

NOUVEAU TRAITÉ
DE
CHIMIE INDUSTRIELLE

LIBRAIRIE F. SAVY

TRAITÉ
DES MATIÈRES COLORANTES
ARTIFICIELLES
DÉRIVÉES DU GOUDRON DE HOUILLE

PAR

E. KOPP-BOLLEY

Professeur à l'École Polytechnique de Zurich

Traduit de l'allemand

Par le docteur **L. GAUTIER**

1 vol. in-8, avec figures dans le texte

(Sous presse.)

ÉTUDE

SUR

LES EAUX DE L'ÎLE DE RÉ

CONSIDÉRÉES AUX POINTS DE VUE

PHYSIQUE, CHIMIQUE, MICROGRAPHIQUE ET HYGIÉNIQUE

Par le D^r **L. GAUTIER**

In-8 de 32 pages. — Prix..... 1 fr. 25

CORBZIL, typ. et sér. de CRÉTÉ #115

NOUVEAU TRAITÉ
DE
CHIMIE INDUSTRIELLE

A L'USAGE

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

PAR

R. WAGNER

Professeur de chimie industrielle à l'Université de Wurzburg

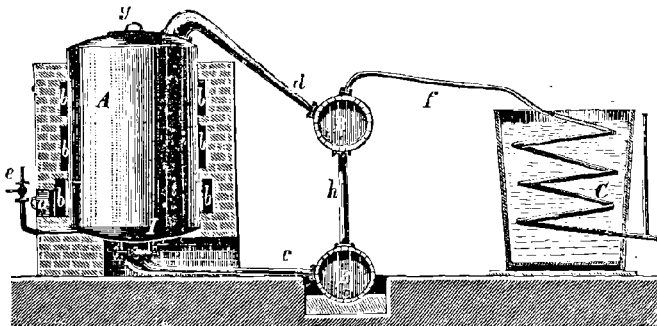
ÉDITION FRANÇAISE

PUBLIÉE D'APRÈS LA HUITIÈME ÉDITION ALLEMANDE

Par le D^r L. GAUTIER

TOME SECOND

avec 177 figures dans le texte



PARIS

LIBRAIRIE F. SAVY

24, RUE HAUTEFEUILLE, 24

—
1873

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 cette 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.....	43,87	43,30	43,63	43,87
Hydrogène.....	6,23	6,40	6,21	6,12
Oxygène.....	49,90	50,30	50,16	50,01
	100,00	100,00	100,00	100,00

2 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

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 caryophyllées. 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 (grége, égrugeoir, sorte de peigne muni de dents de fer crochues) c'est-à-dire que les capsules contenant la semence sont déchirées; il 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*, 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.

Rouissage à l'eau chaude. 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*. 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 de 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 fêlement est beaucoup plus grand ; 3° dans l'exécution en grand de ce mode de rouissage les dépenses sont proportionnellement faibles.

Rouissage à la vapeur. 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 *Watt* 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 pectique. Lorsque le rouissage et la dessiccation sont terminés, on cherche à séparer les fibres de l'écorce et de la moelle 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. 230) ; la partie

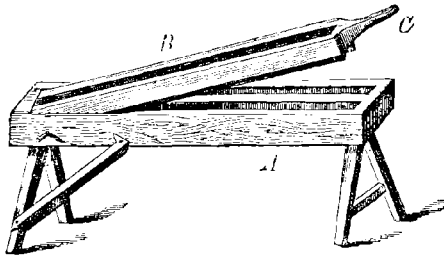


Fig. 230.

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 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

4 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

nouvelles portions du faisceau qui est tiré suivant sa longueur. Les parties ligneuses, la chènevotte, 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. 231) est un bloc de bois quadrangulaire, dont la face infé-

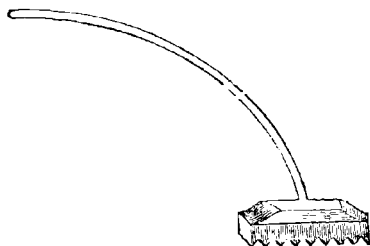


Fig. 231.



Fig. 232.

rieure (fig. 232) 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 il les secoue, jusqu'à ce que le lin soit uniformément battu.

Teillage du lin. — Le lin broyé ou battu contient toujours de la

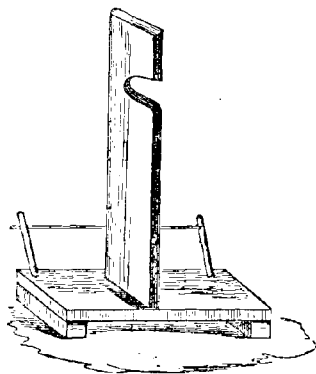


Fig. 233.

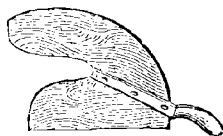


Fig. 234.

chènevotte 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'*espadage*. Le premier (fig. 233) 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. 234) est une lame de bois dur, peu épaisse, amincie sur ses bords sous forme taillante et munie d'une poignée. L'ouvrier 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.

Râclage. Au lieu de l'espadage ou même après cette opération, on emploie dans quelques contrées le *râclage*, qui consiste à râcler fortement le lin avec le *râcloir* (fig. 235); 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 râcloir avec la main droite.



Fig. 235.

Peignage du lin. — Malgré le teillage ou le râclage 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*, 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 rubanée; 3° de séparer les fibres courtes; 4° de placer à plat et parallèlement les fibres longues. Le *peigne*, 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 fines. L'ouvrier fait passer le lin par poignées sur les peignes, d'abord sur les plus gros et ensuite sur les plus fins.

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 râclage.....	15 à 25 —
— le peignage.....	10 —

6 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

On obtient en outre 5 à 10 kilogr. d'étope d'espadaige et 5 à 10 kilogr. d'étope 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) où à l'aide de machines (filage à la mécanique). Le but du filage est d'étirer et d'arranger les fibres 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'étope 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 aux 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 *façonnés* 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 diversement 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 gram. 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. — Il sera question plus loin du blanchiment des tissus de lin.

B. CHANVRE ET AUTRES PLANTES TEXTILES MOINS IMPORTANTES.

Chanvre. — Le *chanvre* (*Cannabis sativa*) est cultivé principalement pour le liber de sa tige. Le fil qu'on en extrait est, il est vrai, un peu gros-

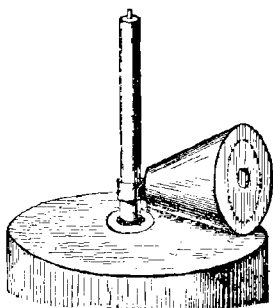


Fig. 236.

