandi entre la grille et la surface de la chaudière, il se produit un tirage suffisant, et l'on peut maintenant se passer d'une cheminée élevée, car, ainsi qu'on l'a déjà dit, dans le système de *Gall*, la cheminée ne doit être qu'un canal d'écoulement pour les produits de la combustion.

Résumé. — Cette énumération des appareils imaginés dans le but d'empêcher la production de la fumée ou de la détruire après sa formation montre, bien que tous les dispositifs proposés soient loin d'avoir été mentionnés, qu'un grand nombre d'entre eux ont déjà été l'objet d'applications pratiques. Mais, si l'on se demande si l'on a inventé, pour arriver à brûler complètement un combustible dans le foyer, un moyen réellement efficace ou un dispositif satisfaisant à tous les points de vue, on est obligé de répondre négativement. On a essayé par des moyens très-différents et parfois très-compliqués d'empêcher la formation de la fumée : on a dirigé celle-ci sur le combustible déjà en pleine ignition, afin de la brûler, on s'est servi d'air chauffé pour détruire la fumée et les produits de la distillation du charbon, on a cherché à prévenir la production de la fumée en chargeant méthodiquement la grille, enfin on a pensé que la principale condition à réaliser, pour obtenir une combustion complète et pour diminuer la fumée, consistait à régler l'afflux de l'air dans le foyer, et cependant on est obligé d'avouer que jusqu'à ce jour on ne connaît aucun moyen qui soit assez satisfaisant

pour qu'il puisse être spécialement recommandé. Malgré cela, un grand nombre de dispositifs (la grille à étages, le foyer de *Fairbairn* avec grilles doubles) alimentés avec des combustibles de bonne qualité et adaptés à des chaudières bien construites sont passés dans la pratique et s'y sont conservés, parce qu'ils suppriment, du moins en partie, les inconvénients de la fumée, surtout lorsqu'on emploie un chauffeur habile et intelligent et qu'on lui promet une prime proportionnelle à la quantité du combustible économisé¹. Ce fait, que depuis que l'on a promis des primes aux chauffeurs de locomotives on a réalisé partout une économie de 10 pour 100, montre quels résultats favorables peuvent être obtenus par ce moyen. Dans les chemins de fer le contrôle du travail de chaque locomotive s'effectue par notation suivie des charges et des distances auxquelles celles-ci sont transportées. On tient compte des inégalités de terrain par l'introduction de coefficients. Pour les machines fixes un contrôle analogue n'est pas praticable, parce que les effets utiles qu'elles rendent sont en général très-différents, et il n'existe pas de mesure exacte pour évaluer ces effets ; en outre, l'effet utile ne dépend pas seulement du mécanicien et du chauffeur, mais aussi des ouvriers occupés à conduire les appareils auxquels les mouvements sont transmis. D'ailleurs les manipulations sont encore plus compliquées que dans les chemins de fer. La voie directe pour déterminer le travail du chauffeur consisterait dans la mesure exacte de la vapeur produite. Cette détermination a déjà été tentée plusieurs fois par l'emploi d'appareils à mesurer l'eau que l'on plaçait sur la conduite d'alimentation. Cependant presque tous ces appareils n'ont trouvé dans la pratique qu'une application très-restreinte, parce que, à très-peu d'exceptions près, ils ne remplissent que d'une manière peu satisfaisante le but que l'on se propose d'atteindre.

¹ Relativement à l'économie de charbon on a encore beaucoup à attendre, notamment en Angleterre, où le gaspillage surpasse toutes bornes. D'après *A. Petzholdt* (1874), ce gaspillage est dû : 1° au mode d'exploitation, parce qu'on ne paye que les gros morceaux de charbon et que de grandes masses restent dans la mine et sont perdues pour toujours ; 2° au mode d'emploi, parce qu'après des fours il n'existe aucun contrôle du charbon consommé ; 3° au mode de transport : ce qui tombe des brouettes est abandonné, comme la poussière, sans que personne se donne la peine de le ramasser.

FIN DU TOME DEUXIÈME.

ERRATA

T. I. Page	32, ligne 7 en haut,	au lieu de :	languette, <i>lisez</i> : banquette.
—	201, — 3 et 5 en haut,	—	Nischine-Tajilsk, <i>lisez</i> : Nirshne-Tajilsk.
—	287, — 9 en bas,	—	fomique, <i>lisez</i> : formique,
—	545, — 25 en haut,	—	vigorite, <i>lisez</i> : vigorine.
—	578, — 4 en bas et ligne 1 de la note,	au lieu de :	(fig. 165), <i>lisez</i> : (fig. 162).

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME SECOND

CHAPITRE IV .

DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

(PAGES 1 A 412)

Technologie de la fibre végétale, 1. — Cellulose, 1. — *Lin*, 2. — Rouissage, 2. — Broyage, 3. — Teillage, 1. — Peignage, 5. — Étoupe, 6. — Rendement en lin, 6. — Filage du lin, 6. — Tissage du fil de lin, 6. — Tissus de lin, 6. — Apprêt, 7.

Chanvre et autres plantes textiles, 7. — (Chinagrass, 8. — Grande ortie, 9. — Ramié, 9. — Chanvre de callou, 9. — Jute, 9. — Chanvre de Bombay, 9. — Chanvre du Bengale, 9. — Chanvre des Alléghanys, 10. — Lin de la Nouvelle-Zélande, 10. — Chanvre des Indiens, 10. — Chanvre de Manille, 10. — Chanvre d'ananas, 10. — Pikaba, 10. — Alfa et sparte, 10. — Fibre de la noix de coco, 10).

Coton, 11. — Production du coton, 11. — Égrenage du coton, 12. — Différentes sortes de coton, 12. — Filature du coton, 12. — Tissus de coton, 15. — Succédanés du coton, 15. — Importance des fibres textiles végétales, 16. — Distinction des fibres végétales entre elles, 17.

Fabrication du papier, 22. — Histoire du papier, 22. — Matières premières de la fabrication du papier, 23. — Succédanés des chiffons, 24. — Découpage et nettoyage des chiffons triés, 27. — Transformation des chiffons nettoyés en demi-pâte et en pâte, 30 (moulin à pilons, 30, pile à cylindre, 31). — Blanchiment de la demi-pâte, 34. — Antichlore, 36. — Préparation de la pâte ou raffiné, 36. — Azurage et collage de la pâte, 37. — *Papier à la main*, 38. — Confection des feuilles de papier par puisage, 38. — Pressage des feuilles de papier, 40. — Séchage du papier, 40. — Collage des feuilles de papier, 41. — Apprêt du papier, 41. — Principales sortes de papier, 42. — *Papier à la mécanique*, 42. — Machines à papier, 43. — Machine à couper le papier, 47. — *Cartons et autres papiers*, 48. — Carton de puisage, 48. — Carton de couchage, 48. — Carton de collage, 49. — Carton à la mécanique, 49. — Papier mâché, 49. — Papiers de pâte colorée, 50. — Papier divers, 51. — Papier parchemin, 51. — Production du papier, 52.

Amidon et fécule, 53. — Généralités, 53. — Propriétés de l'amidon, 54. — Matières premières de la fabrication de l'amidon, 55. — Extraction de la fécule de pommes de terre, 55. — Procédé de Völker, 58. — Dessiccation de la fécule, 58. — Extraction de l'amidon du froment, 59, par fermentation, 60, sans fermentation, 62. — Composition et usages de l'amidon du commerce, 63. — Amidon de riz, 64. — Amidon de maïs, 65. — Amidon des marons d'Inde, 65. — Arrow-root, 65. — Fécule de cassave, 66. — Sagou, 66. — *Dextrine*, 66. — Préparation de la dextrine, 67. — Usages de la dextrine, 69.

Fabrication du sucre, 69. — Historique et généralités, 69. — État naturel et propriétés du sucre, 70. — Poids spécifique des dissolutions de sucre, 71. — Saccharates, 72. — *Sucre de canne*, 72. — Canne à sucre, 72. — Composition de la canne à sucre, 72. — Fabrication du sucre brut, 74. — Différentes sortes de sucre, 77. — Mélasse, 78. — Production du sucre de canne, 78. — *Sucre de betteraves*, 79. — Historique, 79. — Betterave à sucre, 80. — Composition chimique de la betterave, 83. — Saccharimétrie, 85 (Essai par voie mécanique, 85, par voie chimique, 86, par fermentation, 87, saccharimétrie optique, 87). — Extraction du sucre des betteraves, 88 : I. Lavage et mondage des betteraves, 88. — II. Extraction du jus des betteraves, 90. — (α. Extraction du jus de la pulpe au moyen de la presse hydraulique, 92, au moyen des presses continues, 73. — Pulpe épuisée, 95. — β. Extraction du jus par la force centrifuge, 96. — γ. Extraction du jus par lixiviation de la pulpe, 97. — δ. Extraction des jus par diffusion, 98, diffusion chaude, 98, diffusion

froide, 99). — Transport souterrain des jus, 105. — III. Défécation du jus, 105. — Préparation de la chaux et de l'acide carbonique, 104. — Ancienne méthode de défécation et de saturation, 106. — Défécation avec la baryte, 110. — Double carbonatation de Pèrier et Possoz, 111. — Travail des dépôts et des écumes de carbonatation, filtres-presses, 114. — Tourteaux des filtres-presses, 116. — IV. Filtration du jus sur le noir animal, 117, filtres Taylor, 117, filtres Dumont, 118. — V. Évaporation du jus et filtration du sirop sur le noir animal, 119. — Chaudières ordinaires, 119. — (Chaudières à bascule, 120, chaudière de Pecqueur, 120, chaudière de Brame-Chevalier, 121, chaudière de Péclat, 121). — Chaudières à évaporation dans le vide, 122, appareil à triple effet de Cail et Cie, 123, réchauffeur de jus, 128. — Traitement du sirop par la baryte et le phosphate d'ammonium, 129. — VI. Cuite du sirop filtré, 130; chaudière à cuire de Cail et Cie, 131; condenseur à injection, 153. — Réfrigérant à fascines, 154. — VII. Séparation du sucre et du sirop par les formes, les caisses et les turbines, 254; travail des bas-produits, 157. — Mélasses des betteraves, 158; extraction du sucre des mélasses, 159. — Production du sucre de betteraves, 140. — *Raffinage du sucre et fabrication du sucre candi*, 140. — Raffinage du sucre, 140. — (Dépotage et dégraissage, 141; fonte et clarification, 141; cuite à cristallisation et réchauffage, 142; emplissage des formes, 142; égouttage et clairçage, 142; plamotage et lochage, 143; étuvage et habillage, 143.) — Utilisation des bas-produits du raffinage, 143. — Raffinage direct et raffinage en fabrique, 144. — Sucre candi, 146. — *Glucose*, 147. — Etat naturel, composition et propriétés de la glucose, 147. — Préparation de la glucose, 149: *a.* avec les raisins, 149, avec la fécule, 150. — Sirop impondérable, 152. — Composition de la glucose, 152. — Usages de la glucose, 155. — Production de la glucose, 153.

Des fermentations et des industries qui s'y rattachent, 153. — Généralités, 153. — Fermentation alcoolique, 154. — Levûre, 155. (Levûre superficielle, 156, levûre de dépôt, 156, multiplication de la levûre, 156, rôle de la levûre dans la fermentation alcoolique, 157, fermentation spontanée, 158). — Conditions de la fermentation alcoolique, 158. — Industries basées sur la fermentation alcoolique, 159.

Préparation du vin, du cidre et du poiré, 160. — La vigne et le raisin, 160. — Production du vin, 161. — Récolte du raisin, 162. — Pressage des raisins, 165. — Extraction du jus des raisins avec les machines centrifuges, 165. — Éléments chimiques du moût, 166. — Richesse en sucre des raisins, 166. — Fermentation du jus de raisin, 167. — Décuvaige et soutirage du vin, 169. — Composition du vin, 170. — Classification des vins, 171. — Richesse alcoolique du vin, 172; sa détermination à l'aide du vaporimètre, 172; de l'alambic de Salleron, 172; de l'ébullioscope de Tabarié, 175; de l'ébullioscope de Malignand et Vidal, 174; de la pipette compte-gouttes de Duclaux et Salleron, 175. — Richesse alcoolique des vins de France et d'Allemagne, 175. — Matières colorantes du vin, 177. — Extrait, 178. — Éléments minéraux, 178. — Éléments odorants, 179. — Maladies du vin, 179. — Mûtage des vins, 181. — Chauffage des vins, 182 (chauffage en bouteilles, 185, chauffage en fûts, 183: appareils de Rossignol, 185, de Terrel des Chênes, 185, de Perrier frères, 187, de Giret et Yinas, 187). — Collage et plâtrage du vin, 190. — Fabrication des vins mousseux, 191. — Statistique de la fabrication des vins mousseux, 196. — Amélioration du moût et du vin, 197 (Chaptalysage, 198, gallisage, 199, pétiotisage, 200, congélation, 200, élimination de l'acide, 201: par le carbonate de calcium, 201, par le saccharate de calcium, 201, par le tartrate neutre de potassium, 201; addition d'alcool ou vinage, 201, addition de glycérine, 202.) — Falsification des vins, 202. — Résidus de la préparation du vin, 206. — Cidre, 207. — Poiré, 209.

Fabrication de la bière, 209. — Généralités, 209. — Production de la bière, 210. — Matières premières de la fabrication de la bière, 210 (céréales, 210; houblon, 211, conservation du houblon, 212, culture et production du houblon, 215; succédanés du houblon, 214; eau, 215; ferment, 215). — *Préparation du malt*, 216. — Mouillage de l'orge, 217. — Germination de l'orge mouillée, 218. — Dessiccation et touraillage de l'orge germée, 219; tourailles, 219. — *Préparation du moût*, 225. — Mouture du malt, 225. — Démêlage ou brassage, 225; méthode par décoction, 225, méthode par infusion, 229. — Richesse du moût en extrait, 251. — Cuisson du moût, 231. — Houblonnage, 252. — Refroidissement du moût, 254. — *Fermentation du moût et conservation de la bière*, 256. — Fermentation avec dépôt, 258. — Entonnage et fermentation complémentaire, 259. — Fermentation superficielle, 242. — Brassage à la vapeur, 243. — Fabrication de la bière d'après Pasteur, 245. — Composition de la bière, 246. — Caractères des différentes sortes de bières, 249. — Essai de la bière, 251; essai saccharimétrique d'après Balling, 251; analyse aréométrique de la bière, 253; essai halimétrique, 256. — Produits secondaires et déchets des brasseries, 258 (drèche, tourillons, etc.).

Fabrication de l'alcool, 259. — Généralités, 259. — Propriétés de l'alcool, 260. — Matières premières de la fabrication de l'alcool, 261. — *Production de l'alcool*, 262. — *Préparation du liquide vineux*, 265; avec des céréales, 265; avec des pommes de terre, 266; saccharification par les acides, 269; avec les betteraves, 272. — Fabrication de l'alcool avec les résidus des sucreries, 275; avec le vin, le marc de raisin, etc., 277. — *Distillation du liquide vineux*, 279. — Généralités, 279. — Appareils distillatoires ordinaires, 281. — Appareils de Dorn, 285, de Pistorius, 284, de Gall, 286, de Schwarz, 288, de Siemens, 290, de Cellier-Blumenthal et Derosne, 292, de Laugier, 295. — Appareils de D. Savalle, 297; régulateur de chauffage, 298; distillation des betteraves, 300, des grains, 304, des mélasses de cannes, 304, des vins, 304, des mélasses de betteraves, 305. — Détermination de la teneur alcoolique des vinasses, 308. — Élimination des huiles odorantes ou essences, rectification des alcools, 308. — Rectificateur de D. Savalle, 311; conduite de la rectification, 315. — Éprouvette-jauge de D. Savalle, 314. — Détermination du degré de pureté des alcools, 315. — Rendement en alcool, 316. — Alcoométrie, 317. — Résidus des distilleries, 320. — Levûre pressée ou levûre sèche, 322. — Levûre artificielle, 324.

Préparation du pain, 324. — Généralités, 324. — Hydratation, 326. — Pétrissage, 327, pétrins mécaniques, 327, cuisson, 329. — Procédé de Mège-Mouriés, 350. — Succédanés du ferment pour la fermentation panaière, 351; substances proposées par Liebig, 352, poudre de Horsford, 352, pain aéré, 352. — Rendement en pain, 353. — Composition du pain, 355. — Altération de la pureté du pain, 354.

Fabrication du vinaigre, 354. — Mode de formation du vinaigre, 354. — *a. Préparation du vinaigre avec des liquides alcooliques*, 356. — Préparation du vinaigre avec l'alcool, 356. — Phénomènes qui accompagnent la formation du vinaigre, 357. — Différentes sortes de vinaigre, 358. — Ancienne méthode de préparation du vinaigre ou procédé d'Orléans, 358. — Fabrication rapide du vinaigre ou procédé allemand, 359. — Vinaigre de betteraves, 342. — Préparation du vinaigre au moyen du mycoderma aceti, 342. — Préparation du vinaigre à l'aide du noir de platine, 343. — Propriétés et essai du vinaigre, 344; acétimétrie, 345. — *b. Préparation du vinaigre avec l'acide pyroligneux*, 348. — Distillation du bois, 348; appareils distillatoires, 349; condensateur, 351. — Traitement des produits liquides de la distillation, 352. — Acétate de calcium et acide acétique pour les arts, 353. — Acétate de sodium et acide acétique bon goût, 353. — Acide acétique cristallisable, 355. — Esprit de bois ou alcool méthylique, 355. — Éther méthylique, 357. — Traitement du goudron, préparation de la créosote, 357.

Fabrication industrielle des acides tartrique et citrique, 359. — Matières premières de la fabrication de l'acide tartrique, 359; composition des tartres et des lies, 359. — Fabrication de l'acide tartrique, 360. — Propriétés et usage de l'acide tartrique, 365. — Fabrication de la crème de tartre ou raffinage du tartre brut, 365. — Matières premières de la fabrication de l'acide citrique, 365. — Préparation et composition du jus de citron concentré, 364. — Préparation de l'acide citrique, 364. — Propriétés et usages de l'acide citrique, 365.

Conservation du bois, 366. — Généralités, 366. — Dessiccation du bois, 369. — Élimination des éléments de la sève, 369. — Drainage aérien, 371. — Modification chimique des éléments de la sève, 371. — Minéralisation du bois, 374. — Méthode de Boucherie, 375.

Tabac, 375. — Généralités, 375. — Composition chimique des feuilles de tabac, 376. — Fabrication du tabac, 378. — Tabac à fumer ou scaberlati, 378. — Cigares, 379. — Tabac à mâcher, 381. — Tabac à priser, 381. — Statistique de la fabrication du tabac, 382.