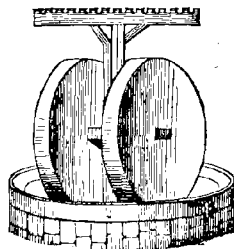


Fig. 237.

sier, mais à cause de cela il a une solidité toute particulière, aussi peut-il être difficilement remplacé par une autre matière pour la corderie. 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

8 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

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. 236) se compose d'un grand cône de pierre, qui est adapté au moyen d'un axe à un arbre vertical et qui se meut avec ce dernier sur un chemin circulaire. Les nouveaux moulins à broyer, dont la disposition est représentée par la figure 237, 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 :

α. Fibres de tiges :

1° Le *chinagrass* (*Ischuma*) est la fibre des *Urtica* ou *Bochmeria 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 *Bochmeria 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 callouï* (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 tiliacées croissant dans les Indes orientales et en Chine, *Corchorus capsularis*, *C. textilis*, *C. olitorius*, *C. siliquosus*. 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. 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;

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* (chanvre de sunn) provient du *Crotalaria juncea* ; il ressemble beaucoup au chanvre ordinaire, mais il lui est inférieur en ténacité et ses fibres sont moins longues.

β. *Fibres de feuilles :*

8° Le *lin de la Nouvelle-Zélande*, *Phormium tenax*, est une plante à fibres textiles (koradi ou korere) 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 ;

9° 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'*A. vivipara*, l'*A. foetida*, etc. Il est blanc jaunâtre et employé principalement pour la corderie ;

10° Le *chanvre de Manille* (abaca) provient du *Musa textilis*, du *Musa troglodytarum* et du *Musa 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. 30 à 2 m. 20 de longueur, qui sont en partie réunies sous forme de rubans, 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 ;

11° Le *chanvre d'ananas* (ou pinna) provient de l'Amérique centrale et de l'Amérique méridionale, et 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 ;

12° Le *pikaba* (ou piassava) est fourni par les feuilles de l'*Attalea funifera*, palmier qui croît au Brésil ; on l'emploie pour faire des cordes.

γ. *Fibres d'enveloppes de fruits :*

13° 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 elle est employée pour faire des cordes, des tapis, des paillassons, des nattes, etc.

C. COTON.

Le *coton* est le duvet filamenteux enveloppant les semences de plusieurs plantes frutescentes du genre *Gossypium*, qui croissent dans tous



Fig. 238.

les pays de la zone intertropicale et qu'on cultive avec beaucoup de soin principalement 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 238 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 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.

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 il 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 elles l'entraînent, sans enlever en même temps les graines, parce que les vides laissés par les barreaux de la grille sont trop étroits pour celles-ci. Avec 20 scies une machine de ce genre épure environ 200 kilogr. de coton

brut et 250 kilogr. 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. 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 kilogr. de graines de coton 500 gram. d'huile).

Différentes sortes de cotons. — 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, Louisiana, 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).

Filature du coton. — Le coton, jusqu'à ce qu'il soit transformé en fils, 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 encore 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-étoileur*, 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 est 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 *doublieur*, et on soumet ensuite cette toison à 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 *doublé* 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 effec-

tuées 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, mais ils doivent être produits 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 : *a. métiers en gros avec torsion continue*, dont les plus importants sont : le *banc* ou *métier à lanternes*, le *banc-Abegg*, 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 et en Suisse, c'est le *banc à broches*; *b. métiers en gros avec torsion intermittente* (ou torsion fausse), dont les plus importants sont : le *banc à tubes*, l'*éclipse-fleur en doux*, le *rota-frotteur*.

5° *Filage en fin*. L'allongement de la mèche en un *fil véritable* (*twist*) 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 faire mouvoir le chariot nécessaire pour le filage et le renvidage, porte le nom de *mulle-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 trié et numéroté suivant son degré de finesse.

Fil. — On distingue le fil fourni par les machines à filer en deux espèces, le *muletwist* et le *watertwist*; le premier est plus lâche et moins

tordu. Le second est plus fortement tordu et il est presque exclusivement employé comme fil de chaîne.

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 de toile de coton) ; 2° *nankin* ; 3° *shirting* (cotonnade pour chemises) ; 4° *cambrik* ; 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*, *barège 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 *satin* (cuir anglais) ; 6° la *futaine*.

c. La futaine teinte lainée et tondue comme le drap se nomme *beaverteen*, 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 remplacer complètement le coton. 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 *tamarin 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 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

détérioré, 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.

Distinction des fibres de coton et des fibres de lin. — Comme on fil et on tisse maintenant très-souvent le lin mélangé 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 à 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 infaillibles. 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 1,83 pendant 1 minute ou 1 minute 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 mélangés 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 0/0 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 du papier-joseph blanc et conser-

vée 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 2 lignes, 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 des 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 jaune-paille; 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 aucune 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 doit pas pouvoir être appliquée utilement à l'essai des tissus mixtes ni à celui des fils mélangés.

L'*examen microscopique* des tissus doit être regardé comme la méthode d'essai la plus sûre. 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. 239). La *fibre du chanvre* ressemble beaucoup à la fibre du lin, mais elle s'en distingue par ses extrémités souvent ramifiées et sa roi-

deur 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. 240). La *fibre de la laine*

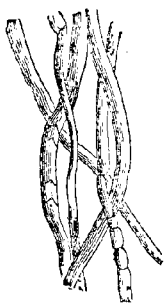


Fig. 239.

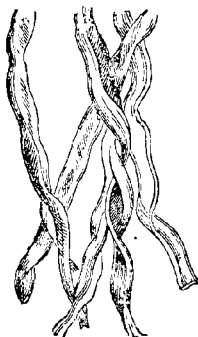


Fig. 240.



Fig. 241.

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. 241). La *fibre de la soie* (fig. 242) est la plus mince de toutes les fibres ; elle paraît complètement ronde, lisse et

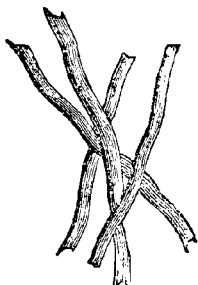


Fig. 242.



Fig. 243.

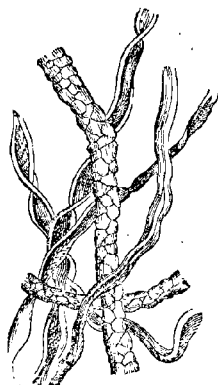


Fig. 244.

sans cavité intérieure. Si l'on veut essayer un tissu de soie 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'écailles (fig. 243). La laine et le coton sont également faciles à distinguer l'une de l'autre (fig. 244).

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 à ce 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 pour 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 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 fut 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, ce qui plus tard conduisit à la découverte du *papier de lin*, 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*.

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 être 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 doublé 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 brute. C'est pourquoi on a été conduit à rechercher un *succédané des chiffons*. Parmi les nombreuses *substances végétales* proposées il n'y en a que deux 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* et le *bois* de certains arbres. Parmi les différentes espèces de paille celle du *maïs* mérite 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 glycythylum* ou *Sorghum saccharatum* est aussi employée dans l'Amérique du Nord pour la fabrication du papier. Depuis environ dix ans, notamment sous l'influence des heureuses tentatives des papeteries de *H. Völter* à Heindenheim, de *G. Rostowsky* à Niederschlema et de *Cl. Winkler* à Niederpfannenstiel (Saxe), le *bois* est devenu un très-important succédané du chiffon, mais qui, pas plus que la paille, ne peut le remplacer d'une manière absolue; il n'entre en général dans la fabrication que comme élément

additionnel, parce que le papier fait avec du bois pur possède trop peu de solidité. On ajoute généralement de 30 à 70 p. 100 de *pâte de bois* aux chiffons ordinaires, pour obtenir une pâte de papier, qui convient surtout pour préparer du papier d'impression et du papier bulle ordinaires. Tous les bois mous conviennent pour la fabrication du papier de bois, surtout les bois de tremble, de tilleul, de peuplier, de pin et de sapin (le pin d'Écosse est moins convenable à cause de sa grande richesse en résine). Les morceaux de bois sont d'abord sciés et fendus en bûchettes de longueur et d'épaisseur convenables et débarrassés autant que possible de l'écorce ainsi que des nœuds les plus gros; les bûchettes sont ensuite désagrégées (râpées), au milieu d'un courant d'eau continu, à l'aide d'une meule de pierre, qui est fixée à un axe horizontal destiné à la mettre en mouvement et sur laquelle elles sont poussées régulièrement et appuyées parallèlement à l'axe de la meule, au moyen d'un mécanisme particulier. Les fibres désagrégées sont amenées sur des tamis, où elles sont séparées suivant leur finesse. La masse humide est comprimée à l'aide d'une presse hydraulique ou d'une presse à vis ou bien au moyen d'une machine à carton; après la compression le poids de la pâte séchée à l'air, qui cependant contient encore environ $\frac{2}{3}$ d'eau, doit s'élever à 32 ou 40 p. 100 (généralement 35 à 36) du poids de la pâte humide. Depuis quelque temps on cherche, d'après le procédé de *Bachet et Machard* (1867), à combiner la préparation de la pâte de bois avec la fabrication de l'alcool; dans ce but on transforme la substance incrustante du bois en dextrose (glucose) au moyen d'un traitement par l'acide chlorhydrique; la dextrose ainsi obtenue est convertie en alcool par fermentation, tandis que la cellulose solide restée comme résidu est employée pour la fabrication du papier. Suivant la finesse des produits on distingue quatre qualités de pâte de bois: n° 1 pour papier à écrire et papier d'impression; n° 2 pour papier de tapisserie, pour papier d'emballage de première qualité, ainsi que pour papier d'impression; n° 3 et 4 pour carton. Depuis quelques années on prépare aussi la pâte de bois par *voie chimique* (ainsi par exemple dans la grande fabrique de pâte de bois de Manayunk près Philadelphie): le bois converti en copeaux grossiers ou grossièrement râpé est traité à une haute température et sous une forte pression par des lessives alcalines concentrées; de cette façon les fibres sont suffisamment désagrégées et ramollies pour pouvoir être immédiatement broyées et blanchies dans la pile à cylindre, comme les fibres de lin et de coton.

Succédanés minéraux des chiffons. A côté des succédanés végétaux des chiffons nous devons encore 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 détruite à un certain degré, la solidité du papier n'en souffre pas et enfin le papier revient à meilleur marché. Une addition de 5 à 10 p. 100 du poids du papier est seule avantageuse, car si on l'élève à 20 ou 25 p. 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 l'éviguée, dont on se sert dans les papeteries sous le nom de *china-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*. Pour 100 kilogr. de pâte raffinée on prend 15 kilogr. de blanc de baryte pâteux.

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 *effilochage 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 favorisait 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 hâchoir ou une machine à couper le tabac, était déjà connue dans le premier quart du dix-huitième siècle sous le nom de *défilieuse 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 *Davey*) ; 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 du willow. 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. 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 n'est pas toujours suffisante, notamment pour les chiffons grossiers, parce que une grande partie des 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 à 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 défilent) 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° Le *moulin à pilons* (ou moulin à maillets) ;
- 2° La *pile à cylindre* (ou moulin à cylindre), qui comprend :
 - α. La *pile effilocheuse* et
 - β. La *pile 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 de 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 1m. 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

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 hauteur 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 et qui des deux côtés se termine par un plan incliné; la pente du plan, qui dans la figure est désignée par *y*, est 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 *oo*. Sur l'arbre de fer se trouve le cylindre *Q* en bois de chêne massif. Le cylindre est muni à sa périphérie d'un certain nombre de *lames*, qui sont placées parallèlement à l'axe du cylindre et qui à la surface de celui-ci font une saillie de 3 à 5 centimètres. 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* 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 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, elles les déchirent par leur action combinée avec celles des lames de la platine et enfin elles 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. 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.

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 défilochieuse ou en dehors de celle-ci. C'est pourquoi il y a 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. 247) 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 de 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 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*

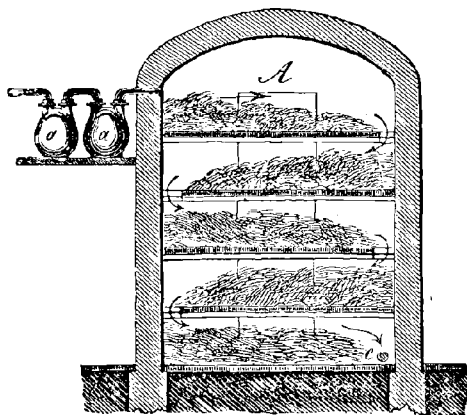


Fig. 247.

(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 ($Al^2Cl^6O^3 = 3O + Al^2Cl^6$). 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 sulfate 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 blan-

chie 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 ($\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$) 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 le sel correspondant de sodium. Une molécule de sel d'étain ($\text{SnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) absorbe également une molécule de chlore (Cl^2), et il se forme du bichlorure d'étain (SnCl_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. Une molécule d'hyposulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$) absorbe 4 molécules de chlore, et du sulfate de sodium, de l'acide chlorhydrique et de l'acide sulfurique prennent naissance. Le sel de calcium pourrait aussi être employé comme antichlore. Depuis que l'hyposulfite de sodium constitue un produit accessoire abondant et peu cher de la fabrication de la soude, il est devenu un agent impossible à remplacer pour enlever à la pâte du papier les derniers restes du chlore. Récemment (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. Le benzol, 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, de même que sa platine, contient 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.

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.

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* (pinate 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 le cas contraire.

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 kilogr. de pâte sèche 3 kilogr. qui sont décomposés par une égale quantité d'alun); dans ce cas c'est du palmitate et de l'oléate d'aluminium, 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* (obtenu 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 en décomposant le savon de résine ordinaire ajouté dans la pile en employant à la place de l'alun du sulfate ou du chlorure de zinc.

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.

Cette manière d'opérer la déshydratation est toute naturelle. 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 plaçant la pâte 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. Transver-

salement au-dessus de la cuve se trouvent 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 peut être 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 de raffiné. On a deux espèces de formes :

1° 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° Les *formes à vélin* 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 vélin*, possède une surface finement granuleuse et plane, qui par le pressage et le satinage peut être rendue parfaitement lisse 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 vélin, 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 tondu.

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, il 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, il appuie un peu dessus et il 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 il 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 de papier sur des cordes dans un milieu convenablement aéré (l'étendoir ou le séchoir). Pour gagner de l'espace on suspend ordinairement deux ou cinq feuilles l'une sur l'autre.

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 50,000 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 il 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 15,000 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 100 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 *satinage*. On satine soit à la presse, soit à l'aide d'une sorte de laminoir (*machiné à satiner, lisse, satineuse*).