Huiles essentielles et résines, 385. — Extraction des essences, 385, par distillation, 385 (réceptif florentin), par sublimation (camphre), 384, par expression, 384, par extraction à l'aide des huiles grasses (macération ou enlèurage), 384. — Parfumerie, 385, eaux odorantes, 385, extraits d'odeur, 386, parfums chimiques, 386, pommades, 387. — Fabrication des liqueurs, 387. — Résines, 389 (térébenthines, 389; extraction de la térébenthine dans les Landes, 389; distillation de la térébenthine, 390; colophane, résine jaune et brai gras, 390; essence de térébenthine, 390; camphre, 390; produits de la distillation de la colophane; huile de résine et vive essence, 391). — Cire à cacheter, 391. — Asphalte et malthé, 392. — Caoutchouc, 394. — Dissolvants du caoutchouc, 395. — Usages du caoutchouc, 396. — Vulcanisation du caoutchouc, 396. — Caoutchouc durci, 398. — Production et consommation du caoutchouc, 399. — Gutta-percha, 399. — Dissolvants de la gutta-percha, 400. — Application de la gutta-percha, 400. — Mélange de caoutchouc et de gutta-percha, 402. — Balata, 402. — Celluloïde, 402.

Vernis, 402. — Vernis à l'huile, 403 (vernis à l'huile de lin ou huile de lin cuite, 405,

vernis des tapisseries, 404, encre d'imprimerie, 404, vernis gras, 405). — Vernis à l'alcool, 405. — Vernis à l'essence de térébenthine, 406. — Polissage du vernis sec, 407. — Régénération des peintures à l'huile, 407.

Mastics, 408. — Généralités, 408. — Mastics de chaux, 408 (mastics de caséine, 408, mastics de la porcelaine et du verre, 408). — Mastics à l'huile, 409 (mastic Serbat, 409, mastic des vitriers, 409, mastic de glycérine, 409). — Mastics résineux, 410 (glu marine, 410, zéiodélite, 411, diatite, 411). — Mastics de fer, 411. — Mastics d'amidon, 411.

CHAPITRE V

DES MATIÈRES ANIMALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

(PAGES 415 A 556)

Industrie de la laine, 415. — Origine et propriétés de la laine, 415. — Composition chimique de la laine, 415. — Propriétés industrielles de la laine, 417. — Lavage, tonte et triage de la laine, 418. — Filature de la laine à cardes, 419. — Laine artificielle, 422. — Draperie, 423 (lavage et foulage du drap brut, 423, lainage et tonte du drap, 424, apprêtage du drap, 425). — Tissus de laine analogues au drap, 425. — Travail de la laine à peigne, 426. — Tissus de laine ras, 426. — Importance de l'industrie de la laine, 428.

Industrie de la soie, 428. — Généralités, 428. — Sériciculture, 429. — Composition chimique de la soie, 432. — Préparation de la soie, 432 (triage des cocons, 432, tirage de la soie, 432, moulinage de la soie, 434, titrage et conditionnement de la soie, 434, décreusage de la soie, 435). — Tissage de la soie, 437. — Étoffes de soie, 437. — Importance de l'industrie de la soie, 438. — Distinction de la soie de la laine et des fibres textiles végétales, 439.

Tannage des peaux, 441. — Généralités, 441. — Anatomie de la peau animale, 442. — I. *Tannage au tan*, 443. — Matières tannantes, 443. — Essai des matières tannantes, 449. — Des peaux, 450. — Opérations du tannage, 451. — Nettoyage de la peau, 452 (ramollissement ou dessaignage de la peau, 452, nettoyage du côté de la chair, 452, nettoyage du côté du poil, 452, gonflement des peaux épilées, 455). — Tannage du cuiret gonflé, 456 (tannage en fosses, 456, tannage à la jusée, 457). — Tannage rapide, 458. — Corroyage des peaux tannées, 460 (cuir à semelles, 460, cuir à œuvre, 460). — Dollage, 460, quiossage, 461, rebroussage, 461, ponçage, 461, étirage, 462, graissage, 462. — Cuir de Russie, 463. — Maroquin, 465. — Corduan, 466. — Cuir verni, 466. — II. *Mégisserie*, 467. — Mégisserie commune, 468. — Hongroyage, 470. — Cuir pour gants, 471. — Cuir de Knapp, 472. — III. *Chamoiserie*, 474. — Fabrication du cuir chamoisé, 474. — Parchemin, 475. — Chagrin, 476.

Fabrication de la colle, 477. — Généralités, 477. — Colle de peau, 479 (chaulage des colle-matières, 479, cuisson des colle-matières, 480, moulage de la gelée, 482, dessiccation de la colle, 485). — Colle d'os, 484. — Composition et usages de la colle, 485. — Colle liquide, 486. — Essai de la colle, 487 (d'après Graeger, 487, Risler-Beunat, 487, Schattmann, 488, Lipowitz, 488, Weidenbusch, 489). — Colle de poisson ou ichthyocolle, 490. — Succédanés (colle-gluten, 491, colle végétale, 491, colle-caséine, 492). — Colle élastique, 492.

Fabrication du phosphore, 492. — Généralités, 492. — Préparation du phosphore, 495, calcination des os, 494, décomposition de la cendre d'os par l'acide sulfurique, 495, distillation du phosphore, 496, épuration du phosphore, 498, moulage du phosphore, 500. — Autres méthodes de fabrication du phosphore, 502, d'après Donavan, 502, Cari-Montrand, 502, Fleck, 503, Gentele, 504, Gerland, 504, Minary et Soudry, 504. — Propriétés du phosphore, 504. — Phosphore rouge ou amorphe, 505. — Statistique de la fabrication du phosphore, 507.

Fabrication des allumettes, 508. — Historique et généralités, 508 : Briquet à hydrogène, 508, briquets chimiques, 509, briquets phosphoriques, 509. — Fabrication des allumettes phosphoriques, 511 : 1. Débitage du bois en tiges, 511 ; 2. Préparation de la pâte inflammable, 514 ; 3. Chimicage et séchage des allumettes, 515. — Allumettes anti-phosphoriques, 517, avec phosphore amorphe, 518, sans phosphore, 519. — Allumettes-bougies, 519. — Statistique de l'industrie des allumettes, 519.

Charbon d'os ou noir animal, 521. — Préparation du noir animal, 521. — Pro-

priétés du noir animal, 522. — Essai du noir animal, 523. — Révivification du noir animal, 524; fours de Cail et de Schreiber. — Succédanés du noir animal, 530.

Lait, beurre et fromage, 550. — Lait, 550. — Petit-lait, 552. — Moyens pour empêcher le lait d'aigrir, 553. — Essai du lait, 553. — Usages du lait, 554. — Beurre, 558. — Composition chimique du beurre, 559. — Beurre artificiel, 558. — Fromage, 540. — Composition chimique des différents fromages, 541.

Préparation et conservation de la viande, 545. — Généralités, 543. — Éléments de la viande, 543. — Préparation de la viande, 545. — Coction de la viande et préparation du bouillon, 545; tablettes de bouillon, 546; extrait de viande, 546; rôtissage de la viande, 547. — Conservation de la viande, 548. — Méthode d'Appert, 548. — Dessiccation de la viande, 549; biscuit de viande, 549; pain d'extrait de viande, 550; saucisses aux pois, 550. — Salage de la viande, 551. — Procédé de Cirio, 552. — Fumage ou boucanage, 552. — Conservation par le vinaigre, 553; par l'acide sulfureux, 553; par l'acide phénique, l'acide salicylique, l'acide borique, le borax, etc., 553. — Conservation par le froid, 554.

CHAPITRE VI

TEINTURE ET IMPRESSION DES TISSUS.

(PAGES 557 A 647)

Matières colorantes, 557. — Généralités, 557.

A. *Matières colorantes dérivées du goudron de houille*, 559. — Goudron de houille, 559. — Distillation du goudron, 560; traitement des huiles légères, extraction de la benzine, 562; traitement des huiles lourdes, 565; traitement des huiles à anthracène, 564. — Benzine, 426. — Propriétés et préparation de la benzine, 564, appareil de Mansfield, 565, appareil de Couper, 566. — Extraction de la benzine du gaz de houille, 567. — Nitrobenzine, 567. — Aniline brute, 568, sa préparation d'après Béchamp, 569. — Composition de l'aniline brute, 571. — Production de l'aniline, 571. — Toluène, 571.

I. Couleurs d'*aniline*, 572. — Rouge d'aniline ou fuchsine, 572. — Violet d'aniline, 574; mauvéine, 574; violet impérial, 574; violet à l'iode, 575; violet de Paris, 575; safranine, 575. — Bleu d'aniline, 576; bleu de toluidine, 577; bleuine, 577; bleu de naphthyle, 577. — Vert d'aniline, 577; vert à l'aldéhyde, 577; vert à l'iode, 578. — Jaune d'aniline et orange d'aniline, 579. — Chrysaniline, 579. — Noir d'aniline, 579; noir de Lucas, 579. — Brun d'aniline, 580; brun Bismarck, 580.

II. Couleurs d'*acide phénique*, 580. — Acide phénique, 580. — Acide picrique, 581. — Acide trinitrocrésylique, 581. — Orange Victoria ou jaune anglais, 582. — Phénicienne (brun de phényle), 582. — Grenat soluble ou brun-grenat, 582. — Coralline ou péonine, 582. — Acide rosolique, 583. — Azuline (bleu de phényle), 583. — Érythrobenzine, 584.

III. Couleurs de *naphthaline*, 584. — Naphthaline, 584. — Acide benzoïque, 584. — Acide naphthoïque, 585. — Jaune de Martius (jaune de Manchester, jaune de naphthaline), 586. — Rouge de Magdala (rouge de naphthaline), 587. — Naphthazarine, 588. — Bleu et violet de naphthaline, 588.

IV. Couleurs de *phthaléine*, 589. — Acide phtalique et phénol, phtaléine du phénol, 589. — Acide phtalique et pyrocatechine, phtaléine de la pyrocatechine, 589. — Acide phtalique et hydroquinone, phtaléine de l'hydroquinone, 590. — Acide phtalique et acide pyrogallique, galleïne (phtaléine pyrogallique), 590. — Acide phtalique et résorcine, phtaléine de la résorcine ou fluorescéine, 590. — Eosine, 590. — Erythrosine, 591. — Primerose, 591.

V. Couleurs d'*anthracène*, 591. — Anthracène, 591. — Alizarine artificielle (rouge d'anthracène), 592. — Fabrication industrielle de l'alizarine artificielle, 593. — Anthrapurpurine, 596. — Nitroalizarine ou orange d'alizarine, 596. — Alizarine bleue et alizarine brune, 597. — Purpurine artificielle, 598.

VI. Couleurs de *cinchonine* (cyanine ou bleu de lépidine), 598.

VII. Couleurs de *résorcine* (fluorescéine, fluorescéine tétrabromée ou éosine, safrosine), 599.

VIII. Couleurs *d'acide urique*, murexide, 600.

IX. Couleurs de *mercaptan* ou cachou de Laval, 600.

B. *Matières colorantes dérivées des animaux et des végétaux*, 601. — *Matières colorantes rouges*, 601. — Garance, 601. — Alizarine, 602; pseudopurpurine, 603; purpurine et purpurine hydratée, 604. — Laque de garance et fleur de garance, 604; azale, 604; garancine et garanceux, 604; alizarine commerciale ou pincoffine, 604; extraits de garance (colorine, alizarine verte, alizarine jaune et purpurine commerciale), 604. — Bois rouge ou bois de Brésil, 605. — Bois de santal, 606. — Carthame, 606. — Cochenille, 607. — Lac-dye, 607. — Orseille et persio, 608. — *Matières colorantes bleues*, 609. — Indigo, 609; propriétés de l'indigo, 611; essai de l'indigo, 611; indigotine, 613; carmin d'indigo, 614; production de l'indigo, 614. — Bois de Campêche, 614. — Tournesol, 615. — *Matières colorantes jaunes*, 616. — Bois jaune, 616. — Fustet, 616. — Rocou, 616. — Graines jaunes, 616. — Curcuma et gaude, 617. — Quercitron, 617. — Couleurs brunes, vertes et noires, 617. — Encre, 618.

Blanchiment, 618. — Théorie du blanchiment, 619. — Blanchiment du coton, 620. — Blanchiment du lin, 621. — Blanchiment de la soie, 623. — Blanchiment de la laine, 625.

Teinture des fils et des tissus, 623. — Généralités, 623. — Mordants, 625. — Teinture de la laine, 626 (teinture en bleu, 626; bleu d'indigo, 626; cuve de pastel, 626; cuve à la potasse, 627; cuve à la couperose, 628; cuve à l'urine, 628; cuve à l'hydrosulfite, 628; cuve à l'orpiment, 628; cuve à l'étain, 629; bleu de Saxe, 629; révivification de l'indigo, 629; teinture au bleu de Prusse; teinture en bleu avec le bois de Campêche et le sulfate de cuivre, 630; teinture en jaune, 630; teinture en rouge, 631; teinture en vert, 631; teinture en noir, 632). — Teinture de la soie, 632. — Teinture du coton, 634; teinture en rouge turc, 635. — Teinture des tissus de lin, 637.

Impression des tissus, 637. — Généralités, 637. — Mordants, 638. — Épaississants, 638. — Réservages, 639. — Rongeants, 639; acides, 640, agents oxydants, 640, agents réducteurs, 640. — Impression du coton ou fabrication des indiennes, 641; impression genre teinture, 641; impression genre application, 642; impression avec rongeurs ou enlèves, 643. — Impression avec les couleurs d'aniline, 644. — Apprêt des tissus imprimés, 646. — Impression de la toile et de la laine, 646; genre golgas, 646, genre beryl, 646. — Impression de la soie, 646; mandarinage, 647, genre bandanas, 647.

CHAPITRE VII

MATIÈRES ET APPAREILS EMPLOYÉS POUR L'ÉCLAIRAGE.

(PAGES 648 A 824)

De l'éclairage en général, 648. — De la flamme, 649. — Des différents modes d'éclairage, 652.

Éclairage à l'aide des bougies et des chandelles, 655. — 1. Bougies stéariques, 645. — A. Préparation des acides gras, 654: Saponification calcaire, 654; premier procédé avec 14 0/0 de chaux, 655; deuxième procédé avec 11 0/0 de chaux, 657; troisième procédé avec 3 0/0 de chaux, 658. — Cristallisation et pressage des acides gras, 665. — Saponification par l'acide sulfurique, suivie de distillation, 665. — Saponification calcaire, suivie de la saponification sulfurique et de la distillation, 671. — Saponification sulfurique suivie de la distillation partielle des acides gras, 672. — Saponification par l'eau et sous pression, 674. — Saponification par la vapeur d'eau surchauffée, 676. — Détermination de la valeur des acides gras, 677. — B. Préparation des bougies, 677. — Mèche, 677. — Moulage des bougies, 680. — Blanchiment, polissage, rognage et marque des bougies, 687. — 2. Chandelles, 688; chandelles à la baguette, 688, chandelles moulées, 689. — 3. Bougies de paraffine et de helmotine, 690. — Bougies d'acide sébacique, 691. — 4. Bougies de cire, 691. — Cire des abeilles, 691; blanchiment de la cire, 692, propriétés chimiques de la cire, 695. — Cire de Chine, 695, — cire des Andaquies, 695, — cire du Japon, 695, — cire de Carnauba, 695, — cire de palmier, 694, — cire de myrica, 694, cérésine, 694. — Préparation des bougies de cire, 694; cierges d'églises, 695; bougies filées, 696. — Bougies de blanc de baleine, 697.

Glycérine, 698. — Préparation de la glycérine, 699. — Propriétés et usages de la glycérine, 701. — Production de la glycérine, 705.

Eclairage à l'aide des lampes, 704. — Substances liquides employés pour l'éclairage, 704. — Epuration de l'huile, 704. — Des lampes en général, 705. — Classification des lampes, 708; — 1. Lampes à aspiration, 709; — 2. Lampes à pression, 713 (lampes aérostiques, 713, lampes hydrostatiques, 713, lampes statiques, 714, lampes mécaniques, 714, lampe Carcel, 714, lampe à modérateur, 715). — 3. Lampes à huile solaire et à pétrole, 718.

Eclairage au gaz, 719. — Historique et généralités, 719. — A. *Gaz de houille*, 725. — De la houille, 725. — Produits de la distillation sèche de la houille, 724. — Préparation du gaz brut, 725; — (cornues, 725; fermeture des cornues, 726; fours, 727; chargement des cornues et distillation de la houille, 728; — barillet, 728). — Condensation des produits volatils de la distillation, 729: — (condensateurs, 730; laveur, 731; appareil de Pelouze et Audouin, 732; extracteur, 733; extracteur à jet de vapeur, 734). — Epuration chimique du gaz d'éclairage, 735: — (par la chaux, 736, par les acides et les sels métalliques, 737, par le mélange de Laming, 737). — Gazomètre, 739. — Statique de la préparation du gaz, 741. — Distribution du gaz, 741. — Soupape hydraulique, 745. — Régulateur de la pression du gaz, 745. — Essai du gaz d'éclairage, 746: — (Méthode gazométrique, 748; détermination du poids spécifique, 749; appareil d'Erdmann, 750; essai photométrique, 750; appareils de Dumas et Regnault, 750). — Compteurs, 752. — Régulateur de consommation, 754. — Brûleurs ou becs, 755. — Produits secondaires de la fabrication du gaz de houille, 756: — Coke, 756, eau ammoniacale, 756, goudron de houille, 757, chaux épuisée, 758, soufre du mélange de Laming, 758. — Composition du gaz de houille, 758. — Gaz portatif, 758. — Fabrication du gaz à domicile, 759; appareil de Verdier, 760; — Statistique de l'industrie du gaz, 761. — B. *Gaz au bois*, 762. — Historique et généralités, 762. — Fabrication du gaz au bois, 764. — Brûleurs pour le gaz au bois, 764. — C. *Gaz de tourbe*, 765. — Produits de la distillation de la tourbe, 765. — Production et composition du gaz de tourbe, 766. — D. *Gaz à l'eau*, 766. — Fabrication du gaz à l'eau, 766. — Gaz-platine de Gillard, 767. — Gaz à l'eau carburé, 768: — Procédé de White, 769, gaz mixte de Leprince, 770, procédé d'Isoard, 771, méthode de Baldamus et Grüne, 771, procédé de Kirkham, 771, gaz d'air, 772; appareil de Verdier, 772. — E. *Gaz extrait des corps gras*, 773. — Produits de la distillation des huiles grasses, 773. — Préparation du gaz d'huile, 775. — Gaz de suint, 774. — F. *Gaz d'huile de schiste, gaz d'huile de paraffine et gaz de pétrole*, 775. — Appareil de Hirzel, 776; gaz de créosote, 778. — G. *Gaz de résine*, 778.