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 meilleurs 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. Lorsque le raffiné a été débarrassé de toutes les impuretés, il arrive dans la machine à papier. Afin que le réservoir à raffiner soit continuellement alimenté par de nouvelles portions de pâte, comme cela est nécessaire pour que la pâte 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, figures 248 et 249. A cause de sa longueur, le dessin a été séparé en deux parties. La figure 249 doit par conséquent être considérée comme la continuation de la figure 248. 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 main-

tenue complètement horizontale. La surface droite de la forme a une

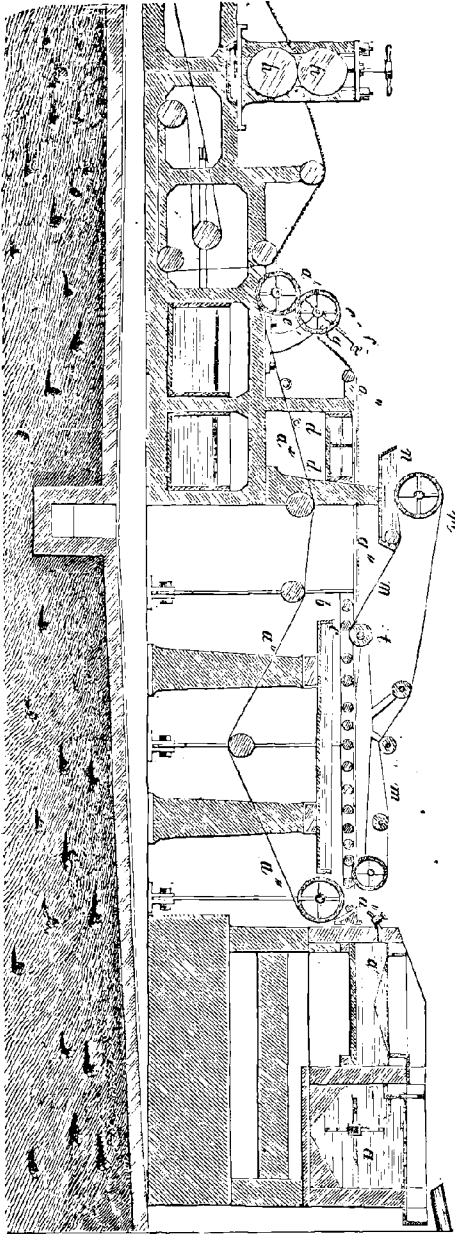


Fig. 218.

longueur de 3 ou 4 mètres et une largeur de 1 mètre à 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 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 *machines 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 supérieurement 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

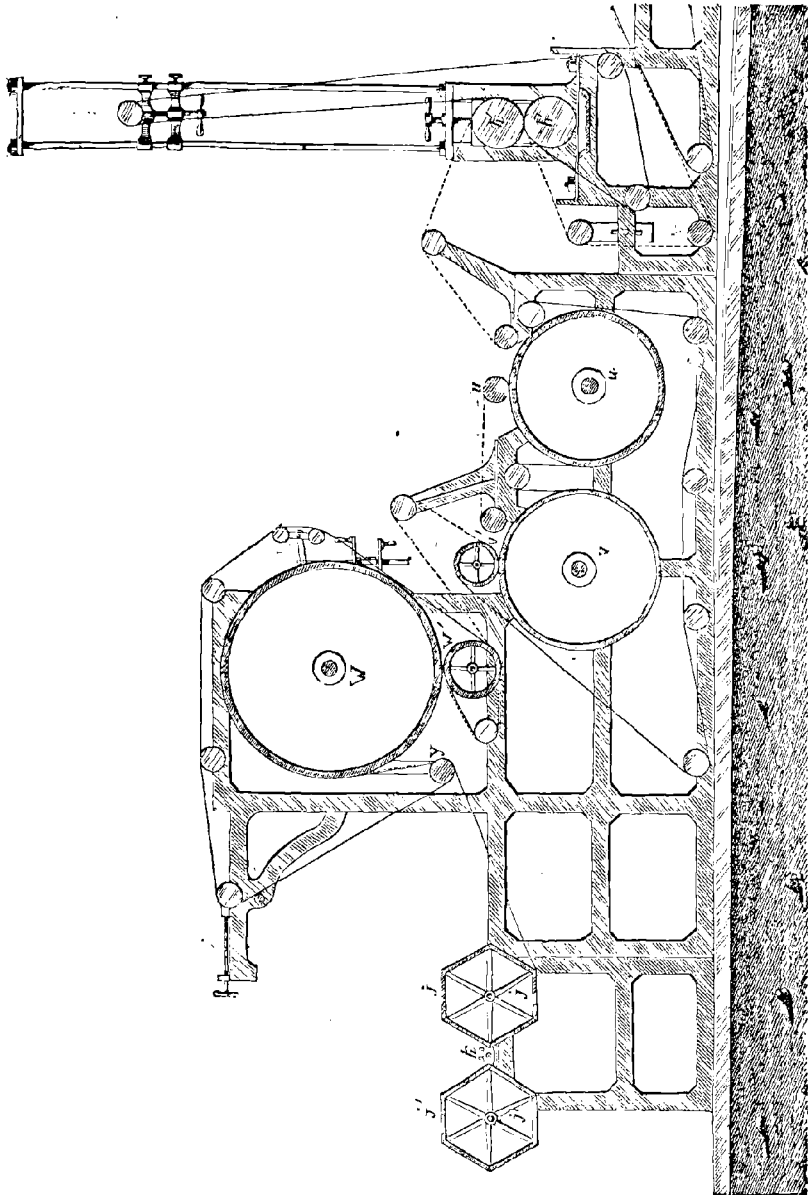


Fig. 249.

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 courroies 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.

Les fibres de la pâte, qui du réservoir *c* s'écoule sur la forme, en se déposant sur la toile métallique, donnent immédiatement naissance à une couche peu cohérente, et l'eau abandonnée par les fibres 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 de papier 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 pression atmosphérique, et dans ce but on produit un vide au-dessous de la forme quelques instants après 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, avec toute sa longueur, 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 50 à 60 centimètres 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 *c'*, 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 d'y imprimer le filigrane. Une râclotte 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 sans fin qui la conduit à la *presse humide hh*, composée de deux cylindres de 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 cylin-

dres 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 rouleaux 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 de fonte *u, v, w*, dans l'intérieur desquels on introduit de la vapeur d'eau à environ 130° cent., 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 *v, v'*, 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 du 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 maintenant 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 cet 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 trois 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 fraîchement puisées, — *carton de couchage* ; 3° en collant les unes sur les autres des feuilles de papier achevé, — *carton de collage*.

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. 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, de même que 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.

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 uns 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, il la pose sur la seconde et il les presse 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 sciure fine de bois de chêne et de la chaux. Dans l'intérieur du carton à glacer, on met des feuilles de papier d'une pâte plus grossière.

3^o Le *carton de collage* (papier de trace) se prépare en collant les unes sur les autres 2 ou 13 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 cartons à glacer, ainsi que le *papier Bristol*, 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.

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 im-

44 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

bibés 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 de 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.

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 nous est malheureusement interdite à cause du manque d'espace ¹.