Autres modes d'éclairage, 779. — Lumière de Drummond, 779. — Lumière de Tessié du Motay, 780; lumière oxycarbonée, 780. — Eclairage au magnésium, 781. — Lumière de Chatham, 782. — Eclairage électrique, 782: — Régulateur de la lumière électrique, 784; bougies Jablochkoff, 786; lampe à charbons obliques, 787; bougie de Wilde, 788. — Pouvoir éclairant des matières éclairantes, 789.

Industrie de la paraffine et des huiles minérales, 790. — *Paraffine*, 798. — Extraction de la paraffine du pétrole, de l'ozokerite et du bitume, 790. — Préparation de la paraffine par distillation sèche, 793. — Préparation du goudron, 794; distillation de la matière brute, 794; condensation des vapeurs de goudron, 795. — Propriétés du goudron, 797: — Déshydratation du goudron, 798. — Distillation du goudron, 798. — Traitement des produits de la distillation, 800. — Rectification des huiles, 801. — Purification de la paraffine brute, 802. — Procédé de Hübner, 803. — Traitement des huiles brutes de schiste et de boghead, 804. — Rendement industriel, 805. — Propriétés et usages de la paraffine, 807. — *Fabrication des huiles minérales*, 808.

Pétrole, 812. — Généralités et état naturel, 812. — Formation du pétrole, 814. — Extraction du pétrole, 815. — Raffinage du pétrole brut, 816. — Constitution chimique des pétroles, 821. — Applications industrielles du pétrole, 821. — Importance de l'industrie du pétrole, 825.

CHAPITRE VIII

DES COMBUSTIBLES ET DES APPAREILS DE CHAUFFAGE.

(PAGES 825 A 922)

Des combustibles en général, 825. — Combustibilité, 825. — Inflammabilité, 826. — Effet calorifique, 826. — Détermination de l'effet calorifique absolu, 826; — d'après Karimarsch, 827, d'après Berthier, 827, par l'analyse élémentaire, 829, d'après A. Stro-

meyer, 829. — Effet calorifique spécifique, 850. — Effet calorifique pyrométrique, 850. Équivalent mécanique de la chaleur, 851.

Bois et charbon de bois, 852. — *Bois*, 852. — Du bois en général, 852. — Éléments du bois, 853. — Valeur calorifique du bois, 854. — *Charbon de bois*, 855. — Carbonisation en meules, 856. — Carbonisation en tas, 840. — Carbonisation en fours, 840. — Carbonisation avec production simultanée de goudron, 845. — Goudron de bois, 846. — Rendement en charbon, 846. — Différentes sortes de charbons de bois, 846. — Composition, propriétés et usages du charbon de bois, 847. — Combustibilité et valeur calorifique du charbon de bois, 848. — Charbon roux, 848. — Bois roux, 849.

Tourbe et charbon de tourbe, 849. — Formation et composition de la tourbe, 849. — Production de la tourbe, 849. — Déshydratation de la tourbe, 851. — Tourbe pressée, 854. — Valeur calorifique de la tourbe, 854. — Nouvelle application de la tourbe, 854. — Charbon tourbe, 855.

Lignite et anthracite, 856. — Origine et propriétés du lignite, 856. — Différentes sortes de lignites, 857. — Terre aluminieuse, 858. — Composition des lignites, 858. — Usages du lignite, 859. — Anthracite, 859. — Coke d'anthracite, 859. — Production du lignite et de l'anthracite, 860.

Houille, 860. — Généralités et mode de formation des dépôts de houille, 860. — Principaux gisements houillers, 861. — Éléments accessoires des houilles, 861. — Classification des houilles, 862. — *Houilles grasses*, 863. — *Houilles maigres*, 865. — *Houilles demi-grasses*, 863. — Effet calorifique et pouvoir évaporatoire des houilles, 868. — Charbon de boghead, 869. — Houille feuilletée, 869. — Wemysscoal, 869. — Carbonite, 869. — Production de la houille, 869.

Graphite ou plombagine, 871. — État naturel du graphite, 871. — Propriétés, composition et usages du graphite, 872.

Coke, 873. — Généralités, 873. — Lavage des houilles, 873. — Carbonisation en meules, 874. — Carbonisation en fours, 875 (fours à coke fermés, 876, carbonisation des menus de houille, 877, fours Appolt, 879, fours de Marsilly, 881, de Jones, 881, fours de Fromont et de Gendebien, 881, de Pauwells et Dubochet, 881, de Knab, 882, de Coppée, 882.) — Propriétés et valeur calorifique du coke, 885. — Composition du coke, 884.

Combustibles artificiels agglomérés, 884. — Péras, 884. — Charbon patenté de Wylam et Warlich, 885. — Charbon de Paris, 885. — Briquettes, 885.

Combustibles liquides, 886. — Emploi du pétrole comme combustible, 886; son pouvoir évaporatoire, 886.

Combustibles gazeux, 887. — Gaz des hauts fourneaux, 887. — Gaz de générateurs, 887. — Régénérateur de Siemens avec chauffage au gaz, 888. — Gaz de chauffage, 888.

Appareils de chauffage, 889. — Généralités, 889.

I. *Chauffage des habitations*, 891. — Chauffage direct, 891. — Chauffage à l'aide des cheminées, 891. — Foyer Mousseron, 893. — Cheminées-poêles, 894. — Chauffage à l'aide des poêles, 894; poêles en fer, 895; poêles en argile cuite, 896; poêles mixtes, 898; poêles de Wolpert et Meidinger, 899; poêle de Henschel, 900; poêle de Martin, 901; brasero Mousseron, 901. — Chauffage par les calorifères, 905. — Chauffage par des canaux, 906. — Chauffage par l'eau bouillante, 906. — Chauffage à la vapeur, 908; chauffage à l'eau et chauffage à la vapeur combinés, 908. — Chauffage au gaz, 908. — Chauffage sans l'emploi des combustibles ordinaires, 909.

II. *Chauffage des chaudières; fumivorté*, 910. — Généralités, 910. — Foyers fumivores, 911. — Élimination de la fumée par lavage des produits de la combustion, 913. — Grilles perfectionnées, 914 (grille à gradins, 914, grille à étages, 914, grilles mobiles, 914, grille à chaînette, 914, grille rotative, 915). — Alimentation perfectionnée de la grille, 916 (dispositif de Stauley, 916, foyers à flamme renversée, 916, grille à secousses de Vogl, 917, grille de Boquillon, 917, appareils de Culter et George, 918, grille de Fletscher, 918, grille cloisonnée de Mousseron, 918. — Fumivorté à l'aide de chargements méthodiques, 918. — Fumivorté par injection d'air, 920. — Résumé, 921.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES

(Les chiffres romains indiquent le volume, les chiffres arabes la page.)

A

Absinthe, II, 588.
 Acétate d'aluminium, I, 629.
 — de calcium, II, 555.
 — de cuivre, I, 426.
 — de plomb, I, 158.
 — de sodium, II, 555.
 Acétimétrie, II, 545.
 Acide abiétiq.ue, II, 591.
 — acétique, II, 555.
 — — cristallisable, II, 555.
 — anthraflavique, II, 596.
 — antimonique, I, 184.
 — arsénieux, I, 486, 649.
 — arsénique, I, 187.
 — azotique, I, 317.
 — — fumant, I, 525.
 — benzoïque, II, 585.
 — binitronaphtalique, II, 586.
 — borique, I, 594, 646.
 — — extraction (de l'), I, 597.
 — — formation (de l'), I, 596.
 — butyrique, II, 558.
 — caprique, II, 558.
 — caproïque, II, 558.
 — caprylique, II, 558.
 — carbonique, II, 580.
 — carbonique, II, 404.
 — carminique, II, 607.
 — cérotique, II, 695.
 — des chambres, I, 477.
 — chlorhydrique, I, 494.
 — citrique, II, 563.
 — coccinique, II, 569.
 — cocostéarique, II, 569.
 — euxanthique, II, 617.
 — fluorhydrique, I, 717.
 — gras, II, 654.
 — hyposulfureux, I, 459.
 — isopurpurique, II, 582.

Acide lactique, II, 551.
 — morintannique, II, 616.
 — naphthoïque, II, 585.
 — oléïque, II, 572, 654.
 — oléobutyrique, II, 558.
 — palmitique, I, 568; II, 558, 654.
 — paranitrobenzoïque, II, 567.
 — paratartrique, II, 362.
 — phénique, II, 558, 562, 580.
 — phtalique, II, 585, 589.
 — picrique, II, 581.
 — pinique, II, 591.
 — purpurique, II, 600.
 — pyrogallique, II, 590.
 — pyroligneux, II, 548, 552.
 — racémique, II, 562.
 — ricinoléique, II, 691.
 — rosolique, II, 585.
 — rubérythrique, II, 601.
 — salicylique, II, 182, 241, 555, 558.
 — sébacique, II, 691.
 — stéarique, II, 654.
 — succinique, II, 155, 177.
 — sulfindigotique, II, 614, 629.
 — sulfocarbonique, I, 489.
 — sulfureux, I, 459, II, 555.
 — sulfurique, I, 464.
 — — anglais, I, 466.
 — — fumant, I, 464.
 — — production (de l'), I, 489.
 — sylvique, II, 391.
 — tannique, II, 444.
 — tartrique, II, 359.
 — trinitrocrésylique, II, 581.
 — trinitrophénique, II, 581.
 Acier d'affinage, I, 48.
 — Bessemer, I, 59.
 — brut, I, 48.
 — de carburation, I, 55.
 — de cémentation, I, 55.
 — de Chenot, I, 49.

- Acier composition (de l')**, I, 65.
 — corroyé, I, 57.
 — damassé, I, 62.
 — fondu, I, 57.
 — de forge, I, 49.
 — de Glisenti, I, 59.
 — de Heaton, I, 55.
 — indien, I, 48.
 — industrie (de l'), I, 64.
 — de Krupp, I, 59.
 — à loupe, I, 48.
 — de Martin, I, 54.
 — naturel, I, 48.
 — phosphoreux, I, 60.
 — poule, I, 55.
 — production (de l'), I, 65.
 — puddlé, I, 49.
 — soufflé, I, 48.
 — de tungstène, I, 62.
 — de Tunner, I, 55.
 — d'Uchatius, I, 54.
Acierage, I, 261.
Affinage de l'argent, I, 246.
 — de la fonte, I, 52.
 — de l'or, I, 252.
 — du verre, I, 661.
 — au charbon de bois, I, 55.
 — au four à reverberé, I, 55.
 — au petit foyer, I, 35.
 — suédois, I, 55.
Agrégat Ducournau, I, 815.
Aigue marine, I, 700.
Alambic de Salleron, II, 472.
Albane, II, 599.
Albâtre, I, 819.
Albite, I, 721.
Albolithe, I, 819.
Alcalimétrie, I, 528.
Alcarrazas, I, 761.
Alcool, II, 259.
 — absolu, II, 281.
 — de garance, II, 603.
 — méthylique, II, 352, 355.
 — octylique, II, 691.
 — production (de l'), II, 262.
 — de soufre, I, 489.
 — de vin, II, 277.
Alcoolisage, II, 202.
Alcoomètres, II, 547.
Aldéhyde, II, 555.
Ale, II, 242.
Alfa, II, 10, 24.
Alfénide, I, 446.
Algarobillas, II, 446.
Alizarine, II, 602.
 — artificielle, II, 592.
 — bleue, II, 597.
 — brune, II, 598.
 — commerciale, II, 604.
 — jaune, II, 604.
 — à reflet bleu, II, 594.
Alizarine à reflet jaune, II, 594.
 — verte, II, 604.
Alkanna, II, 609.
Alliages, I, 5.
 — d'antimoine, I, 185.
 — d'argent, I, 220.
 — de bismuth, 165.
 — pour clous de navire, I, 155.
 — de cuivre, I, 107.
 — d'étain, I, 158.
 — monétaires, I, 220, 255.
 — d'or, I, 235.
 — des orfèvres, I, 221, 256.
 — des tuyaux d'orgue, I, 155.
 — de platine, I, 205.
 — de plomb, I, 135.
 — de Wood, I, 179.
Allumettes, II, 508.
 — antiphosphoriques, II, 517.
 — -bougies, II, 519.
 — production (des), II, 519.
 — de sûreté, II, 518.
Alpaka, I, 417.
Alquifoux, I, 128, 738, 765.
Aluminate de sodium, I, 627.
Aluminium, I, 248.
Alun, I, 612.
 — d'ammonium, I, 624.
 — d'argile, I, 619.
 — de bauxite, I, 622.
 — calciné, I, 624.
 — concentré, I, 620, 625.
 — cubique, I, 613, 625.
 — de chrome, I, 454.
 — de cryolithe, I, 619.
 — en farine, I, 616.
 — de feldspath, I, 625.
 — insoluble, I, 625.
 — neutre, I, 625.
 — de plume, I, 612.
 — de potassium, I, 625.
 — raffiné, I, 618.
 — de Rome, I, 615.
 — de sodium, I, 624.
Alunite, I, 612.
Alum-cake, I, 619.
Amalgamation, I, 207, 228.
 — américaine, I, 210.
 — européenne, I, 207.
 — par le sodium, I, 228.
Amalgames, I, 196.
 — de cuivre, I, 117.
Améthyste, I, 700.
Amidin, II, 53, 66.
Amidochlorure de mercure, I, 197.
Amidon, II, 55.
 — de froment, II, 59.
 — grillé, II, 67.
 — de maïs, II, 65.
 — de manioc, II, 66.
 — de marrons d'Inde, II, 65.

Amidon de riz, II, 64.
 Ammoniaque, I, 555.
 — des betteraves, I, 555.
 — des eaux du gaz, I, 542, 545.
 — du gaz du gueulard, I, 19, 542.
 — des os, I, 555.
 — préparation (de l'), I, 558.
 — de l'urine, I, 550.
 — des sulfioni, I, 540.
 Amykos, I, 602; II, 554.
 Anémomètre, I, 469.
 Anhydrite, I, 375, 810.
 Aniline, II, 568.
 — brute, II, 568.
 — fulminante, I, 550.
 Annaline, I, 827, II, 27.
 Anthracène, II, 564, 591.
 Anthracite, II, 859.
 — production (de l'), II, 860.
 Anthrapurpurine, II, 596.
 Anthraquinone, II, 592.
 Antichlore, II, 56.
 Antimoine, I, 180.
 — cru, I, 182.
 — extraction (de l'), I, 180.
 — sulfuré, I, 180.
 Apatite, I, 561.
 Appareils de chauffage, II, 889.
 — distillatoires, II, 281.
 — à triple effet, II, 123.
 Arcanson, II, 590.
 Arcot, I, 114.
 Aréomètres, II, 317.
 Argent, I, 206.
 — antimonié sulfuré, I, 206.
 — arsénio-sulfuré, I, 206.
 — d'assiette, I, 210.
 — battu, I, 158.
 — blanc, I, 206.
 — de Chine, I, 117.
 — d'éclair, I, 216.
 — essai (de l'), I, 222.
 — extraction (de l'), I, 207.
 — en feuilles faux, I, 158.
 — fin, I, 219.
 — du Pérou, I, 117.
 — production (de l'), I, 218.
 — raffiné, I, 210, 218.
 — sulfuré, I, 206.
 Argentan, I, 115.
 Argenture, I, 223, 259, 680, 745.
 Argile, I, 720, 725.
 — à briques, I, 726.
 — à cazettes, I, 724.
 — figuline, I, 725.
 — limoneuse, I, 726.
 — plastique, I, 724.
 — réfractaire, I, 724.
 — salée, I, 366.
 — smectique, I, 725.
 Arracka, II, 556.

Arrow-root, II, 65.
 Arséniate de sodium, I, 187.
 Arsenic, I, 186.
 — blanc, I, 186.
 — noir, I, 186.
 — rouge, I, 188.
 Arsénillo, I, 92.
 Arsénieuse de cobalt, I, 78.
 Ascoline, II, 705.
 Aseptine, I, 602, II, 554.
 Asphalte, II, 392.
 — artificiel, II, 561.
 Astrakanite, I, 375.
 Astralite, I, 708.
 Atakamite, I, 91.
 Aurine, II, 579, 582.
 Avalies, II, 418.
 Avélanèdes, II, 447.
 Aventureine, I, 708.
 — de chrome, I, 710.
 Axinite, I, 595.
 Axonge, I, 570.
 Azale, II, 604.
 Azaleine, II, 572.
 Azolitmine, II, 615.
 Azotate d'ammonium, I, 560.
 — d'argent, I, 224.
 — d'étain, I, 162.
 — de potassium, I, 500.
 — de sodium, I, 508, 315.
 Azoture de bore, I, 597.
 Azuline, II, 576, 583.
 Azurage du papier, II, 37.
 Azurine, II, 576, 584.
 Azurite, I, 91.

B

Babeurre, II, 557.
 Bablah, II, 446.
 Bacs refroidisseurs, II, 254.
 Bain de bouse, II, 642.
 Balata, II, 402.
 Baldaques, I, 752.
 Bamboo, I, 750.
 Bandanas, II, 647.
 Barattes, II, 556.
 Barbotine, I, 751.
 Barille, I, 586.
 — de cuivre, I, 91.
 Barillet, II, 728.
 Barras, II, 589.
 Baryte, I, 647, 829, II, 120.
 Baryto-calcite, I, 789.
 Barwood, II, 606.
 Basalte, I, 750.
 Bâtardes, II, 454, 443.
 Bâtiments de graduation, I, 579.
 Baumes, II, 589.
 — de soufre, I, 458.

- Bauxite**, I, 8, 622.
Becs à gaz, II, 755.
Belmontine, II, 791.
Benzine, II, 560, 564, 809, 817, 820, 825.
Benzol, II, 563, 564, 809.
Benzoline, II, 809.
Béryl, I, 700; II, 646.
Béton, I, 815.
Betterave à sucre, II, 80.
 — composition (de la), II, 85.
Beurre, II, 536.
 — artificiel, II, 538.
 — de Galam, I, 568.
 — de paraffine, II, 802.
Bicarbonate de sodium, I, 455.
Bichlorure d'étain, I, 162.
 — de mercure, I, 196.
Bichromate d'ammonium, I, 149.
Bière, II, 209.
 — caractères (des), II, 249.
 — composition (de la), II, 246.
 — essai (de la), II, 251.
 — fabrication (de la), II, 209.
 — — d'après Pasteur, II, 245.
 — production (de la), II, 210.
 — verte, II, 259.
Biltingue, II, 549.
Bioxyanthraquinone, II, 588.
Biscuit de porcelaine, I, 756.
 — de viande, II, 549, 550.
Bismuth, I, 165.
 — extraction (du), I, 165.
 — hydrocarbonaté, I, 165.
 — natif, I, 165.
 — production (du), I, 165.
 — oxydé, I, 165.
 — sulfuré, I, 165.
 — — cuprifère, I, 165.
Bisulfate de sodium, I, 499.
Bisulfite de sodium, I, 462.
Bisulfure d'étain, I, 160.
Bitartrate de potassium, II, 565.
Bitume, II, 392, 793.
 — solide, II, 792.
Bixine, II, 616.
 — commerciale, II, 616.
Blackband, I, 8.
Blanc de baleine, II, 697.
 — de baryte, I, 510, 822, II, 27.
 — de fard, I, 165.
 — fixe, I, 832, II, 27.
 — de Hambourg, I, 146.
 — de Hollande, I, 146.
 — de Krems, I, 145.
 — de magnésie, II, 27.
 — métallique, I, 177.
 — de neige, I, 175.
 — de perle, I, 145.
 — permanent, I, 832, II, 27.
 — de plomb, I, 139.
 — de trémie, I, 176.
Blanc de Venise, I, 146.
 — de zinc, I, 174, 647.
Blanchiment, II, 618.
 — de l'acide azotique, I, 519.
 — des bougies, II, 687.
 — de la cire, II, 692.
 — du coton, II, 620.
 — des épingles, I, 159.
 — de l'huile de palme, I, 568.
 — de la laine, II, 625.
 — du lin, II, 621.
 — de la pâte de papier, II, 54.
 — de la soie, II, 456, 625.
Blanquette, I, 586.
Blende, I, 166.
Bleu alcalin, II, 576.
 — d'aniline, II, 576.
 — d'azur, I, 79.
 — de Brème, I, 120.
 — céleste, I, 81.
 — de chinoline, II, 598.
 — de cobalt, I, 80.
 — égyptien, I, 125.
 — d'email, I, 81.
 — de Fayolle, II, 574.
 — de France, I, 78, II, 629.
 — Horace-Vernet, I, 124.
 — à l'huile, I, 124.
 — à l'iode, II, 577.
 — de Leithener, I, 80.
 — de lépidine, II, 598.
 — pour linge, II, 614.
 — lumière, II, 577.
 — de Lyon, II, 576.
 — minéral, I, 125.
 — de montagne, I, 125.
 — de Mulhouse, II, 576.
 — de naphthaline, II, 588.
 — de naphlyle, II, 577, 588.
 — Napoléon, II, 655.
 — de Nicholson, II, 576.
 — nouveau, II, 614.
 — de nuit, II, 577.
 — de Paris, I, 74; II, 576.
 — de Parme, II, 577.
 — de phényle, II, 585.
 — à poudrer, I, 79.
 — de Prusse, I, 74; II, 470.
 — Raymond, I, 78; II, 655.
 — royal, I, 79.
 — de Saxe, II, 629.
 — soluble, II, 576.
 — Thénard, I, 80.
 — de toluidine, II, 577.
 — de Turnbull, I, 70.
 — vapeur, II, 645.
Bleuine, II, 577.
Blue hilly, I, 10.
Boghead, II, 725, 758, 795, 869.
Bois, II, 832.
 — bleu, II, 644.

- Bois de Brésil, II, 605.
 — de Brésillet, II, 605.
 — de Campécile, II, 614.
 — conservation (du), II, 566.
 — de Cuba, II, 616.
 — jaune, II, 616.
 — de Lima, II, 605.
 — de Nicaragua, II, 605.
 — rouge, II, 605.
 — roux, II, 849.
 — de santal, II, 606.
 — de sapan, II, 605.
- Bonde hydraulique, II, 169.
 Boracite, I, 575, 594, 608.
 Borate d'ammonium, I, 602.
 — de calcium, I, 594.
 — de sodium, I, 602.
 — de sodium et de calcium, I, 607.
- Borax, I, 602.
 — calciné, I, 609.
 — de Nevada, I, 605.
 — octaédrique, I, 609.
- Boronatrocérite, I, 595, 607.
 Botryolithe, I, 595.
 Boucauage, II, 552.
 Boue superficielle, II, 250, 259.
 Bougies, II, 655.
 — d'acide sébacique, II, 691.
 — d'Apollon, II, 654.
 — de blanc de baleine, II, 697.
 — de cire, II, 691.
 — filées, II, 693.
 — de Jablochkoff, II, 786.
 — de mélanyle, II, 654.
 — de paraffine, II, 690.
 — stéariques, II, 655.
 — de Wilde, II, 788.
- Bouillon de viande, II, 545.
 Boulée, I, 569.
 Bouquet des vins, II, 171, 179.
 Bourbonite, I, 91, 127.
 Boussingaultite, I, 558.
 Boutargue, II, 551.
 Brai de bois, II, 557, 590.
 — gras, II, 590, 561.
 — de houille, II, 561.
 — liquide, II, 561.
 — sec, II, 590, 561.
- Braseros, II, 891.
 Brasero-Mous-eron, II, 901.
 Brassage, II, 225.
 — à la vapeur, II, 245.
 Braunite, I, 241.
 Brésiline, II, 605.
 Briques, I, 765.
 — calcaires, I, 766.
 — de campagne, I, 781.
 — creuses, I, 785.
 — de Dina, I, 787.
 — flottantes, I, 786.
 — hollandaises, I, 782.
- Briques légères, I, 784.
 — pressées, I, 772.
 — réfractaires, I, 786.
 — de tan, I, 786.
 — de tuf, I, 786.
- Briquet, II, 508.
 — chimique, II, 509.
 — à la Congrève, II, 509.
 — à hydrogène, I, 204; II, 508.
- Briquettes, II, 885.
 Britannia-métal, I, 158, 184.
 Brome, I, 441.
 — (production du), I, 448.
 Bromure de potassium, I, 448.
 Brongniartine, I, 498.
 Bronze, I, 107.
 — d'aluminium, I, 112, 252.
 — de cobalt, I, 82.
 — manganésé, I, 111.
 — des médailles, I, 110.
 — monétaire, I, 110.
 — d'or, I, 258.
 — phosphoreux, I, 110.
 — statuaire, I, 109.
- Brûleurs, II, 755, 764.
 Brun d'aniline, II, 580.
 — Bismarck, II, 580.
 — bistre, II, 618.
 — chimique, II, 618.
 — grenat, II, 582.
 — Havane, II, 580, 618.
 — de phényle, II, 582.
 — de Vienne, II, 580.
- Butyryne, II, 558.

C

- Câbles en fils de fer, I, 46.
 Cachou, II, 448, 618.
 — de Laval, II, 600.
 Cadmie, I, 166.
 Cadmium, I, 179.
 — (production du), I, 179.
 Calain, I, 155.
 Calamine, I, 166.
 Calcaire lithographique, I, 789.
 — stéaractique, I, 790.
 Calories, II, 826.
 Calorifères, II, 905.
 Camphine, II, 590.
 Camphre, II, 584.
 Camwood, II, 606.
 Canadol, II, 822.
 Canaris, I, 762.
 Canne à sucre, II, 72.
 — du verrier, I, 664.
 Cannel-coal, II, 723, 793, 869.
 Caoutchouc, II, 594.
 — durci, II, 598.
 — production (du), II, 599.
 — vulcanisé, II, 596.

- Capsules, I, 199.
 Carajuru, II, 609.
 Carbazotone, I, 345.
 Carboline, II, 781.
 Carbonatation double, II, 114.
 Carbonate d'ammonium, I, 540, 559.
 — de baryum, I, 850.
 — de calcium, I, 789.
 — de magnésium, I, 455.
 — de plomb, I, 159.
 — de potassium, I, 266, 272, 297.
 — de sodium, I, 584.
 Carbonisation du bois, I, 528; II, 856.
 — en fours, II, 840.
 — en meules, II, 856, 845.
 — en tas, II, 840.
 Carbonisation de la houille, II, 874.
 — en fours, II, 875.
 — en meules, II, 874.
 — en tas, II, 875.
 Carbonite, II, 869.
 Carburation du gaz, II, 771.
 Carmin, II, 607.
 — bleu, II, 614.
 — de carthame, II, 606.
 — d'indigo, II, 614.
 — d'orseille, II, 609.
 — de pourpre, II, 600.
 Carnallite, I, 267, 375.
 Carrara, I, 748.
 Carreaux, I, 782.
 Carthame, II, 606.
 Carthamine, II, 606.
 Carton, II, 48.
 — bitumé, II, 50.
 — à glacer, II, 49.
 — sans fin, II, 48, 50.
 Carton-pierre, II, 49.
 Caséine, II, 540.
 — végétale, II, 542.
 Cassave, II, 66.
 Cassitérite, I, 154.
 Cassonade, II, 76, 140.
 Castine, I, 42.
 Caviar, II, 552.
 Gazettes, I, 759.
 Celluloïde, II, 402.
 Cellulose, II, 1, 855.
 Cément, I, 55.
 Cémentation (sép. de l'or), I, 251.
 Cendres d'antimoine, I, 182.
 — de bois, I, 276; II, 854.
 — bleues, I, 123, 278.
 — gravelées, I, 282; II, 207.
 — de soude, I, 586.
 — de varechs, I, 291.
 — de zinc, I, 175.
 Cendrée, I, 155.
 Céramique, I, 720.
 Céréaline, II, 326.
 Cérésine, II, 694, 795.
 Cérine, II, 695.
 Céroline, II, 695.
 Céruse, I, 159.
 — de Mulhouse, I, 150.
 — de Pattinson, I, 144.
 Chagrin, II, 476.
 Chambres de plomb, I, 471.
 Chamoiserie, II, 474.
 Champignon du bois, II, 567.
 — des murs, II, 568.
 — du vinaigre, II, 557.
 Chandelles, II, 688.
 Chanvre, II, 7.
 — des Alléghanys, II, 10.
 — d'ananas, II, 10.
 — du Bengale, II, 9.
 — de Bombay, II, 9.
 — de Calcutti, II, 9.
 — des Indiens, II, 10.
 — de Manille, II, 10.
 Chaptalisation, II, 198.
 Charbon anthracitique, II, 865.
 — de boghead, II, 725, 869.
 — de bois, I, 527; II, 855.
 — chandelle, II, 725.
 — comprimé, II, 885.
 — de cornues, II, 756, 785.
 — double, II, 856.
 — de forge, II, 865.
 — à gaz, II, 725, 865, 865.
 — d'os, II, 521.
 — de Paris, II, 885.
 — patenté, II, 885.
 — roux, II, 529; II, 848.
 — de terre, II, 725.
 — de tourbe, II, 855.
 — de varechs, I, 294, 459; II, 550.
 — de vinasse, I, 285.
 Charge, I, 5.
 Charrée, I, 279.
 — de soude, I, 412.
 Chaudière à carbonater, II, 111.
 — à cuire le sucre, II, 151.
 — à défécation, II, 107.
 — évaporatoire, II, 119.
 Chauffage, II, 889.
 — par l'air, II, 905.
 — de la bière, II, 241.
 — par les canaux, II, 906.
 — des chaudières, II, 910.
 — par les cheminées, II, 891,
 direct, II, 891.
 — par l'eau bouillante, II, 906.
 — au gaz, II, 908.
 — des habitations, II, 891.
 — par les poêles, II, 894.
 — à la vapeur, II, 908.
 — des vins, II, 182.
 Chaux, I, 647, 789; II, 104.
 — d'argent, I, 252.
 — carbonatée fétide, I, 789.

- Chaux carbonatée marnense, I, 789.
 — cuisson (de la), I, 790.
 — extinction (de la), I, 796.
 — du gaz, I, 57; II, 736, 758.
 — hydraulique, I, 801.
 — limite, I, 806.
 — phosphatée terreuse, I, 561.
 — sulfatée, I, 819.
 Cheminées, II, 891.
 Cheminées-poêles, II, 894.
 Chevrotines, I, 135.
 Chiffons, II, 25.
 — découpage et nettoyage (des), II, 27.
 — défilage, II, 30.
 — succédanés (des), II, 24.
 Chinagrass, II, 8.
 Chinoline, II, 598.
 Chloralum, I, 650.
 Chlorate de potassium, I, 524.
 Chlore, I, 499, 505; II, 15.
 Chlorhydrate d'ammoniaque, I, 555.
 Chlorhydrate de chrysaniline, II, 579.
 Chlorométrie, I, 520.
 Chloroplatinate d'ammonium, I, 204.
 Chlorures alcalins, I, 499, 523.
 — d'alumine, I, 525.
 — d'aluminium, I, 650.
 — d'ammonium, I, 555.
 — de baryte, I, 524.
 — de baryum, I, 510, 851.
 — de chaux, I, 499, 500, 511; II, 53.
 — — essai (du), I, 520.
 — — production (du), I, 520.
 — de chrome, I, 154.
 — d'étain, I, 162.
 — de magnésie, I, 524.
 — de magnésium, I, 267.
 — d'or et de potassium, I, 240.
 — — sodium, I, 240.
 — de platine et d'étain, I, 205.
 — de plomb, I, 144.
 — de potasse, I, 525.
 — de potassium, I, 267.
 — de sodium, I, 565.
 — — et d'aluminium, I, 250.
 — de soufre, I, 494.
 — de zinc, I, 177.
 Chondrine, II, 478.
 Chromate d'argent, I, 152.
 — de baryum, I, 152.
 — de fer, I, 152.
 — de mercure, I, 152.
 — de plomb, I, 151.
 — de potassium, I, 147.
 — de zinc, I, 177.
 Chromatomètre, II, 205.
 Chronoscope, I, 345.
 Chrysaniline, II, 579.
 Chrysorhamnine, II, 617.
 Chrysotoluidine, II, 580.
 Chylarose, II, 148.
 Cidre, II, 208.
 Cierges, II, 695.
 Cigares, II, 379.
 Ciments, I, 805.
 — anglais, I, 805.
 — de calcédoine, I, 809.
 — de magnésie, I, 817.
 — métalliques, I, 179.
 — de Paros, I, 828.
 — de Portland, I, 806.
 — de Portland de Boulogne, I, 812.
 — romain, I, 805.
 Cinabre, I, 197.
 — d'antimoine, I, 185.
 — préparé, I, 197.
 — vert, I, 152.
 Cinchonine, II, 598.
 Cire, I, 691.
 — des abeilles, II, 691.
 — — artificielle, II, 694.
 — d'Amérique, II, 693.
 — des Andaqües, II, 695.
 — à cacheter, II, 591.
 — de Carnanba, II, 695.
 — de Chine, II, 695.
 — à dorer, I, 259.
 — du Japon, II, 695.
 — minérale, II, 694, 791.
 — de myrica, II, 694.
 — d'Ocuba, II, 694.
 — de palmier, II, 694.
 Citron (jus concentré de), II, 564.
 Clairçage, II, 135, 157, 142.
 Clayband, I, 8.
 Cobalt, I, 78.
 — arsénical, I, 78.
 — gris, I, 78.
 — à mouches, I, 186.
 Cobaltage, I, 265.
 Cobaltine, I, 78.
 Cochenille, II, 607.
 Coceine, II, 600.
 Cocinine, I, 569.
 Cœline, I, 81.
 Cœrulcine, II, 590.
 Cœruléum, I, 81.
 Cognac, II, 278.
 Coir, II, 10.
 Coke, II, 756, 875.
 — d'anhracite, II, 860.
 — de boghead, II, 769.
 Colcothar, I, 465.
 Collage du papier, II, 37, 41.
 — du vin, II, 190.
 Colle, II, 477.
 — albuminoïde, II, 491.
 — d'amidon, II, 411.
 — au baquet, II, 485.
 — brevetée, II, 485.
 — à bouche, II, 486.
 — caséine, II, 492.

- Colle de Cologne, II, 480.
 — élastique, II, 492.
 — essai (de la), II, 487.
 — de Flandre, II, 479, 482.
 — forte, II, 479.
 — gluten, II, 491.
 — de Hollande, II, 482.
 — liquide, II, 486.
 — marine, II, 410.
 — -matières, II, 479.
 — d'os, II, 484.
 — de peau, II, 479.
 — de poisson, II, 490.
 — succédanés (de la), II, 491.
 — végétale, II, 491.
- Collidine, II, 345.
 Collodion, I, 365.
 Colophane, I, 572; II, 590.
 Coloration des métaux, I, 265.
 Colorimètre, II, 612.
 Colorine, II, 604.
 Combustibles, II, 825.
 — agglomérés, II, 884.
 — gazeux, II, 887.
 — liquides, II, 886.
- Combustion lente, II, 154.
 Composition grise, I, 549.
 — incendiaires, I, 550.
 — de verre soluble, I, 587.
- Compteurs du gaz, II, 752.
 Concrete, I, 812.
 Condensateurs, II, 729.
 Condenseur à injection, II, 153.
 Conditionnement de la soie, II, 454.
 Conduites à gaz, II, 744.
 Coniférine, II, 854.
 Conservation de la bière, II, 256.
 — du bois, II, 356.
 — de la viande, II, 548.
 — du vin, II, 182.
- Convertisseur, I, 51.
 Copperah, I, 569.
 Coquelicot, II, 585.
 Coralline, II, 582.
 Corduan, II, 466.
 Cornish stone, I, 727.
 Cornues à gaz, II, 725.
 Corroyage du fer, I, 45.
 — des peaux, II, 460.
- Cosmoline, II, 825.
 Coton, II, 11.
 — égrenage (du), II, 12.
 — essai (du), II, 17.
 — filature (du), II, 12.
 — -poudre, I, 559.
 — production (du), II, 11.
 — succédanés (du), II, 15.
- Couleurs d'acide urique, II, 600.
 — d'aniline, II, 572, 644.
 — d'anthracène, II, 591.
 — d'application, II, 658, 642.
- Couleurs de bronze, I, 115.
 — de cinchonine, II, 598.
 — de cuivre, I, 120.
 — de cobalt, I, 78.
 — frittées, I, 744.
 — de garance, II, 601.
 — de goudron, II, 559.
 — à lavis, II, 559.
 — de mercaptan, II, 600.
 — de mouffe, I, 743.
 — de naphthaline, II, 584.
 — à pastel, II, 559.
 — de phtaléine, II, 589.
 — de résorcine, II, 599.
 — de sève, II, 559.
 — vapeur, II, 658, 645.
 — vitriifiables, I, 704, 744.
- Coupeellation, I, 215, 222.
 Couperose blanche, I, 176.
 — bleue, I, 118.
 — verte, I, 66.
- Couverte, I, 756.
 Covelline, I, 124.
 Craie, I, 789.
 — rouge, I, 726.
- Crayons de graphite, I, 872.
 Crème, II, 356.
 — d'amendes nacrée, I, 590.
 — de tartre, II, 563.
- Crèmes (liqueurs), II, 387.
 Crèmeuse, II, 556.
 Créosote, II, 557, 800.
 Creusets, I, 788.
 — de verrerie, I, 650.
- Cristal, I, 691.
 — trempé, I, 697.
- Cristaux d'alambics, II, 559.
 — des chambres de plomb, I, 467.
 — de lies, II, 559.
 — de soude, I, 408.
 — de tartre, II, 563.
- Crocus, I, 182.
 Crownglass, I, 697.
 Cryolithe, I, 619, 627.
 Cryptidine, II, 598.
 Cubilot, I, 26.
 Cudbear, II, 608.
 Cuir, II, 441.
 — blanc, II, 470.
 — bronzé, II, 475.
 — de Cordoue, II, 466.
 — en croûtes, II, 465.
 — pour gants, II, 471.
 — gras, II, 468.
 — de Knapp, II, 472.
 — de Russie, II, 462.
 — de Turquie, II, 465.
 — verni, II, 466.
- Cuite du sirop, II, 150.
 Cuivrage, I, 260.
 Cuivre, I, 90.