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

¹ Voyez W. F. Exner, Die Tapeten und Buntpapier-Industrie. Weimar, 1869.

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 à ce 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 soumis 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 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. 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. 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.

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, fécula), 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 amidine (amidon soluble, dextrine) et en sucre, et il devient pour cette raison une des substances les plus importantes au point de vue industriel. A de rares exceptions l'amidon se rencontre à l'état de grains ou de globules de forme et de grandeur déterminées. Le grain d'amidon n'est pas complètement homogène, mais il 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.

Payen a déterminé les plus grandes dimensions des grains d'amidon et les a indiquées en 1/1000 de millimètre. Nous extrayons de ses recherches les exemples suivants :

Grains d'amidon de grosses pommes de terre.....	185
— de pommes de terre ordinaires.....	140
— du <i>Maranta indica</i>	140
— des fèves.....	74
— du sagou.....	70
— des lentilles.....	67
— des pois.....	50
— du froment.....	50
— du maïs.....	50

La figure 250 montre (d'après *Schleiden*) des grains de fécula de pommes de terre, la figure 250 des grains d'amidon de froment. A cause de la grosseur de ses grains la fécula de pommes de terre forme une poudre un peu moins fine que l'amidon du 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 boules.

Conservé à l'air humide l'amidon contient environ 35, 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 ordinaire se transforme en dextrine. Si l'on chauffe l'amidon 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 fécula de pommes de terre à 62°, 5, pour l'amidon de froment à 67°, 5, d'après *Lippmann*) et forme alors l'*empois*, dont la consistance augmente jusqu'à 100°. L'*empois* se forme par suite



Fig. 250.

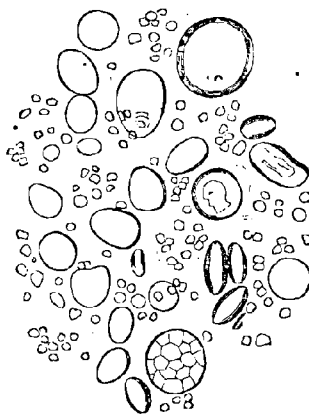


Fig. 251.

de la rupture des couches 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 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 fécula de pommes de terre. 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 1,53, aussi se dépose-t-il facilement 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 1000 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 l'action de la salive, des acides organiques et de différents autres dissolvants l'élément principal de 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)¹. 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 brutes 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 : *a.* les pommes de terre (20 0/0 d'amidon); *b.* le froment (55 à 65 0/0); *c.* le riz (70 à 73 0/0); *d.* la racine de *Jatropha manihot*; *e.* la racine du *Maranta arundinacea*; *f.* la moelle de certains palmiers, *g.* le *Canna coccinea* (nommé *tous-les-mois*, à cause de sa floraison mensuelle). 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 brute 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.....	2,3	9,6
Matière grasse.....	0,2	0,8
Cellulose.....	0,4	1,7
Sels.....	1,0	4,1
Fécule.....	21,0	83,8
	100,0	100,0

Elles contiennent 28 0/0 de substance sèche, ou 23 0/0 de substance insoluble, 77 0/0 de suc.

¹ D'après les recherches effectuées par *Muscatus* pendant plusieurs années (1860-1868) 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.

Dans les pommes de terre, les grains de féculé sont renfermés dans des cellules qui doivent être déchirées lorsqu'il s'agit de fabriquer la féculé. La figure 252 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 de la pomme de terre. 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 vers l'intérieur de la pomme de terre, on rencontre les *cellules corticales externes c*, puis les *cellules corticales internes d*, avec lesquelles se confondent les *cellules médullaires e*. Dans les cellules médullaires, on ren-

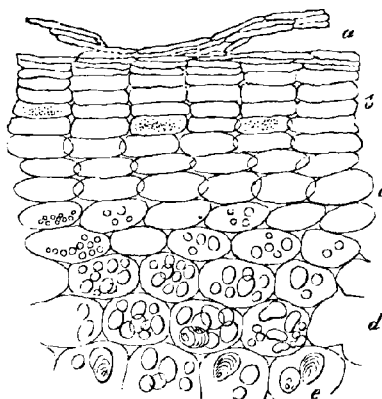


Fig. 252.

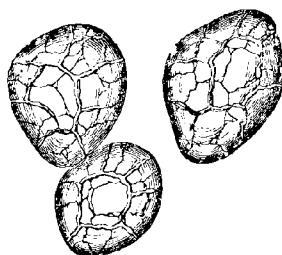


Fig. 253.

contre les grains de féculé au nombre de 13 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 pommes de terre 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. 253). Les grains de féculé 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 féculé 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 féculé.

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 de pommes de

terre 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 50 centimètres, et dont la longueur des scies est égale à 40 centimètres, 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 d'amidon; en outre, le tamisage n'a pas lieu d'une manière non interrompue, 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 rationnelle,

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 kilogr. 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 récemment 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 pommes de terre coupées en rondelles sont débarrassées par macération dans l'eau de la plus grande partie de leur eau de végétation et ensuite transformées par un procédé chimique en une masse finement divisée; dans ce but les pommes de terre coupées sont disposées en tas de plusieurs pieds de hauteur, afin qu'elles 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 30 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 dé-

crits 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 20 centimètres d'épaisseur, où on l'abandonne 1 ou 2 jours suivant le temps et la saison. Le plâtre a enlevé 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 0/0 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 a 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 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 amyliacée diminue beaucoup sous l'influence de la germination. Dans les pommes de terre conservées avec soin dans les silos, la teneur en fécule devient plus grande, de telle sorte que des pommes de terre, qui en septembre et octobre contenaient 16 0/0 de fécule, offrent de novembre à mars une richesse de 18 0/0.

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. La composition du grain de froment (hongrois) est la suivante (d'après *O. Dempwolf, 1869*) :

Eau.....	10,51
Cendre.....	1,50
Gluten.....	14,35
Amidon.....	65,40
Matière grasse et fibre végétale.....	8,24
	100,00

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 parmi les 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 contenus dans des sacs en marchant sur ceux-ci, qui sont arrosés 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 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'a-

midon. 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 râclage 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 de 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 qui 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 25 0/0 de gluten (*gluten granulé*) avec 38 0/0 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.

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	0,53	0,03	0,40	0,55	1,29
Amidon.....	81,48	83,59	83,91	81,32	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 une aspect très-blanc, brillant, presque cristallin et ressemblait à de la féculé de pommes de terre pure; 2. Amidon breveté très-fin, bleu; féculé 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 féculé 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.