- Cuivre alliages (du), I, 107.
 — ampoulé, I, 104.
 — blanc, I, 115.
 — — de Suhl, I, 117.
 — brut, I, 102.
 — de ciment, I, 104.
 — chloruré, I, 91.
 — extraction (du), I, 92.
 — gris, I, 91, 206.
 — malléable, I, 98.
 — noir, I, 95, 102.
 — oxydulé, I, 91.
 — panaché, I, 91.
 — production (du), I, 106.
 — pyriteux, I, 91.
 — raffiné, I, 96.
 — rosette, I, 96.
 — sulfuré, I, 91.
 Cupro-manganèse, I, 112.
 Curcuma, II, 617.
 Carcumine, II, 617.
 Cuve à l'arsenic, II, 628.
 — à la couperose, II, 628.
 — à l'étain, II, 628.
 — à l'hydrosulfite, II, 628.
 — à l'indigo, II, 626.
 — à l'orpiment, II, 628.
 — de pastel, II, 626.
 — à la potasse, II, 627.
 — au sucre, II, 629.
 — à la soude, II, 627.
 — à l'urine, II, 628.
 — au vitriol, II, 628.
 — au zinc, II, 628.
 Cuve-guilloire, II, 258.
 — -matière, II, 226.
 — -reverdoire, II, 258.
 Cuvette à verre, I, 652.
 Cyanine, II, 598.
 Cyanure de baryum, I, 71, 541.
 — métalliques, I, 17.
 — de potassium, I, 75.
 Cymogène, II, 817.
- D**
- Dablia, II, 575.
 Datholite, I, 595.
 Déchalage des jus sucrés, II, 108.
 Déchets, I, 5.
 Décreusage de la soie, II, 455.
 Défauts du verre, I, 662.
 Défféation des jus sucrés, II, 75, 105.
 — par la baryte, II, 110.
 Dêfilé, II, 50.
 Dêgommage, II, 455.
 Dêgras, II, 462, 475.
 Dêmétage, II, 225.
 Demi-pâte, II, 50.
 Demi-porcelaine, I, 755.
 Dênaturation du sel, I, 382.
 Dênitrificateur, I, 470.
- Densité gravimétrique, I, 558.
 Désargementation du plomb, I, 215.
 Dextrine, II, 66.
 — blanche, II, 68.
 — Heuzé, II, 68.
 — sucrée, II, 152.
 Dextrose, II, 147.
 Dialyse, II, 98.
 Dialyseur, II, 159.
 Diamant de bore, I, 611.
 Diaphanomètre, II, 516.
 Diastase, II, 222, 267.
 Diatite, II, 411.
 Diazorésorcine, II, 599.
 Diazorésorufine, II, 599.
 Diffusion, II, 98, 159.
 Diphénylamine, II, 577.
 Dispoline, II, 598.
 Distillation, II, 270.
 — des acides gras, II, 668.
 — du bois, II, 548, 845.
 Dividivi, II, 446.
 Dolomie, II, 435, 789.
 Dorure, I, 258, 259, 744.
 — brillante, I, 745.
 — au feu, I, 259.
 — de Meissen, I, 745.
 — de la porcelaine, I, 744.
 — au trempé, I, 258.
 — du verre, I, 681.
 Drap, II, 425.
 — brut, II, 425.
 — en toile, II, 425.
 Drèche, II, 288, 321.
 Dualine, I, 558.
 Dynamite, I, 556.
 — blanche, I, 559.
 — pour charbon, I, 558.
 — grise, I, 559.
- E**
- Eau, II, 215.
 — africaine, I, 225.
 — ammoniacale, I, 545; II, 756.
 — de chaux, I, 797.
 — de Chine, I, 225.
 — de chlore, I, 509.
 — de Cologne, II, 386.
 — distillées, II, 585.
 — d'Égypte, I, 225.
 — de fleur d'oranger, II, 585.
 — forte, I, 519.
 — du gaz, I, 544; II, 756.
 — de Javel, I, 525.
 — de Labarraque, I, 525.
 — de la mer, I, 566.
 — de mille-fleurs, II, 585.
 — de Perse, I, 225.
 — salées, I, 316.
 — à souder, I, 178.
 — vannes, I, 531.

- Eau-de-vie, II, 259, 281.
 — de betteraves, II, 272.
 — de cidre, II, 278.
 — de grains, II, 265.
 — de lie, II, 207, 278.
 — de marc, II, 278.
 — de poiré, II, 278.
 — de pommes de terre, II, 266.
- Ébonite, II, 398.
- Ébullioscope de Malligand et Vidal, II, 175.
 — de Tabarié, II, 172.
- Écarlate lutécienne, II, 600.
- Échel, I, 79.
- Éclairage, II, 618.
 — électrique, II, 782.
 — au gaz, II, 719.
 — au magnésium, II, 781.
- Éconailles, II, 468.
- Effet calorifique, II, 826.
- Égyptian, I, 750.
- Électro-chimie, I, 256.
- Électrotypie, I, 264.
- Electrum, I, 236.
- Émail, I, 706.
- Émeraaldine, II, 577.
- Émeraude, I, 700.
- Empâtage, II, 225.
- Encre d'alizarine, II, 618.
 — à copier, II, 618.
 — d'imprimerie, II, 404.
 — à marquer, I, 225; II, 618.
 — noire, II, 618.
 — rouge, II, 605.
 — violette, II, 606.
- Enlèvement, II, 584.
- Enlèvement, II, 645.
- Entonnoir-siphon, I, 322.
- Eosine, II, 590, 599.
 — à l'alcool, II, 591.
 — bleuâtre, II, 591.
- Épaississants, II, 658.
- Éponge de platine, I, 204.
- Éprouvette à crémaillère, I, 544.
 — -jauge, II, 315.
 — à Jevier, I, 544.
 — à main, I, 544.
- Épurateur, II, 755.
- Épuration du gaz, II, 755.
 — des huiles grasses, II, 704.
- Équivalent mécanique de la chaleur, II, 851.
- Erbues, I, 12.
- Érémacausie, II, 154.
- Ériomètre, II, 417.
- Érythrobenzine, II, 584.
- Érythrooxyanthraquinone, II, 589.
- Érythrosine, II, 591.
- Escarboucle, I, 700.
- Esprits, II, 281.
 — de bois, II, 555.
 — minéral, II, 262.
 — de pétrole, II, 820.
- Esprit rectifié, II, 281.
 — d'urine, I, 551.
 — de vin, II, 259.
- Essai photométrique, II, 750.
- Essayeur du gaz, II, 750.
- Essence d'amandes amères, II, 584.
 — d'eau de Cologne, II, 586.
 — de mirbane, II, 587, 567.
 — de moutarde, II, 584.
 — de moutarde artificielle, II, 703.
 — de néroli, II, 586.
 — de Niobée, II, 587.
 — d'Orient, I, 714.
 — de petit-grain, II, 586.
 — de poires, II, 587.
 — de pommes, II, 587.
 — de Portugal, II, 586.
 — de rose, II, 584.
 — de térébenthine, II, 590.
- Étain, I, 154.
 — en barres, I, 156.
 — de bois, I, 154.
 — concrétionné, I, 154.
 — extraction (de l'), I, 155.
 — en feuilles, I, 158, 670.
 — en larmes, I, 156.
 — oxydé, I, 154.
 — production (de l'), I, 157.
 — pyriteux, I, 154.
 — en rouleaux, I, 156.
- Étamage, I, 159, 261.
 — polychrome, I, 159.
- Éther méthylique, II, 557, 556.
 — œnanthique, II, 179.
 — oléique, II, 664.
 — de pétrole, II, 820, 825.
- Étreindelles, II, 664.
- Ettidine, II, 598.
- Exhausteur, II, 735.
- Explosives (préparations), I, 527.
- Extracteur, II, 735.
- Extrait de bois de Campêche, II, 615.
 — de châtaigner, I, 285.
 — de Cuba, II, 616.
 — de garance, II, 604.
 — de lait, II, 554.
 — de moût de bière, II, 251.
 — d'odeurs, II, 386.
 — de Saturne, I, 159.
 — de viande, II, 546.
 — du vin, II, 178.

F

- Faïence, I, 754.
 — anglaise, I, 755.
 — caillouteuse, I, 755.
 — calcaire, I, 755.
 — commune, I, 756.
 — feldspathique, I, 755.
 — fine, I, 755.
- Fard rouge, II, 606.

- Farine, II, 525.
 — d'arsenic, I, 186.
 — fossile, I, 726.
 — de houblon, II, 211.
 — lactée, II, 555.
 — de salpêtre, I, 307.
- Favo, II, 236.
- Fécule, II, 55.
 — en aiguilles, II, 59.
 — de cassave, II, 66.
 — gommeuse, II, 68.
 — de manioc, II, 66.
 — de pommes de terre, II, 55.
 — soluble, II, 68.
 — torréfiée, II, 67.
 — verte, II, 59.
- Feldspath, I, 721.
- Fénian fire, II, 505.
- Fer, I, 7.
 — affiné, I, 32.
 — argileux, I, 8.
 — arsénical, I, 186.
 — -blanc, I, 44, 160.
 — brut, I, 41, 49.
 — carbonaté lithoïde, I, 8.
 — chromé, I, 147.
 — ductile, I, 30.
 — extraction (du), I, 11.
 — galvanisé, I, 261.
 — des houillères, I, 8.
 — hydroxydé, I, 8.
 — magnétique, I, 7, 9.
 — minerais (de), I, 7.
 — oligiste, I, 7, 10, 375.
 — oxydé jaune, I, 8.
 — oxydé rouge, I, 7.
 — pisolorme, I, 8.
 — production (du), I, 47.
 — spathique, I, 8, 10.
 — sulfuré, I, 455, 472.
 — titané, I, 9.
- Fermentations, II, 155.
 — acétique, II, 557.
 — alcoolique, II, 154.
 — butyrique, II, 154.
 — complémentaire, II, 241.
 — avec dépôt, II, 258.
 — du jus de raisin, II, 167.
 — lactique, II, 154.
 — du moût de betteraves, II, 274.
 — — de bière, II, 236.
 — — de grains, II, 264.
 — — de pommes de terre, II, 269.
 — panaire, II, 527.
 — putride, II, 154.
 — spontanée, II, 158, 236.
 — superficielle, II, 242.
- Ferricyanure de potassium, I, 72.
 Ferrocyanure — I, 68.
 Ferromanganèse, I, 21.
- Feu fénian, I, 505.
- Feu de finerie, I, 35.
 — indien, I, 186.
- Feux blancs, I, 188.
 — colorés, I, 550.
- Feuilles d'étain, I, 158, 679.
- Feutre, II, 415, 426.
- Fibre ligneuse, II, 1, 855.
 — de noix de coco, II, 10.
 — végétale, II, 1.
- Fibres textiles, II, 11.
 — — essai (des), II, 17, 439.
 — — industrie (des), II, 16, 428, 458.
- Fibroïne, II, 452.
- Fiel de verre, I, 661.
- Fil de coton, II, 14.
- Fil de fer, I, 44.
 — galvanisé, I, 46.
 — de verre, I, 659.
- Filière, I, 44.
- Filoselle, II, 455.
- Filtres Dumont, II, 118.
 — à noir, II, 117.
 — -presses, II, 115.
 — Taylor, II, 117.
- Finage, I, 55.
- Fine métal, I, 55, 57.
- Fioles philosophiques, I, 659.
- Fisetine, II, 616.
- Flacons de Bologne, I, 659.
- Flambart, I, 572.
- Flamme, II, 649.
- Flavin, II, 617.
- Flegmes, II, 280.
- Fleurs d'arsenic, I, 186.
 — de garance, II, 605.
 — de soufre, I, 454.
- Flintglass, I, 695.
- Flintz, I, 8.
- Floss à fleurs, I, 20.
 — miroitant, I, 20.
- Flowing-colours, I, 758, 759.
- Fluavile, II, 599.
- Fluorescéine, II, 590, 599.
 — tétraiodée, II, 589.
 — tétrabromée, II, 590, 599.
- Fluorure de calcium, I, 647.
- Flux, I, 4, 279.
 — blanc, I, 514.
 — noir, I, 514.
- Fondants, I, 4.
 — de Baumé, I, 514.
- Fonte, I, 11, 19.
 — d'affinage, I, 22.
 — affinage (de la), I, 52.
 — blanche, I, 20.
 — composition (de la), I, 25.
 — émailée, I, 50.
 — grise, I, 22.
 — malléable, I, 30.
 — miroitante, I, 20.

- Fonte moulage (de la), I, 26.
 — poreuse, I, 20.
 — production (de la), I, 25.
 — truitée, I, 22.
 — vitrifiée, I, 30.
 Formes à papier, II, 38.
 — à sucre, II, 154.
 Four annulaire, I, 776.
 — Appolt, II, 879.
 — Boëtius, I, 658.
 — de boulanger, II, 529.
 — à briques, I, 772.
 — à chaux, I, 791.
 — à coke, II, 876.
 — Coppée, II, 882.
 — à étendre, I, 671.
 — à gaz, II, 727.
 — à grès, I, 750.
 — Knab, II, 882.
 — Pauwels et Dubochet, II, 881.
 — à plâtre, I, 821.
 — à porcelaine, I, 759.
 — à puddler, I, 57.
 — rotatif de Danks, I, 40.
 — — de Pernot, I, 42.
 — à sole tournante, I, 395.
 — à soude, I, 395.
 — à sulfate de sodium, I, 589.
 — à vannes, I, 657.
 — à verre, I, 652.
 — à verre avec régénérateurs, I, 655.
 Fourneau catalan, I, 31.
 — à cloches, I, 193, 209.
 — de Gerstenhöfer, I, 473.
 — à loupes, I, 12.
 Foyers à flamme renversée, II, 916.
 — fumivores, II, 911.
 — de Gall, II, 920.
 — Mousseron, II, 895.
 Franklinite, I, 9.
 Frittage, I, 660.
 Fromage, II, 540.
 Froment, II, 59.
 Fuchsine, II, 572.
 Fulmi-coton, I, 359.
 Fulminate de mercure, I, 198.
 Fulminatine, I, 358.
 Fumacchi, I, 595.
 Fumage de la viande, II, 552.
 Fumaroles, I, 595.
 Fumivorité, II, 910.
 Fustet, II, 616.
 Fustic, II, 616.
 Fustine, II, 616.
 Gahnite, I, 166.
 Galène, I, 127.
 Galipot, II, 589.
 Galléine, II, 590.
 Galles de Chine, II, 448.
 Galles des Indes, II, 446.
 Gallisage, II, 199.
 Gallons, II, 447.
 Gallotinc, II, 575.
 Galvanographie, I, 265.
 Galvanoplastie, I, 257.
 Garantage, II, 651, 655.
 Garance, II, 604.
 Garanceux, II, 604.
 Garancine, II, 604.
 Gargoulettes, I, 760.
 Garnerite, I, 85.
 Gaude, II, 617.
 Gay-Lussite, II, 789.
 Gaz d'air, II, 772.
 — de boghead, II, 758.
 — au bois, II, 762.
 — de chauffage, II, 888.
 — comprimé, II, 758.
 — de créosote, II, 778, 801.
 — à l'eau, II, 766.
 — — carburé, II, 768.
 — d'éclairage, II, 719.
 — — production (du), II, 761.
 — — essai (du), II, 746.
 — de générateurs, I, 59 ; II, 887.
 — de guculard, I, 59 ; II, 887.
 — de houille, II, 725.
 — d'huile, II, 773.
 — d'huile de paraffine, II, 775.
 — d'huile de schiste, II, 775.
 — hydrocarboné, II, 771.
 — mixte, II, 770.
 — oxy-hydrogène, II, 779.
 — de pétrole, II, 776.
 — platine, II, 767.
 — portatif, II, 758.
 — de résine, II, 779.
 — de suint, II, 774.
 — de tourbe, II, 765.
 Gazogènes, II, 887.
 Gazoline, II, 817, 820, 825.
 Gazomètre, II, 759.
 Gélatine, II, 748, 484.
 Gemme, II, 589.
 Genêt des teinturiers, II, 617.
 Genièvre, II, 279.
 Géorgine, II, 580.
 Géranosine, II, 574.
 Germination, II, 216.
 Glace (fabrication de la), I, 555.
 Glaces, I, 673.
 — argentées, I, 680.
 — platinées, I, 681.
 Glaçure, I, 756, 757, 765.
 — plombique, I, 763.
 Glaubérite, I, 498.
 Glonoïne, I, 551.
 Glu marine, II, 410.
 Glucose, II, 147.
 Gluten, II, 62.