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 l'amidine, le sucre et le sirop de féculé, 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 brute de la fabrication de l'eau-de-vie, de la bière, etc. Pour les usages domestiques, s'il doit servir comme aliment, on ne l'emploie que sous forme de féculé 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. En ce qui concerne la force avec laquelle empèsent les différentes sortes d'amidons, *C. Wiesner* (1868) a trouvé que l'amidon de maïs empesait le plus fortement, vient ensuite l'amidon de froment et en dernier lieu la 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, amidon du marron d'Inde, amidon de manioc, arrow-root. — Depuis quelques années on fabrique beaucoup d'*amidon de riz* en Angleterre, en France, en Belgique et dans le Zollverein. Pour séparer le gluten, on emploie une lessive 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 bétail ¹. Dans ces derniers temps la fabrica-

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

tion 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 tout aussi beau que celui des céréales. 100 parties de marrons frais donnent de 19 à 20 0/0 d'amidon sec, qui cependant se distingue par un goût amer. L'*arrow-root* est l'amidon du *Maranta arundinacea* et du *Maranta indica*, cannacées croissant aux Indes occidentales, des racines desquelles on extrait, de la même manière que des pommes de terre, 7 à 20 0/0 d'amidon; on le trouve dans le commerce enfermé dans des tonneaux ou des boîtes de fer-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 du *Manihot utilissima* et *Manihot aipin*, 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, et à l'état brut ils contiennent de l'acide cyanhydrique. 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; ce 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 amylicée 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

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.

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 féculé de pommes de terre et colorée avec de l'oxyde de fer ou du sucre brûlé.

Dextrine. — La *dextrine* (gommeline, amidine, 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 $C^6H^{10}O^5$) 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'esprit-de-vin 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 mélangée 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. 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) :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	DEXTRINE prima de Langensalza.	AMIDON grillé foncé.	DEXTRINE brunc.	GOMME- LINE.	DEXTRINE vieille.	AMIDON grillé clair.
Dextrine.....	72,45	70,43	63,60	59,71	49,78	5,34
Sucre.....	8,77	1,92	7,67	5,76	1,42	0,24
Substances inso- lubles.....	13,14	19,97	14,51	20,64	30,80	86,47
Eau.....	5,64	7,68	14,23	13,89	18,00	7,95
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Pour *préparer la dextrine*, on se sert presque partout de la féculé 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 féculé ;

b. En faisant agir avec précaution l'acide azotique sur la féculé ;

- 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* (*fécule grillée*) est une opération très-simple ; la fécule (ou l'amidon) est chauffée dans un appareil approprié jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur 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 de 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 225 à 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 1000 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 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. 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 ou de l'acide lactique. 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 : 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 ne 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.

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 empeser 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 les 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 et 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 substance épaississante dans l'impression des tissus, il ne faut pas oublier qu'elle est liquéfiée par les acides et qu'elle se transforme en sucre.

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 apportèrent la canne à sucre aux Açores, aux Canaries et aux îles du Cap-Vert (1420). D'après une opinion très-répan-due, 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 la canne à sucre 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 que ceux-ci 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 suc 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 brut.

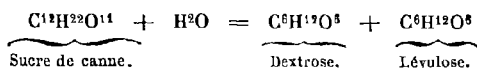
État naturel et propriétés du sucre. — Dans la nature le sucre se rencontre sous forme de *sucre de canne* (saccharose), de *sucre de raisin* (dextrose, glucose) et de *sucre de fruits* ou *sucre incristallisable* (lévulose chylariose). Le sucre de canne se rencontre en assez grande quantité, pour que sa préparation en grand soit avantageuse, dans la canne à sucre, le maïs, le sorgho sucré (*Andropogon glycichylum*), 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. A 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. A 210 ou 220° le sucre se transforme en sucre brûlé ou caramel. Le sucre 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 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	1,383342	49	1,227241	24	1,101377
74	1,376822	48	1,221771	23	1,096792
73	1,370345	47	1,216339	22	1,092240
72	1,363910	46	1,210945	21	1,087721
71	1,357918	45	1,205589	20	1,083234
70	1,351168	44	1,200269	19	1,078779
69	1,344860	43	1,194986	18	1,074356
68	1,338594	42	1,189740	17	1,069965
67	1,332370	41	1,184531	16	1,065606
66	1,326188	40	1,179358	15	1,061278
65	1,320046	39	1,174221	14	1,056982
64	1,313946	38	1,169121	13	1,052716
63	1,307887	37	1,164056	12	1,048482
62	1,301868	36	1,159026	11	1,044278
61	1,295890	35	1,154032	10	1,040104
60	1,289952	34	1,149073	9	1,035961
59	1,284054	33	1,144150	8	1,031848
58	1,278197	32	1,139261	7	1,027764
57	1,272379	31	1,134406	6	1,023710
56	1,266600	30	1,129586	5	1,019686
55	1,260861	29	1,124800	4	1,015691
54	1,255161	28	1,120048	3	1,011725
53	1,249500	27	1,115330	2	0,007788
52	1,243877	26	1,110646	1	1,003880
51	1,238293	25	1,105995	0	1,000000
50	1,232748				

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 un mélange de dextrose (glucose) et de lévulose (chylariose) :



Une conséquence de ce fait, 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

sucs qui, comme le jus du 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 chylariose. 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 chylariose. Le sucre de canne se combine avec les hydroxydes de calcium et de baryum sans se décomposer, et il forme avec ceux-ci les *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 les 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 $C^{12}H^{22}O^{11}$, CaO . 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 $C^{12}H^{22}O^{11}$, $3CaO$) 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 que 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* $C^{12}H^{22}O^{11}$, BaO , mérite d'être mentionnée, parce que 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 4 à 6 centimètres. 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.
Martinique.....	2,500 kilogr.	2,000 kilogr.
Guadeloupe.....	3,000 —	2,400 —
Réunion et Maurice.....	5,000 —	4,000 —
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 0/0 de jus, qui d'après les recherches de *Péligot* renferment de 18 à 20 0/0 de sucre cristallisable.

Les cannes à sucre tahitiennes de la Martinique (*a*), de la Guadeloupe (*b*) et de Maurice (*c*) offrent d'après *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

Des 18 0/0 de sucre, qui se trouvent dans la canne, il n'y en a pas généralement plus de 8 0/0 qui soient livrés au commerce sous forme de sucre cristallisé. Cette grande perte est occasionnée par les circonstances suivantes : 1° des 90 0/0 de suc que renferme la canne on n'extrait ordinairement que 50 à 60 0/0, 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, qui se trouve dans le jus cuit, qui cristallise, tandis que le surplus reste dans la mélasse. Les 18 0/0 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

Préparation du sucre brut. — L'extraction du sucre brut de la canne comprend : 1° l'expression du jus ; 2° la clarification ou défécation et 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 254. Ces cylindres sont

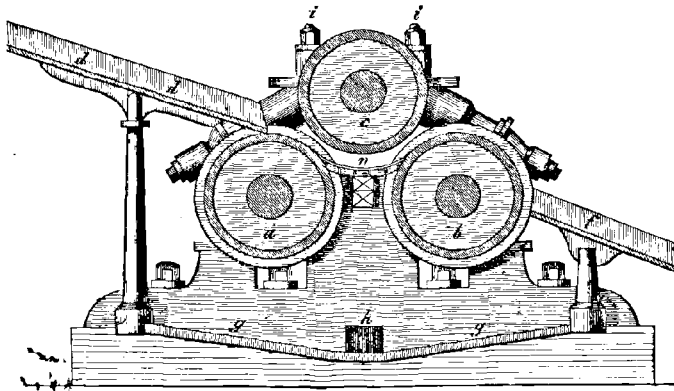


Fig. 254.