Glycérine, II, 155, 202, 278, 321, 698.
 — brute, II, 699.
 — distillée, II, 701.
 — production (de la), II, 703.
 — raffinée, II, 699.
 Glyphographie, I, 264.
 Gobeleterie, I, 682.
 Golgas, II, 646.
 Gomme d'Alsace, II, 66.
 — élastique, II, 594.
 — gettania, II, 399.
 — plastique, II, 599.
 — de Sumatra, II, 599.
 Gommeline, II, 66, 68.
 Goudron de boghead, II, 779.
 — de bois, II, 348, 357, 835, 845.
 — de houillé, II, 559, 737.
 — — distillation (du), II, 560.
 — — production (du), II, 560.
 — de lignite, II, 797.
 — de pétrole, II, 817.
 — de schiste, II, 797.
 — de tourbe, II, 757.
 Gousses de Chine, II, 617.
 Graduation, I, 378.
 Graines d'Avignon, II, 616.
 — jaunes, II, 616.
 Graisse, II, 749.
 — belge, II, 801.
 — noire, II, 391.
 — de porc, I, 570.
 — de Reims et de Tourcoing, I, 572.
 — verte, I, 572; II, 561.
 Graphite, II, 871.
 Gravure sur acier, I, 64.
 — galvanique, I, 263.
 — du verre, I, 717, 718, 719.
 Grenat soluble, II, 582.
 — syrien, I, 700.
 Grenétine, II, 479, 482.
 Grès, I, 749.
 Grillage des minerais, I, 3.
 Grille de Boquillon, II, 917.
 — à chaînette, II, 914.
 — cloisonnée, II, 918.
 — double, II, 919.
 — à étages, II, 914.
 — à Fletscher, II, 918.
 — à gradins, II, 914.
 — rotative, II, 915.
 — à secousses, II, 917.
 Gris de perle, I, 175.
 — de pierre, I, 175.
 — de zinc, I, 175.
 Guano artésien, II, 322.
 Groisil, I, 650.
 Guenlard, I, 14.
 Guildive, II, 275.
 Gulies, I, 761.
 Gutta, II, 399.
 Gutta-percha, II, 399.

Gypse, I, 819.

H

Halimétrie, II, 256.
 Haloxylène, I, 543.
 Haussmannite, I, 241.
 Haut fourneau, I, 42.
 Hématéine, II, 615.
 Hématite rouge, I, 7.
 Hématoxyline, II, 605, 615.
 Héracline, I, 543.
 Hématinone, I, 708.
 Hœvellite, I, 375.
 Hongroyage, II, 470.
 Houblon, II, 211.
 — conservation (du), II, 212.
 — culture (du), II, 213.
 — essai (du), II, 213.
 — production (du), II, 214.
 — succédanés (du), II, 214.
 Houblonnage, II, 252.
 Houille, II, 723, 860.
 — demi-grasse, II, 863, 865.
 — grasse, II, 865, 865.
 — feuilletée, II, 869.
 — lavage (de la), II, 875.
 — maigre, II, 863.
 — maréchale, II, 865.
 — production (de la), II, 869.
 — sèche, II, 860.
 Huile d'aniline, II, 568.
 — à anthracène, II, 561, 564.
 d'arachide, I, 571.
 — de bancoul, II, 405.
 — de bassia, I, 568.
 — de blanc de baleine, II, 697.
 — de boghead, II, 795, 804.
 — de brai, II, 562.
 — de cachalot, II, 697.
 — de Canada, II, 822.
 — de carapa, I, 568.
 — de chènevis, I, 571.
 — de coco, I, 569.
 — de cognac, II, 207.
 — de coke, II, 562.
 — de colza, II, 571.
 — de coton, I, 571.
 — détonante, I, 543.
 — d'enfer, I, 571.
 — essentielles, II, 583.
 — éthérées, II, 583.
 — fulminante, I, 551.
 — de globe, II, 822.
 — de goudron, II, 561, 809.
 — de graissage, II, 810, 820.
 — grasses, II, 704.
 — de houblon, II, 211.
 — d'illipé, I, 568.
 — lampante, I, 571.
 — légères, II, 561, 562.
 — de lie, II, 207.

- Huile de lin, I, 574.
 — — cuite, II, 405.
 — lourdes, II, 561, 563.
 — de marc, II, 207.
 — minérales, II, 808.
 — moyenne, II, 562.
 — de navette, II, 706.
 — odorantes, II, 308.
 — d'olives, I, 570.
 — de palme, I, 567.
 — de paraffine, II, 801, 809.
 — de pétrole, II, 810.
 — pétrosolaire, II, 822.
 — de phoenix, II, 822.
 — de poisson, I, 571.
 — de pommes de terre, II, 509.
 — de ransse, II, 390.
 — de résine, II, 391, 779.
 — de ricin, I, 571.
 — de schiste, II, 793, 804, 809.
 — de sésame, I, 571.
 — sidérale, II, 564.
 — solaire, II, 801, 809, 820.
 — tournante, I, 571.
 — vierge, I, 570.
 — de vitriol, I, 464.
 — volatiles, II, 585.
 — de Vulcaïn, II, 822.
- Hyalite, I, 648.
 Hyalographie, I, 715.
 Hydroboracite, I, 595.
 Hydrocarbure, II, 809.
 Hydroquinone, II, 589.
 Hypochlorite d'aluminium, I, 525, 650 ; II, 55.
 — de baryum, I, 324.
 — de magnésium, I, 524.
 — de potassium, I, 525.
 — de sodium, I, 525.
 — de zinc, I, 524 ; II, 55.
 Hyposulfite d'aluminium, I, 650.
 — de sodium, I, 465.
- I**
- Ichthyocolle, II, 490.
 Impression du coton, II, 641.
 — de la laine, II, 646.
 — de la soie, II, 646.
 — des tissus, II, 557, 657.
 Indiennes, II, 641.
 Indigo, II, 609.
 — blanc, II, 644.
 — cuivré, II, 612.
 — essai (de l'), II, 611.
 — noir, II, 579.
 — production (de l'), II, 614.
 — réduit, II, 614.
 — révivification (de l'), II, 629.
 — rouge, II, 608.
 — soluble, II, 614.
 Indigotine, II, 614, 615.
- Inquartation, I, 251.
 Iode, I, 456, 565.
 — production (de l'), I, 441.
 Iodure de potassium, I, 441.
 Isatine, II, 614, 640.
 Isoline, II, 598.
 Isopurpurine, II, 596.
 Ivoire végétal, II, 599.
- Jais, II, 857.
 Jambon, II, 610.
 Jaune anglais, II, 582.
 — d'aniline, II, 579.
 — d'antimoine, I, 185.
 — brillant, I, 180.
 — de chrome, I, 450.
 — de cobalt, I, 82.
 — de Cologne, I, 151.
 — de Ganahl, II, 586.
 — de Gisela, II, 579.
 — indien, II, 617.
 — de Manchester, II, 586.
 — de Martius, II, 586.
 — de morinda, II, 617.
 — de naphthaline, II, 598.
 — de Naples, I, 184.
 — d'or, II, 582, 586.
 — d'ouïremer, I, 152.
 — royal, I, 189.
 — de Steinbutt, I, 152.
 — de zinc, I, 177.
- Jetoline, II, 580.
 Jeu d'orgue, II, 750.
 Jute, II, 9.
- K**
- Kadid, II, 548.
 Kainite, I, 267, 375.
 Kaolin, I, 721, 726.
 Karsténite, I, 575.
 Kéïa, II, 548.
 Kelp, I, 291, 587, 456.
 Kelpsalt, I, 295.
 Kératine, II, 415.
 Kermès, II, 608.
 Kérosène, II, 817.
 Kérosine, II, 822.
 Kérosolène, II, 820, 825.
 Kiésérite, I, 575.
 Kino, II, 449.
 Kirsch, II, 279.
 Koholt, I, 186.
 Kolles, I, 761.
 Kounys, II, 555.
- L**
- Lack-dye, II, 607.
 Lacs salés, I, 366.
 Lactoprotéine, II, 552.
 lactoscope, II, 534.
 Lactose, II, 552.

- Lagoni, I, 595.
 Lagonite, I, 595.
 Laine, II, 415.
 — d'alpaca, II, 415.
 — artificielle, II, 422.
 — de Cachemire, II, 414.
 — à cardes, II, 419.
 — de chiffons, II, 422.
 — composition (de la), II, 415.
 — dégraissage (de la), II, 419.
 — désuintage (de la), II, 419.
 — filature (de la), II, 419.
 — lavage (de la), II, 418.
 — morte, II, 418.
 — à peigne, II, 419, 426.
 — production (de la), II, 428.
 — propriétés (de la), II, 417.
 — régénérée, II, 422.
 — teinture (de la), II, 420, 626.
 — tonte (de la), II, 418.
 — triage (de la), II, 418.
 — de vigogne, II, 415.
 Lait, II, 530.
 — de chaux, I, 797.
 — condensé, II, 534.
 — essai (du), II, 555.
 Laitier, I, 12, 10.
 Laiton, I, 115.
 — blanc, I, 115.
 — rouge, I, 114.
 Lambick, II, 256.
 Lampes, II, 704.
 — aérostatiques, II, 715.
 — antique, II, 709.
 — à aspiration, II, 709.
 — de bureau, II, 712.
 — carcel, II, 714.
 — en couronne, II, 711.
 — de cuisine, II, 709.
 — électriques, II, 785, 787.
 — à éponge, II, 709, 719.
 — d'étude, II, 711.
 — horaire, II, 714.
 — à l'huile solaire, II, 718.
 — hydrostatiques, II, 715.
 — à ligroïne, II, 709, 719.
 — mécaniques, II, 714.
 — à mèche plate, II, 710.
 — à modérateur, II, 715.
 — à pétrole, II, 718.
 — — et à cau, II, 719.
 — à pompe, II, 714.
 — à pression, II, 715.
 — à régulateur, II, 715.
 — à tringle, II, 712.
 — tubulaire, II, 719.
 — à vapeur, II, 718.
 Lapis-lazuli, I, 650.
 Laques, II, 559.
 — à l'alcool, II, 405.
 — de garance, II, 605.
 Laques à l'huile, II, 405.
 Lard de gomme, II, 594.
 Larderelitte, I, 595.
 Larmes balaviques, I, 659.
 Laurite, I, 200.
 Laveur, II, 751.
 Lehm, I, 726.
 Léiocanne, II, 66, 67.
 Lenzine, II, 27.
 Léopoldite, I, 375.
 Lépidine, II, 598.
 Lépidokrokite, I, 8.
 Lessive rouge, I, 405, 451.
 — des savonniers, I, 572.
 Leucogène, I, 462.
 Leukoline, II, 599.
 Levain, II, 326.
 Lévilose, II, 148.
 Levûre, II, 155, 215.
 — artificielle, II, 324.
 — de dépôt, II, 156, 237.
 — pressée, II, 522.
 — sèche, II, 522.
 — superficielle, II, 156, 237.
 Libidibi, II, 446.
 Lichens, II, 608, 615.
 Lie de vin, I, 282; II, 206, 359.
 Lignite, II, 793, 856.
 — production (du), II, 860.
 Ligroïne, II, 809, 825.
 Limonite, I, 8.
 Lin, II, 2.
 — broyage (du), II, 5.
 — cotonisé, II, 16.
 — essai (du), II, 17.
 — filage, II, 6.
 — de la Nouvelle-Zélande, II, 10.
 — peignage (du), II, 5.
 — raclage, II, 5.
 — rouissage, II, 2.
 — teillage, II, 4.
 — tissage, II, 6.
 Liqueur, I, 97.
 Liqueur, II, 195.
 — de cailloux, I, 686.
 — de Wilson, I, 525.
 Liqueurs, II, 587.
 Liquide de Condry, I, 247.
 — de Grouvelle, I, 524.
 — de Ramsay, I, 524.
 Lit de fusion, I, 5.
 — de pains, II, 155.
 Litharge, I, 152, 156.
 — d'Allemagne, I, 156.
 — anglaise, I, 156.
 — d'argent, I, 156.
 — de France, I, 156.
 — de Hambourg, I, 156.
 — jaune, I, 156.
 — d'or, I, 156.
 — rouge, I, 156.

- Lithocéramc, I, 755.
 Lithofracteur, I, 558.
 Lithophanies, I, 745.
 Lithoponies, I, 745.
 Lixiviation par l'eau, I, 212.
 — par le sel marin, I, 211.
 Löss, I, 726.
 Lo-Kao, II, 618.
 Loupe, I, 54.
 Lumière de Chatham, II, 782.
 — de chaux, II, 780.
 — de Drummond, II, 779.
 — électrique, II, 782.
 — de magnésie, II, 780.
 — de magnésium, I, 551; II, 781.
 — oxycarbonée, II, 780.
 — sidérale, II, 780.
 — de Tessié du Motay, II, 780.
 — de zirconc, II, 780.
 Lumps, II, 454, 445.
 Lupuline, II, 211.
 Lustres, I, 736, 738.
 — d'argent, I, 759.
 — de Burgos, I, 759.
 — de cuivre, I, 760.
 — d'or, I, 759.
 — de platine, I, 745, 759.
 — de plomb, I, 760.
 Lutéoline, II, 617.
- M**
- Mabre, I, 665.
 Macération, II, 97.
 Machine magnéto-électrique, II, 785.
 — à papier, II, 42.
 Macurine, II, 616.
 Magenta, II, 572.
 Magnésie, I, 455.
 Magnésium, I, 254.
 Maillechort, I, 415.
 Mafzena, II, 65.
 Majolique, I, 754.
 Malachite, I, 91.
 Malfils, II, 664.
 Malt, II, 216, 219, 221.
 — brun, II, 221.
 — couleur, II, 221.
 — jaune, II, 221.
 — torréfié, II, 219.
 — touraillé, II, 221.
 Maltage, II, 216.
 Malthe, II, 592.
 Maltine, II, 222.
 Mandarinage, II, 647.
 Mandarin, II, 647.
 Manganite, I, 241.
 Manganite de calcium, I, 515.
 Manioc, II, 66.
 Mannite fulminante, I, 565.
 Marais salants, I, 568.
 Warbre, I, 789.
 Marc de raisin, II, 206.
 Marcs de soude, I, 412.
 Margarine, II, 539.
 Marne, I, 726.
 Maroquin, II, 465.
 Martinsite, I, 375.
 Mascagnin, I, 540, 558.
 Massicot, I, 456.
 Mastics, II, 408.
 — d'amidon, II, 411.
 — de caséine, II, 408.
 — de chaux, II, 408.
 — de fer, II, 411.
 — des fontainiers, II, 410.
 — de glycérine, II, 409.
 — à l'huile, II, 407.
 — métallique, I, 417.
 — résineux, II, 410.
 — Serbat, II, 409.
 — des vitriers, II, 409.
 Matières colorantes, II, 557.
 — éclairantes, II, 648.
 — tannantes, II, 444.
 — — essai (des), II, 449.
 Mattes, I, 5.
 — brute, I, 95.
 — de nickel, I, 84.
 — plumbeuse, I, 129.
 Mauve, II, 572.
 Mauvéine, II, 574.
 Mazéage, J, 55.
 Méchage des tonneaux, II, 182.
 Mèches, II, 677.
 Mégisserie, II, 467.
 Mélange pour la fusion, I, 5.
 — de Laming, II, 757, 758.
 — des minerais, I, 4.
 — pyrotechniques, I, 548.
 Mélasse, I, 284; II, 78, 138, 145.
 Métis, II, 144.
 Melissine, II, 695.
 Mercure, I, 189.
 — extraction (du), I, 190.
 — fulminant, I, 198.
 — natif, I, 189.
 — production (du), I, 190.
 — sulfuré bitumineux, I, 190.
 Métal d'Aïch, I, 415.
 — anglais, I, 158.
 — de d'Arcet, I, 465.
 — argentin, I, 184.
 — d'Asberry, I, 184.
 — de Bath, I, 115.
 — à boutons, I, 115.
 — à canons, I, 60, 108.
 — des caractères, I, 185.
 — de Christophe, I, 117.
 — pour clichés, I, 166.
 — des cloches, I, 108.
 — de composition, I, 158.
 — pour coussinets, I, 155.

- Métal des miroirs, I, 110.
 — de Muntz, I, 115.
 — de Newton, I, 165.
 — du prince Robert, I, 114
 — rouge, I, 114.
 Métallochromie, I, 265.
 Métallurgie, I, 1.
 Méthanaphtaline, II, 391.
 Méthode d'Appert, II, 548.
 — catalane, I, 24.
 Miargyrite, I, 206.
 Millefiori, I, 711.
 Mine de chrome, I, 147.
 — orange, I, 157.
 — de platine, I, 200.
 Minerais, I, 2.
 — d'alun, I, 612, 614.
 — d'alluvion, I, 154.
 — d'antimoine, I, 180.
 — d'argent, I, 206.
 — d'arsenic, I, 186.
 — de bismuth, I, 165.
 — de cadmium, I, 179.
 — de cobalt, I, 78.
 — de cuivre, I, 90.
 — d'étain, I, 154.
 — de fer, I, 7.
 — de mercure, I, 189.
 — de nickel, I, 85.
 — d'or, I, 225.
 — de plomb, I, 127.
 — préparation mécanique (des), I, 2.
 — — préliminaire (des), I, 5.
 — réduction (des), I, 4.
 — de zinc, I, 165.
 Minéraux de Stassfurt, I, 267, 575.
 — sulfurifères, I, 449.
 Minéralisation du bois, II, 274.
 Minières, I, 10.
 Minium, I, 157, 647.
 — de fer, I, 68.
 — oxydé, I, 158 ; II, 515.
 Mispickel, I, 186.
 Mixture d'Armstrong, I, 271.
 Mò, I, 385.
 Mofetti, I, 595.
 Mohair, II, 415.
 Moiré métallique, I, 160.
 Monnaies d'argent, I, 220.
 — de bronze, I, 110.
 — de nickel, I, 117.
 — d'or, I, 255.
 Mononitrosazarine, II, 596.
 Monosulfure de carbone, I, 491.
 Moraine, II, 418.
 Mordants, II, 625, 658.
 — rouge, I, 159, 650.
 Morin, II, 616.
 Mort aux mouches, I, 186.
 — aux rats, I, 186.
 Mortiers, I, 798.
 Mortier aérien, I, 798.
 — — durcissement (du), I, 799.
 — hydraulique, I, 801.
 — — durcissement, I, 815.
 — séléniéux, I, 817.
 Mortier-éprouvette, I, 344.
 Mosaique de verre, I, 705.
 Moscouade, II, 176.
 Moulage des bougies, II, 678.
 — des briques, I, 768.
 — de la fonte, I, 28.
 Moules à bougies, II, 679.
 Moulin à pilons, II, 50.
 Mout, II, 166, 225, 265.
 Mungo, II, 422.
 Munjistine, II, 605.
 Murexide, II, 600.
 Mustimètre, II, 250.
 Mutage des vins, II, 181.
 Mycothanaton, II, 568.
 Myricine, II, 695.
 Myrobolans, II, 446.
- N
- Naphtaline, II, 563, 584.
 Naphtazarine, II, 558.
 Naphte, II, 561, 563, 809, 820, 822.
 Naphtoschiste, II, 795.
 Naphtylamine, II, 586.
 Natron, I, 585.
 Navassite, II, 495.
 Neft-gil, II, 792.
 Nickel, I, 85.
 — antimonié, I, 85.
 — arsénical, I, 85.
 — cubique, I, 89.
 — production (du), I, 90.
 — sulfure, I, 85.
 Nickelage, I, 262.
 Nicotianine, II, 577.
 Nicotine, II, 377.
 Nielles, I, 224.
 Nitrate d'ammonium, I, 560.
 — de glycérile, I, 551.
 — de potassium, I, 500.
 — de sodium, I, 515.
 Nitre, I, 500.
 — cubique, I, 515.
 Nitrères, I, 502.
 Nitrite de cobalt et de potassium, I, 82.
 Nitroalzarine, II, 596.
 Nitrobenzine, II, 567.
 Nitroglycérine, I, 551.
 Nitrolem, I, 551.
 Nitroline, I, 543.
 Nitromannite, I, 549.
 Nitronaphtaline, II, 586.
 Nitropiline, I, 543.
 Nitrotoluène, II, 572.
 Noir d'aniine, II, 579.

- Noir animal, II, 417, 520.
 — — — — — essai, II, 525.
 — — — — — révivation, II, 524.
 — de bois, II, 632.
 — de Cassel, II, 525.
 — chargé, II, 632.
 — de chrome, II, 652.
 — de Cologne, II, 525.
 — de fer, I, 185.
 — d'indigo, II, 579.
 — d'ivoire, II, 525.
 — de Lucas, II, 579.
 — de Mailander, II, 655.
 — de mercure, I, 195.
 — de platine, I, 204.
 — de schiste, II, 530.
 — de Sedan, II, 632.
 — de vigne, II, 207.
- Nopaline, II, 600.
 Noix de galle, II, 446.
-
- Ockras, I, 278.
 Ocre, I, 726.
 Œnobaromètre, II, 206.
 Œnocyamine, II, 177.
 Œnoline, II, 177.
 Or, I, 225.
 — en chiffons, I, 238.
 — essai de (l'), I, 237.
 — extraction de (l'), I, 228.
 — en feuilles, I, 114, 258.
 — jaune, I, 256.
 — de lavage, I, 225.
 — de Mannheim, I, 114.
 — mise en couleur de (l'), I, 257.
 — de montagne, I, 225.
 — mussif, I, 160.
 — pâle, I, 236.
 — production de (l'), I, 227.
 — séparation de (l'), I, 250.
 — vert, I, 236.
- Orange d'alizarine, II, 596.
 — d'aniline, II, 578.
 — de chrome, I, 151.
 — Victoria, II, 582.
- Orocéine, II, 608.
 Orcéine, II, 608.
 Oréide, I, 114.
 Orelline, II, 616.
 Organsin, II, 434.
 Orge, II, 211.
 Orpiment, I, 188.
 Orseille, II, 608.
 Orseilline, II, 580.
 Orthose, I, 721.
 Ortie, II, 9.
 — de Chine, II, 8.
 Os, II, 484, 495, 494.
 Osmogène, II, 159.
 Osmose, II, 98, 159.
- Outremer, I, 650.
 — blanc, I, 654.
 — au carbonate de sodium, I, 657.
 — constitution de (l'), I, 638.
 — production de (l'), I, 642.
 — au sel de Glauber, I, 655.
 — à la silice, I, 657.
 — violet, I, 638.
 Oxalate d'aluminium, I, 650.
 Oxanthracène, II, 592.
 Oxyanthraquinone, II, 589.
 Oxychlorure de zinc, I, 178.
 Oxydation de l'argent, I, 224.
 Oxyde d'antimoine, I, 184.
 — de chrome, I, 152.
 — de plomb, I, 156.
 — de zinc, I, 174.
 Oxygène, I, 247.
 Oxy sulfure d'antimoine, I, 185.
 Ozokérite, II, 791.
- P
- Packfong, I, 115.
 Paillons, I, 158.
 Pain, II, 324.
 — aéré, II, 352.
 — de bougies, II, 696.
 — de crêtons, II, 495, 569.
 — d'extrait de viande, II, 550.
 Palladium, I, 201.
 Palmitine, I, 567; II, 655.
 Pantopollite, I, 558.
 Papier, II, 22.
 — apprêt (du), II, 41.
 — de bois, II, 25.
 — Bristol, II, 49.
 — brouillard, II, 51.
 — buvard, II, 42.
 — à calquer, II, 51.
 — de Chine, II, 51.
 — sans colle, II, 41.
 — de cordes, II, 24.
 — de couleur, II, 50.
 — à dessin, II, 42.
 — à écrire, II, 42.
 — d'emballage, II, 42.
 — à filtrer, II, 42, 51.
 — sans fin, II, 42.
 — gélatine, II, 486.
 — glace, II, 486.
 — de graphite, II, 51.
 — d'impression, II, 42.
 — Isabelle, II, 49.
 — mâché, II, 49.
 — à la main, II, 58.
 — à la mécanique, II, 42.
 — parchemin, II, 51.
 — pelure d'oignon, II, 51.
 — production (du), II, 52.
 — de riz, II, 51.
 — serpente, II, 51.

- Papier végétal, II, 51.
 — vélin, II, 59.
 — vergé, II, 59.
 Paraffine, II, 790.
 — fossile, II, 791.
 Parchemin, II, 475.
 Parchemin végétal, II, 51.
 Parchemine, II, 598.
 Parfumerie, II, 585.
 Parfums chimiques, II, 586.
 Parian, I, 748.
 Pâte (papier), II, 56.
 — de bois, II, 25.
 — orange, I, 151.
 Patine, I, 109.
 Pattinsonnage, I, 216.
 Peau, II, 442, 450.
 — de chien de mer, II, 477.
 Peinture à l'oxychlorure de zinc, I, 178.
 — sur porcelaine, I, 745.
 — sur verre, I, 703.
 Pennikan, II, 549.
 Pendule balistique, I, 545.
 Pentahyroline, II, 598.
 Péonine, II, 582.
 Péras, II, 884.
 Perchlorate de potassium, I, 527.
 Perlasse, I, 281.
 Perles de verre, I, 742.
 Permanganate de potassium, I, 245.
 — de sodium, I, 246.
 Peroxyde de manganèse, I, 241, 512, 648.
 — — — essai (du), I, 242.
 — — — régénération, I, 542.
 — de plomb, I, 458.
 Persio, II, 608.
 Pèse-eau-de-vie, II, 517.
 — -esprit, II, 517.
 — -liqueur, II, 517.
 Petite-bière, II, 227, 250.
 Petit-lait, II, 552.
 Pétiotisage, II, 200.
 Pétrins mécaniques, II, 527.
 Pétrocène, II, 820.
 Pétrole, II, 790, 812, 886.
 — allemand, II, 810.
 — extraction (du), II, 815.
 — production (du), II, 825.
 — raffinage (du), II, 816.
 Pétuntzé, I, 757.
 Pewter, I, 184.
 Phénicienne, II, 582.
 Phénol, II, 580, 589.
 Phénylpurpurate de potassium, II, 587.
 Phosphate d'ammonium, I, 566; II, 129.
 — de calcium, I, 561, 720.
 Phosphine, II, 579.
 Phosphore, II, 492.
 — amorphe, II, 505.
 — distillation, II, 496.
 — épuration, II, 498.
 Phosphore, moulage (du), II, 500.
 — rouge, II, 505.
 — production (du), II, 507.
 Phosphure de cuivre, I, 111.
 Photogalvanographie, I, 265.
 Photogène, II, 809, 826.
 Photométrie, II, 750.
 Phthaléines, II, 589.
 — de l'hydroquinone, II, 589.
 — du phénol, II, 589.
 — de la pyrocatechine, II, 589.
 — pyrogallique, II, 590.
 — de la résorcine, II, 590.
 Picadit, I, 630.
 Pierre d'alun, I, 615.
 — artificielles, I, 689.
 — d'azur, I, 650.
 — infernale, I, 224.
 — à plâtre, I, 819.
 — précieuses artificielles, I, 699.
 — de savon, I, 451.
 — de soude, I, 451.
 — de strass, I, 699.
 — de vitriol, I, 465.
 Pikaba, II, 10.
 Pikromérite, I, 270, 575.
 Pile à cylindre, II, 51.
 Pinchbeck, I, 114.
 Pincoffine, II, 604.
 Pink-colour, I, 757.
 — -salt, I, 462.
 Pipes de terre, I, 760.
 Pipette-compte-gouttes, II, 175.
 Piquette, II, 165.
 Pissasphalte, II, 592.
 Pitt-oil, II, 822.
 Plantes textiles, II, 7.
 Plagma, I, 250.
 Plate-sulphate, I, 272, 295.
 Platissage de la porcelaine, I, 745.
 Platine, I, 200.
 — extraction (du), I, 202.
 — production (du), I, 201.
 Plâtrage du vin, II, 190.
 Plâtre, I, 819.
 — alumé, I, 827.
 — ciment, I, 845.
 — cuisson (du), I, 821.
 — durcissement (du), I, 827.
 — moulage (du), I, 826.
 Plomb, I, 127.
 — argentifère, I, 150, 214.
 — arséniaté, I, 127.
 — carbonaté, I, 127.
 — de chasse, I, 154.
 — chromaté, I, 127.
 — dur, I, 152.
 — extraction (du), I, 158.
 — granulé, I, 154.
 — molybdaté, I, 127.
 — mou, I, 152.

- P'omb d'œuvre, I, 152.
 — pattinsonné, I, 155.
 — phosphate, I, 127.
 — production (du), I, 135.
 — raffiné, I, 153.
 — sulfaté, I, 127.
 Plombagine, II, 871.
 Poëles, II, 894.
 — en argile cuite, II, 896.
 — de Feilner, II, 898.
 — en fer, II, 895.
 — à gaz, II, 909.
 — de Henschel, II, 900.
 — de Martin, II, 901.
 — de Meidinger, II, 899.
 — mixtes, II, 898.
 — russes, II, 896.
 — suédois, II, 897.
 — de Wolpert, II, 899.
 Poiré, II, 209.
 Poix minérale, II, 592.
 — noire, II, 592.
 Polissage des bougies, II, 687.
 — des glaces, I, 677.
 — du vernis, II, 407.
 Polybalite, I, 575.
 Pominades, II, 586.
 Pommes de terre, II, 55.
 Pontil, I, 665.
 Porcelaine, I, 729.
 — défauts (de la), I, 742.
 — dure, I, 729.
 — frittée, I, 746.
 — opaque, I, 755.
 — de Paros, I, 748.
 — de Réaumur, I, 659.
 — tendre, I, 746.
 — vraie, I, 729.
 Porter, II, 242.
 Potasse, I, 266, 647.
 — bleue, I, 70.
 — brassée, I, 280.
 — brute, I, 279.
 — de la carnallite, I, 267.
 — cassée, I, 279.
 — caustique, I, 299.
 — de la cendre, I, 276.
 — de l'eau de la mer, I, 275.
 — factice, I, 450.
 — du feldspath, I, 274.
 — minérale, I, 272.
 — production (de la), I, 299.
 — raffinée, I, 290.
 — rouge d'Amérique, I, 281.
 — du suint, I, 295.
 — des varechs, I, 291.
 — des vinasses, I, 285.
 Potassimétrie, I, 528.
 Potée d'étain, I, 157, 159.
 Poteries, I, 720.
 — classification, I, 727.
 — Poteries communes, I, 762.
 — de Delft, I, 760.
 Poudre américaine, I, 345.
 — d'Augendre, I, 545.
 — blanche, I, 545.
 — de Bobœuf, I, 550.
 — de bois, I, 343.
 — de Brain, I, 358.
 — de Callou, I, 345.
 — de Cologne, I, 358.
 — comprimée, I, 355.
 — de Dessignolles, I, 550.
 — détonante, I, 514.
 — de Fontaine, I, 350.
 — de Horsford, II, 522.
 — de Howard, I, 498.
 — de Jullien, II, 490.
 — de mine, I, 542.
 — aux mouches, I, 486.
 — au picrate, I, 345, 350.
 — prismatique, I, 355.
 — de Schultze, I, 345.
 — à tirer, I, 527.
 — — essai (de la), I, 544.
 Pourpre de Cassius, I, 240.
 — française, II, 609.
 — d'orseille, II, 609.
 Pourriture du bois, II, 567.
 Pouzzolanes, I, 805.
 Presses continues, II, 95.
 — hydrauliques, II, 92, 664.
 Pressoir, II, 464.
 Preuves, II, 450.
 Présure, II, 532.
 Primerose, II, 591.
 Procédés métallurgiques, I, 4.
 Produits intermédiaires, I, 5.
 — métallurgiques, I, 5.
 Protochlorure d'étain, I, 161.
 Protoxyde de cobalt, I, 81.
 Prussiate jaune de potasse, I, 68.
 — rouge de potasse, I, 72.
 — — liquide, I, 75.
 Pseudocoralline, II, 585.
 Pseudopurpurine, II, 602.
 Pseudorosaniline, II, 572.
 Pseudotoluidine, II, 572.
 Ptérocarpine, II, 606.
 Puddlage, I, 35.
 Pulpe épuisée, II, 95.
 — folle, II, 95.
 Purpurine, II, 605.
 — artificielle, II, 598.
 — commerciale, II, 604.
 — hydratée, II, 605.
 Purpuroxanthine, II, 605.
 Purrhée, II, 617.
 Putréfaction, II, 154.
 Pyrite arsénicale, I, 186.
 — capillaire, I, 85.
 — de fer, I, 473.

Pyrocatéchine, II, 589.
 Pyrogène, II, 810.
 Pyroglycérine, I, 351.
 Pyrolithe, II, 895.
 Pyrolusite, I, 241.
 Pyronone, I, 342.
 Pyro-papier, I, 365.
 Pyrosidérite, I, 8.
 Pyrotechnie, I, 347.
 Pyroxyline, I, 359.

Q

Quemason, I, 610.
 Quercétine, II, 617.
 Quercitrin, II, 617.
 Quercitron, II, 617.
 Quinizarine, II, 590.
 Quiossage, II, 461.
 Quiosse, II, 461.

R

Raffinade, II, 143.
 Raffinage de l'alun, I, 618.
 — de l'argent, I, 218.
 — du borax, I, 606.
 — du cuivre, I, 96, 102.
 — direct, II, 144.
 — en fabrique, II, 144.
 — du soufre, I, 452.
 — du sucre, II, 140.
 — du tartre brut, II, 365.
 Raffiné, II, 36.
 Raisins, II, 160.
 — pressage (des), II, 165.
 — récolte (des), II, 162.
 Ramié, II, 9.
 Rassol, I, 366.
 Ratafias, II, 387.
 Bats de cave, II, 696.
 Réalgar, I, 188.
 Réchauffeur de jus, II, 127.
 Récipient florentin, II, 383.
 Rectificateur Savalle, II, 311.
 Rectification des alcools, II, 308.
 Recuit de l'acier, I, 61.
 — de la fonte, I, 29.
 Refroidisseur à fascines, II, 154.
 Régénération des peintures, II, 407.
 — du peroxyde de manganèse, I, 512.
 — du soufre, I, 412.
 Régulateur de chauffage, II, 298.
 — de consommation, II, 754.
 — de pression, II, 746.
 — Serrin, II, 785.
 Régules, I, 5, 184, 250.
 Réservages, II, 639.
 Résidus de soude, I, 411.
 Résinate d'aluminium, II, 37.
 — de zinc, II, 38.
 Résines, II, 389.
 — de houblon, II, 212.

Résine jaune, II, 390.
 Résorcine, II, 590, 599, 605.
 Rétinaphte, II, 395.
 Rétinole, II, 391.
 Rétinyle, II, 391.
 Rétistérine, II, 391.
 Rewdanskite, I, 85.
 Rhigolène, II, 817, 820.
 Rhodicite, I, 594.
 Rhum, II, 78, 275.
 Rocœu, II, 616.
 Rognage des bougies, II, 687.
 Rongcants, II, 639.
 Rosaniline, II, 572.
 Roséine, II, 572.
 Rouge d'aniline, II, 572.
 — d'Andrinople, II, 653.
 — d'anthracène, II, 572.
 — de Brüning, II, 574.
 — de carmin, II, 607.
 — de chica, II, 609.
 — de chrome, I, 151.
 — de Clavel, II, 588.
 — d'harmala, II, 609.
 — indien, II, 653.
 — de Jéricho, II, 582.
 — de Magdala, II, 587.
 — de usphaline, II, 587.
 — de naphthylamine, II, 588.
 — de nitrobenzine, II, 574.
 — de Paris, I, 137, 435.
 — de phényle, II, 582.
 — pourpre, I, 152.
 — de Sédan, II, 587.
 — turc, II, 632.
 — végétal, II, 606.
 Rouille, I, 326
 Rouissage, II, 2.
 Rubine, II, 572.
 Rubis, I, 700.
 Rusma, I, 189; II, 454.

S

Sable de cuivre, I, 90.
 Saccharate de baryum, I, 851; II, 72.
 — de calcium, II, 72, 201, 110.
 Saccharification par les acides, II, 269.
 — par le malt, II, 265, 266.
 Saccharimétrie, II, 83.
 Saffian, II, 463.
 Safflor, II, 606.
 Safranine, II, 576.
 Safran, I, 78.
 Safrosine, II, 600.
 Sagou, II, 66.
 Saïndoux, I, 570.
 Salaison, II, 351.
 Salicorne, I, 386.
 Salin, I, 279, 288.
 Salpêtre, I, 300.
 — brut, I, 305.