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 à l'aide 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'une courroie sans fin. Elle arrive d'abord entre les deux cylindres *a, c* (le *role supérieur* et le *role à cannes*), 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 60 centimètres 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 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. Dans les îles danoises des Indes occidentales le cylindre moyen est appelé *régulus*, l'un des latéraux *role de côté* et l'autre *role de martax*.

2° et 3° *Clarification ou défécation et cuisson (ou évaporation du jus)*. Le jus exprimé arrive dans le laboratoire, où on le travaille dans un système de cinq chaudières en fonte ou en cuivre, 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, 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 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 la troisième et la quatrième chaudière, qui sont de plus en plus petites, le jus est porté par évaporation jusqu'à 30° Baumé, enfin dans la cinquième et dernière chaudière il est évaporé jusqu'au point de cristallisation. Dans les chaudières il se dépose une croûte de 3 ou 4 lignes 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 3 centimètres 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 cristallisoirs de bois d'environ 36 centimètres 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 porte le nom de *sucre brut*, de *moscouade* ou de *sucre en poudre*. Dans d'autres districts on introduit le sucre séparé dans les cristallisoirs 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 20,000 litres et plus. Environ 14 jours après le remplissage des tonneaux le sucre est assez purifié. Dans les colonies françaises et anglaises on a coutume de *terger* sur les lieux mêmes le sucre de canne avec de l'argile humide, et les pains de sucre épurés sont livrés au commerce sous le nom de *cassonade* ou sucre terré.

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 *free-sugar* (sucre libre). Le *free-sugar* vient de la Jamaïque, des Barbades, de Demerara, d'Antioa, 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 sucre 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.	Candi.	Méls.
Sucre de canne.....	98,6 à 83,1	97,0 à 87,3	92,3 à 85,4	99,6	99,7
Sucre incristallisable...	5,5 à 0,3	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, gomme, acides végétaux.....	3,5 à 0,5	4,5 à 0,4	2,1 à 1,1	—	—

Mélasse. — La mélasse, produit secondaire de la fabrication du sucre de canne, se forme en proportions très-variables, suivant les conditions

climatériques, 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; le reste est employé pour l'alimentation comme sucre liquide. La mélasse entre très-facilement en fermentation alcoolique, puis en fermentation acétique. Le sirop obtenu dans la fabrication du sucre terré (sirop couvert ou sirop vert) est soumis à un nouveau recuit. *J. Renner* a trouvé dans des mélasses très-consistantes :

	a.	b.
Sucre de canne	32,97	40,36
Sucre incristallisable.....	4,30	7,38
Eau.....	13,71	16,25
Cendre.....	3,55	3,78
Caramel, gomme, etc.....	45,65	32,22

Raffinage du sucre brut. — L'épuration du sucre brut et sa transformation en sucre raffiné comprend les opérations suivantes :

1° *Fonte et clarification.* L'extraction du sucre brut des caisses et des tonneaux (le dépotage) n'est pas sans offrir quelques difficultés, parce que les vases retiennent sur leurs parois une quantité assez grande du sucre, qui est humide et même gras et dont l'enlèvement avec la main ou à l'aide d'instruments serait long et ne donnerait que des résultats incomplets. C'est pourquoi on se sert fréquemment d'un procédé simple et avantageux, qui consiste à renverser les tonneaux sur une plaque de cuivre bombée et munie d'une rigole et au moyen d'un tuyau à faire arriver de la vapeur dans l'intérieur de la caisse ou du tonneau. La vapeur, en se condensant, se sature de sucre, coule dans la rigole et de là dans un réservoir. Le liquide qui se rassemble dans ce dernier sert pour dissoudre le sucre brut. Le sucre à dissoudre est d'abord égrugé sur un tamis afin de diviser toutes les agglomérations, qui seraient difficiles à dissoudre. Dans la plupart des raffineries la dissolution elle-même ou la fonte s'effectue dans des chaudières de cuivre chauffées à la vapeur. La quantité d'eau nécessaire pour la dissolution du sucre s'élève en environ 30 0/0 du poids de celui-ci. De la chaudière dans laquelle la dissolution a été faite, la solution de sucre brut passe dans une deuxième chaudière de cuivre munie d'un double fond (la chaudière à clarification). On emploie maintenant dans la clarification

du noir animal finement pulvérisé et une substance albumineuse coagulable à chaud comme le blanc d'œuf ou le sang. Le sang (sang de bœuf ou de mouton), au sortir du corps de l'animal, est battu avec des verges, afin d'en séparer la fibrine, et conservé dans des tonneaux bien bouchés et soufrés, dans lesquels on ajoute une petite quantité d'acide sulfureux dissous ou de sulfite de calcium. Une addition de 3 ou 4 pour 0/0 de poudre de noir animal et de 1/2 à 2 0/0 de sang est suffisante pour opérer une clarification convenable. Dès que l'on a ajouté le noir et le sang dans la chaudière, on agite fortement de bas en haut avec une palette et l'on chauffe le liquide jusqu'à ce qu'il bouillonne fortement. L'albumine du sang se coagule, enveloppe toutes les particules qui troublent le liquide et les empêche de passer à travers les filtres. La masse coagulée se sépare à la surface avec la poudre de noir sous forme d'une écume épaisse et cohérente.

2° La *filtration* de la solution de sucre clarifiée s'effectue à l'aide des filtres *Taylor*¹. Le sirop filtré, la *clairce*, est reçue dans un réservoir et dirigé sur les filtres *Dumont*, dans lesquels se trouve du noir animal. Dans ces filtres s'effectue la décoloration. Le sirop filtré et décoloré est ensuite amené dans la chaudière où s'effectue la cuite.

3° La *cuite de clairce* avait lieu autrefois dans des chaudières chauffées à feu nu, qui maintenant sont partout remplacées par des chaudières communiquant avec des appareils dans lesquels des injections d'eau froide et des pompes à air font le vide. La direction de la cuite est la même que dans la fabrication du sucre brut, seulement le degré de la cuite est différent; moins le sirop est pur et plus il est altéré, plus la cuite doit être poussée loin, et de telle sorte que le sirop encore bouillant marque 42° ou 43° Baumé ou qu'il contienne environ 10 à 12 0/0 d'eau.

4° *Cristallisation et réchauffage*. En général le sucre commence déjà à cristalliser (à grener) dans la chaudière à cuire; il arrive dans les *réchauffoirs*, où il est chauffé jusqu'à 80°. Dès que la formation des cristaux commence à la surface et sur les parois, on brasse lentement avec de grandes spatules de bois, afin que les cristaux formés se disséminent dans le liquide. Au bout de quelque temps, lorsque de nouveaux cristaux se sont produits, on brasse de nouveau. La température de la masse s'est alors abaissée à 50°. Cette séparation du sucre par suite du refroidissement se nomme la *cristallisation rapide*; c'est sur elle que repose la préparation du sucre solide généralement usitée maintenant. Autrefois on employait dans le même but la *cristallisation lente*, dans laquelle la *clairce* non cuite jusqu'au point de cristallisation était soumise à une évaporation lente dans des milieux chauffés, où, par conséquent, le sucre ne se séparait pas par refroidissement, mais par soustraction d'eau.