- Salpêtre du Chili, I, 508, 515.
 — de conversion, I, 508.
 — essai (du), I, 512.
 — extraction (du), I, 501.
 — formation (du), I, 501.
 — de houssage, I, 501.
 — indien, I, 507.
 — du Pérou, I, 515, 459.
 — raffinage (du), I, 506.
- Salt-cake, I, 595, 498.
- Samorod, I, 561.
- Sang-dragon, II, 609.
- Santaline, II, 606.
- Santorin, I, 801.
- Saphir, I, 700.
- Saponification par l'alumine, II, 656.
 — par les alcalis, I, 575.
 — par la baryte, II, 656.
 — par la chaux, II, 654, 671.
 — par le chlorure de zinc, II, 671.
 — par l'eau, II, 674.
 — par l'acide sulfurique, II, 665, 672.
 — théorie (de la), I, 575.
 — par la vapeur d'eau, II, 676.
- Sarrête, II, 617.
- Sassoline, I, 594.
- Saucisse aux pois, II, 550.
- Saurage, II, 552.
- Saurissage, II, 552.
- Savons, I, 567.
 — d'acide oléique, I, 581.
 — d'aluminium, I, 592.
 — d'amandes, I, 585.
 — d'argent, I, 594.
 — à barbe, I, 589.
 — du baryum, I, 592.
 — blanc, I, 580.
 — au bois, I, 586.
 — brassés, I, 575, 582.
 — de calcium, I, 592; II, 656.
 — chimique, I, 585.
 — de cire, II, 58.
 — de coco, I, 585.
 — de cuivre, I, 595.
 — d'Eschweg, I, 585.
 — essai (du), I, 591.
 — d'étain, I, 595.
 — de fiel de bœuf, I, 588.
 — à froid, I, 585.
 — à grains, I, 575, 576.
 — de glycérine, I, 590.
 — d'huile d'olives, I, 578.
 — d'huile de palme, I, 582.
 — insolubles, I, 592; II, 472.
 — de laine, I, 586.
 — léger, I, 590.
 — lisses, I, 575.
 — de magnésium, I, 592.
 — de manganèse, I, 592.
 — de Marseille, I, 578.
 — de mercure, I, 593.
- Savon mous, I, 584.
 — noir, I, 584.
 — d'oléine, I, 581.
 — d'or, I, 591.
 — d'os, I, 586.
 — des pauvres, I, 586.
 — pilés, I, 589.
 — de platine, I, 594.
 — de plomb, I, 595.
 — de poisson, I, 586.
 — ponce, I, 586.
 — de potassium, I, 584.
 — production (des), I, 591.
 — à la rose, I, 589.
 — du silice, I, 586.
 — de strontium, I, 592.
 — du suif, I, 576.
 — de suif et de résine, I, 582.
 — de toilette, I, 589.
 — transparent, I, 590.
 — de verre soluble, I, 186.
 — vert, I, 584.
 — Windsor, I, 589.
 — de zinc, I, 595.
- Saxifragine, I, 545.
- Scaterlati, II, 378.
- Scaliola, I, 827.
- Schéélisage, II, 198.
- Schiste alumineux, I, 614.
 — cuprifère, I, 91.
 — feuilleté, II, 794.
 — à kérosène, II, 795.
- Schoenite, I, 270, 375.
- Schözellite, I, 575.
- Scories, I, 5, 19.
 — pauvre, I, 54.
 — riche, I, 54.
- Scotch-gold, I, 473.
- Sébastine, I, 358.
- Sel ammoniac, I, 555.
 — ammoniacaux, I, 555.
 — d'apprêt, I, 163.
 — Clément, I, 225.
 — de corne de cerf, I, 555, 559.
 — de déblai, I, 267, 573.
 — décrépitant, I, 574.
 — décolorant de Varrentrapp, I, 524.
 — du dimanche, I, 585.
 — d'étain, I, 161.
 — de Fischer, I, 82.
 — gemme, I, 565, 375, 375.
 — de Glauber, I, 498, 647.
 — de Gmelin, I, 72.
 — gris, I, 569.
 — ignifère, I, 370.
 — des landes, I, 366.
 — marin, I, 365.
 — — composition (du), I, 571.
 — — production (du), I, 384.
 — — raffinage (du), I, 509.
 — de morue, I, 570.

- Sel de nitre, I, 500.
 — odorant, I, 560.
 — d'or, I, 240.
 — de potasse, I, 566.
 — réfrigérant, I, 560.
 — de rosage, I, 162.
 — rouge, I, 289.
 — de Saturne, I, 158.
 — solaire, I, 379.
 — de soude, I, 404, 406.
 — à souder, I, 178.
 — des steppes, I, 566.
 — de terre, I, 566.
 — de varechs, I, 295.
 — de Vichy, I, 452.
 — volatil d'Angleterre, I, 560.
- Sénarmontite, I, 180.
 Sérai, II, 540.
 Sérériculture, II, 429.
 Séricine, II, 432, 455.
 Serpents de Pharaon, I, 495.
 Serranine, I, 558.
 Sherwood-oil, II, 791, 820, 825.
 Shoddy, II, 422.
 Sidérine, I, 152.
 Sidérogaphie, I, 64.
 Sidérolithe, I, 753.
 Silicate de potassium, I, 687.
 — de sodium, I, 687.
 Silice, I, 645.
 Similor, I, 114.
 Siphon de Bréant, I, 482.
 Sirop, II, 119, 129, 150.
 — de blé, II, 152.
 — couvert, II, 155, 145.
 — de dextrine, II, 119.
 — impondérable, II, 150, 152.
 — vert, II, 155, 143.
- Smalt, I, 79.
 Smaltine, I, 78.
 Smithsonite, I, 166.
 Sodamétrie, I, 528.
 Sodium, I, 248.
 Solfioni, I, 595.
 Soie, II, 428.
 — composition (de la), II, 452.
 — préparation (de la), II, 452.
 — production (de la), II, 458.
- Solfères, I, 449.
 Solfatères, I, 448.
 Solférino, II, 572.
 Sombrière, II, 495.
 Son, II, 325.
 Soude, I, 384, 647.
 — à l'ammoniac, I, 424.
 — de l'Araxe, I, 387.
 — d'azotate de sodium, I, 450.
 — de bauxite, I, 450.
 — de betteraves, I, 587.
 — brute, I, 386, 596.
 — calcinée, I, 405.
- Soude caustique, I, 451.
 — cristallisée, I, 408.
 — de cryolithe, I, 429.
 — formation (de la), I, 385, 410.
 — native, I, 585.
 — production (de la), I, 455.
 — raffinée, I, 597, 407.
 — au silicate, I, 450.
 — de sulfate de sodium, I, 588.
 — de varechs, I, 291, 387, 456.
- Soudure des ferblantiers, I, 155, 158.
 — des plombiers, I, 158.
- Soufflerie cylindrique, I, 14.
 Soufre, I, 448.
 — brut, I, 452, 455.
 — cabalin, I, 455.
 — en canons, I, 455.
 — du cuivre sulfuré, I, 455.
 — des fabriques de gaz, I, 456.
 — du fer sulfuré, I, 454.
 — fondu, I, 455.
 — du kelp, I, 457.
 — production (du), I, 459.
 — des résidus de soude, I, 414, 456.
 — volcanique, I, 448.
- Soupape hydraulique, II, 745.
 Sources salées, I, 566.
- Soutargue, II, 551.
 Sparte, II, 10.
 Spath fluor, I, 647.
 — pesant, I, 647, 850.
- Speiss, I, 5, 86.
 Spermacéti, II, 697.
 Sphérosidérite, I, 8.
 Staffelite, II, 492.
 Stalactites, I, 799.
 Stalagmites, I, 790.
 Stannate de cuivre, I, 125.
 — de sodium, I, 162.
- Stassfurtite, I, 575, 608.
 Stéréochromie, I, 690.
 Sterrométal, I, 115.
 Stibine, I, 180.
 Stilpnosidérite, I, 8.
 Strass, I, 699.
 Strontiane, I, 647.
 Strontianite, I, 647.
 Stuc, I, 827.
 Sublimé, I, 196.
 Sucrage du moût, II, 198.
 Sucre, I, 69.
 — de betteraves, II, 79.
 — — — extraction (du), II, 88.
 — — — production (du), II, 140.
 — brut, II, 76, 140.
 — candi, II, 146.
 — de canne, II, 72.
 — — — extraction (du), II, 74.
 — — — production (du), II, 78.
 — de fécule, II, 147, 150.
 — de lait, II, 552.

- Sucre de plomb, I, 458.
 — en poudre, II, 76.
 — raffiné, II, 445.
 — de raisin, II, 147, 149.
 — de Saturne, I, 158.
 Suif, I, 569; II, 654.
 — en branches, I, 569.
 — brut, I, 569.
 — de mafurra, I, 568.
 — de Malabar, I, 568.
 — de vateria, I, 568.
 Suint, I, 295; II, 416.
 Suintate de potassium, I, 416.
 Sulfate d'aluminium, I, 625.
 — d'ammonium, I, 540, 558.
 — de baryum, I, 310, 850, 852.
 — de calcium, I, 819.
 — de cuivre, I, 118.
 — de fer, I, 66.
 — de plomb, I, 143.
 — de magnésium, I, 455.
 — de potassium, I, 271.
 — de sodium, I, 588, 595, 498.
 — de zinc, I, 176.
 Sulphate de calcium, I, 189; II, 454.
 Sulfite d'aluminium, I, 650.
 — de baryum, I, 462.
 — de calcium, I, 462; II, 212.
 Sulfoarséniure de cobalt, I, 78.
 Sulfure d'ammonium, I, 561.
 — d'antimoine, I, 184.
 — d'arsenic, I, 188.
 — de bore, I, 596.
 — de cadmium, I, 180.
 — de carbone, I, 489.
 — de mercure, I, 197.
 — de sodium, II, 454.
 Sumac, II, 445.
 Sunn, II, 9.
 Superphosphate de calcium, I, 561.
 Sylvine, I, 267, 575.
 Széko, I, 587.
- T**
- Tabac, II, 575.
 — à fumer, II, 578.
 — à mâcher, II, 581.
 — à priser, II, 581.
 — production (du), II, 582.
 Tablettes de bouillon, II, 546.
 Tachydrite, II, 575.
 Tafia, II, 275.
 Tan, II, 444.
 Tannage à l'alun, II, 467.
 — à l'huile, II, 474.
 — à la jusée, II, 457.
 — des peaux, II, 441.
 — rapide, II, 458.
 — au tan, II, 445, 451.
 Tannin, II, 444.
 — des pépins, II, 207.
 Tapioca, II, 66.
 Tartrate de calcium, II, 561.
 Tartre, II, 207, 559.
 — purifié, II, 559.
 Tassajo, II, 549.
 Teinte de Fismes, II, 196.
 Teinture, II, 557, 625.
 — du coton, II, 634.
 — de la laine, II, 420, 626.
 — du lin, II, 657.
 — de la soie, II, 652.
 Térébenthine, II, 589.
 — artificielle, II, 820.
 Terralithe, I, 753.
 Terras, II, 590.
 Terre alumineuse, I, 614; II, 852.
 — bolaire, I, 726.
 — cuite, I, 765.
 — à foulon, I, 725.
 — glaise, I, 726.
 — à infusoires, I, 726.
 — de pipe, I, 724, 760, 755.
 — à porcelaine, I, 721.
 — à potier, I, 725.
 — salée, I, 566.
 Terrésine, II, 395.
 Tétrahydroline, II, 595.
 Tétrazoresorcine, II, 599.
 Tétrazoresorufine, II, 599.
 Thallène, II, 820.
 Thallium, I, 475.
 Thénardite, I, 498.
 Thermolampe, II, 721.
 Thermosiphon, II, 907.
 Tiers-argent, I, 90, 117, 222.
 Tinkal, I, 595.
 Tissage, II, 6, 15, 425, 457.
 — du coton, II, 15.
 — de la laine, II, 425.
 — du lin, II, 6.
 — de la soie, II, 457.
 Tissus de coton, II, 15.
 — de laine, II, 425.
 — de lin, II, 6.
 — mixtes, II, 458.
 — de soie, II, 437.
 Titrage de la soie, II, 454.
 Tiza, I, 595, 601, 607.
 Tôle, I, 44.
 — étamée, I, 44, 459.
 — vitrifiée, I, 50.
 Toluène, II, 574.
 Toluidine, II, 572.
 Tombac, I, 114.
 Topaze, I, 700.
 Tour de Glover, I, 471, 478.
 Touraille, II, 219.
 Touraillons, II, 258.
 Tourbe, II, 805, 849.
 — pressée, II, 854.
 — production (de la), II, 849.

- Tourmaline, I, 595.
 Tournesol, II, 615.
 — en drapeaux, II, 615.
 — de Provence, II, 615.
 Tourteau d'alun, I, 619.
 Trass, I, 805.
 Transport souterrain des jus, II, 105.
 Trempe de l'acier, I, 61.
 — en paquet, I, 60.
 Trinitrine, I, 551.
 Tripoli, I, 726.
 Trois-cinq, II, 281.
 Trois-six, II, 281.
 Trona, I, 585.
 Tropéoline, II, 582.
 Tschuma, II, 8.
 Tubes de verre, I, 685.
 Tuf calcaire, I, 790.
 Tuiles, I, 782.
 Tungstate de cobalt, I, 82.
 Turbines, II, 96, 156, 145.
 Tutie, I, 166.
 Tuyaux de drainage, I, 787.
 Tyraline, II, 572.
- U**
- Umbarce, II, 9.
 Urao, I, 585.
- V**
- Vaidasse, I, 278, 282.
 Valentinite, I, 180.
 Valeur des métaux, I, 6.
 Validine, II, 598.
 Vallonnées, II, 447.
 Vanilline, II, 854.
 Vaporimètre, II, 172.
 Varechs, I, 291.
 Vaseline, II, 825.
 Vases étrusques, I, 760.
 — réfrigérants, I, 761.
 Ver à soie, II, 459.
 Vergecoises, II, 154, 145.
 Vermillon, I, 197.
 — autrichien, I, 151.
 — de chrome, I, 151.
 Vernis, II, 405.
 — à l'alcool, II, 405.
 — de copal, II, 406, 407.
 — de dammar, II, 407.
 — à l'essence de térébenthine, II, 406.
 — de gomme laque, II, 406.
 — gras, II, 405.
 — à l'huile, II, 405.
 — des menuisiers, II, 406.
 — d'or, II, 406.
 — de sandaraque, II, 406.
 — de succin, II, 405.
 — des tapisseries, II, 404.
 Verre, I, 643.
 — agate, I, 707.
 — albâtre, I, 706.
 — de borax, I, 609.
 — à boudines, I, 665.
 — à bouteilles, I, 682.
 — à boudons, I, 648.
 — de canne, I, 650.
 — coloré, I, 700.
 — classification (du), I, 645, 662.
 — en couronne, I, 665.
 — craquelé, I, 708.
 — creux, I, 681.
 — de cryolithe, 707.
 — dentelle, I, 707.
 — dévitrifié, I, 659.
 — double, I, 701.
 — durci, I, 697.
 — filigrané, I, 710.
 — à glaces, I, 665, 675.
 — hématin, I, 708.
 — incrusté, I, 710.
 — laiteux, I, 706.
 — lune, I, 665.
 — en manchons, I, 667.
 — moulé, I, 685.
 — mousseline, I, 707.
 — opale, I, 706.
 — pour l'optique, I, 694.
 — d'or, I, 701.
 — pâte de riz, I, 706.
 — de phosphate de calcium, I, 720.
 — plaqué, I, 701.
 — de protoxyde de cuivre, I, 702.
 — réticulé, I, 711.
 — rubis, I, 701.
 — soluble, I, 686.
 — statistique (du), I, 719.
 — en tables, I, 665, 667.
 — de thallium, I, 644.
 — trempé, I, 697.
 — tulle, I, 707.
 — à vitres, I, 663.
 Vert à l'aldéhyde, II, 577.
 — d'aniline, II, 577.
 — d'Arnaudon, I, 155.
 — de Brême, I, 120.
 — de Brunswick, I, 120.
 — de Casselmann, I, 125.
 — de Chine, II, 618.
 — de chrome, I, 152.
 — de cobalt, I, 81.
 — de Dingler, I, 153.
 — d'émeraude, I, 155.
 — de Gentze, I, 125.
 — de Guignet, I, 155.
 — de gris, I, 126.
 — d'herbe, I, 153.
 — impérial, I, 124.
 — à l'iode, II, 578.
 — de Kirchberger, I, 124.
 — de Mathieu-Plessy, I, 155.

Vert de méthylaniline, II, 578.
 — minéral, I, 125.
 — de Mitis, I, 124.
 — de Mittler, I, 135.
 — nature, I, 155.
 — de Neuwied, I, 124.
 — de nuit, II, 578.
 — de Panætier, I, 155.
 — de perroquet, I, 124.
 — de Rinmann, I, 81.
 — de Saxe, I, 81.
 — de Scheele, I, 125.
 — de Schweinfurt, I, 124.
 — de sève, II, 618.
 — de vessie, II, 618.
 — de Vienne, I, 124.
 — turquoise, I, 155.
 — de zinc, I, 81.
 Viande, II, 543.
 — conservation (de la), II, 548.
 — préparation (de la), II, 544.
 Vigne, II, 160.
 Vigorine, I, 545.
 Vin, II, 160.
 — acide, II, 170, 171.
 — amélioration (du), II, 197.
 — de Champagne, II, 191.
 — chauffé, II, 170.
 — clair, II, 170.
 — classification (des), II, 171.
 — composition (du), II, 170.
 — cuit, II, 170.
 — décuvaqe (du), II, 169.
 — doux, II, 170.
 — d'eau sucrée, II, 165, 200.
 — falsifications (du), II, 202.
 — goutte, II, 165.
 — de liqueur, II, 170.
 — de marc, II, 165.
 — maladies (du), II, 170.
 — mousseux, II, 191.
 — nouveau, II, 170.
 — paillet, II, 170.
 — pétiotisé, II, 165, 200.
 — de pressurage, II, 165.
 — production (du), II, 161.
 — raisin sucreux, II, 165, 200.
 — rouge, II, 170.
 — sec, II, 170.
 — sucré, II, 170, 171.
 Vinage, II, 202.
 Vinaigre, II, 554.
 — d'alcool, II, 545.
 — de betteraves, II, 542.

Vinaigre de bière, II, 558.
 — de bois, II, 548, 552.
 — d'eau-de-vie, II, 558.
 — essai (du), II, 544.
 — de fruits, II, 538.
 — de vin, II, 558.
 Vinasse, I, 282 ; II, 281, 508, 526.
 Violet ancien, II, 575.
 — d'aniline, II, 574.
 — de benzylméthylaniline, II, 575.
 — de cobalt, I, 82.
 — Hofmann, II, 576.
 — impérial, II, 574.
 — à l'iode, II, 576.
 — méthyle, II, 275.
 — de naphthaline, II, 588.
 — non-pareil, II, 575.
 — nouveau, II, 575.
 — de Nuremberg, I, 517.
 — de Paris, II, 575.
 — de Perkin, II, 574.
 Vitriol blanc, I, 176.
 — bleu, I, 118.
 — de Chypre, I, 118.
 — double, I, 119.
 — de Goslar, I, 177.
 — mixte de Chypre, I, 119.
 — noir, I, 68.
 — de Salzhourg, I, 119.
 — vert, I, 66.
 Vive essence, II, 591.

W

Wedgwood, I, 749.
 Wemyss-coal, II, 869.
 Withérite, I, 647, 830.
 Wollastonite, I, 647.
 Wongsby, II, 617.
 Wootz, I, 48, 65.

X

Xanthorhammine, II, 617.
 Xyloidine, II, 55.

Z

Zéiodélite, II, 411.
 Zinc, I, 166.
 — carbonaté, I, 166.
 — extraction (du), I, 167.
 — oxydé rouge, I, 166.
 — d'œuvre, I, 168.
 — production (du), I, 175.
 — silicaté, I, 166.
 Zincage, I, 261.