¹ Afin d'éviter les répétitions, les filtres *Taylor*, ainsi que d'autres opérations et appareils usités dans le raffinage du sucre, ne seront décrits qu'à propos de la *fabrication du sucre de betteraves*.

5° *Remplissage des formes* avec la masse cristalline. Le procédé usité pour le remplissage des formes, dans lesquelles doit se former le pain de sucre, diffère suivant que le sirop est cuit à feu nu d'après l'ancienne méthode ou qu'il est évaporé dans le vide. Dans l'ancien procédé on commençait par remplir les formes seulement au tiers, quelque temps après aux deux tiers et enfin jusqu'à un pouce du bord supérieur. En procédant ainsi, on avait pour but de mélanger uniformément le grain. Dix minutes après le remplissage on peut observer une pellicule cristalline à la surface du pain, après quoi on procède au premier brassage avec un long couteau de bois (*opalage*), afin de bien disséminer les cristaux dans la masse. Au bout d'une demi-heure environ, cette opération est renouvelée ; on la nomme maintenant le *moupage*. Le local dans lequel s'effectue le remplissage, ou l'*empli*, est continuellement maintenu à une température de 25 à 30°.

6° *Terrage et séchage*. Les formes remplies sont apportées au bout de 8 à 12 heures de l'empli dans les *greniers* ; dans ces pièces les pointes bouchées des formes sont ouvertes avec une alène, afin que le sirop qui se trouve entre les cristaux puisse s'écouler (*sirop vert* ou *noir couvert*). Cela fait, on procède au *terrage*, c'est-à-dire au lavage des cristaux de sucre en faisant filtrer lentement à travers ceux-ci de l'eau qui s'écoule d'une bouillie d'argile, ou en étendant avec une solution de sucre pur le sirop qui se trouve entre les cristaux de sucre (*clairçage*). Comme l'égouttage du sirop vert exige beaucoup de temps, on se sert maintenant de la force centrifuge, pour séparer de la partie solide la partie liquide du sucre. Lorsque le terrage est terminé, on tourne les formes sur leur base (*lochage*), afin que le sirop rassemblé à la pointe puisse se répartir dans toute la masse. Le séchage a lieu d'abord à l'air, ensuite dans des étuves chauffées d'abord à 23° et à la fin à 50°. Tout ce qu'il y aurait encore à mentionner relativement au raffinage du sucre brut est indiqué à propos de la fabrication du sucre de betteraves.

Production du sucre de canne. — La *production totale du sucre de canne* s'élève maintenant (1870) à environ 2,750 millions de kilogrammes ainsi répartis :

Cuba.....	750,000,000	kilogr.
Porto-Rico.....	225,000,000	—
Brésil.....	50,000,000	—
Etats-Unis.....	62,500,000	—
Maurice.....	300,000,000	—
Réunion.....	187,500,000	—
Indes anglaises.....	325,000,000	—
Antilles françaises.....	250,000,000	—
— danoises.....	16,500,000	—
— hollandaises.....	32,000,000	—
— anglaises.....	450,000,000	—
Java.....	250,000,000	—
Manille.....	150,000,000	—

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

Sucre de canne.....	2,750,000,000	kilogr.
Sucre de betteraves.....	800,000,000	—
Sucre de palmier.....	108,000,000	—
Sucre d'érable.....	56,250,000	—
	<hr/>	
	3,714,250,000	kilogr.

B. SUCRE DE BETTERAVES.

Historique. — Ce fut en l'année 1747 que le pharmacien *Marggraf*, de Berlin, indiqua, dans un travail présenté à l'Académie des sciences, la présence du sucre cristallisable dans la betterave (*Beta cicla*) et attira l'attention sur l'importance de cette observation pour l'agronomie et la fabrication d'un sucre indigène. Par extraction avec l'alcool il sépara 6, 2 0/0 de sucre de la betterave blanche et 4, 5 0/0 de la variété rouge. Les difficultés industrielles de toutes sortes, ainsi que la situation politique du temps, contribuèrent beaucoup à empêcher de pousser plus loin les observations de *Marggraf*. Après la conclusion de la paix d'Aix-la-Chapelle, les Anglais inondèrent de leur sucre colonial peu cher les marchés de l'Allemagne ouverts de nouveau au commerce extérieur et empêchèrent le sucre de betteraves, produit à grands frais, de faire concurrence au sucre colonial. La fabrication du sucre avec les betteraves fut délaissée pendant longtemps. Ce ne fut que vers la fin du dix-huitième siècle, qu'elle fut reprise en Allemagne et que la préparation en grand du sucre de betteraves commença à attirer plus vivement l'attention. *Achard* et *Hermstadt* firent, dans les dix premières années de ce siècle, des expériences sur la production du sucre de betteraves et ce fut le premier surtout qui apprit à séparer en grand de la betterave jusqu'à 6 0/0 de sucre cristallisable et 4 0/0 de mélasse. Tous les efforts tentés à cette époque, pour fonder une industrie sucrière indigène, auraient cependant été inutiles, s'ils n'avaient pas été faits dans un temps qui poussait impérieusement l'attention des gouvernements vers la production d'un sucre indigène. C'était l'époque du système continental. La guerre générale contre les produits des colonies et contre l'Angleterre paralysa le commerce britannique et rendit le continent indépendant de l'Angleterre. Le prix des marchandises coloniales s'éleva d'une manière extraordinaire; pour 100 kilogrammes de sucre, qui en 1805 coûtaient de 190 à 340 francs, on demandait 1,750 francs en 1814, — motif suffisamment puissant pour pousser à la préparation du sucre indigène. En outre, Napoléon I^{er} accorda un puissant appui à la jeune industrie. Des centaines de fabriques prirent naissance, mais comme elles reposaient sur une base artificielle, elles ne purent soutenir leur existence que tant que dura le système continental. Cependant la nouvelle industrie aurait pu dès ce temps prendre racine, si la plupart des fabriques n'avaient pas été créées par des spéculateurs, qui avaient plutôt en vue de gagner la récompense proposée, que de fonder des entreprises industrielles véritables. En outre, la plupart

des fabriques étaient établies dans des endroits peu convenables et avec un capital que le bas prix du sucre, après la levée du blocus continental, rendit improductif. Cependant à peine dix ans après la chute de Napoléon I^{er}, la fabrication du sucre de betteraves apparut de nouveau dans l'arène industrielle et cette fois avec succès. Ce changement était dû en partie aux progrès des sciences naturelles et de l'industrie, qui avaient mis au jour une foule de découvertes importantes pour l'extraction du sucre de betteraves, mais il était aussi en grande partie le résultat de la protection que les gouvernements accordaient à l'industrie nouvelle. Celle-ci a grandi sous la protection de l'Union des douanes et maintenant elle occupe le premier rang parmi les grandes industries de l'Allemagne. Depuis quelques années, l'industrie du sucre de betteraves du Zollverein exporte près de 50 millions de kilogr. de sucre.

Betterave à sucre. — La plante d'où provient la *betterave* (la betterave à sucre, *Beta maritima*, fig. 255) est une plante bisannuelle de peu d'apparence, qui croît 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 richesse moyenne du sucre (de 10 à 10,5 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 richesse en sucre 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^o 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^o 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^o 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);

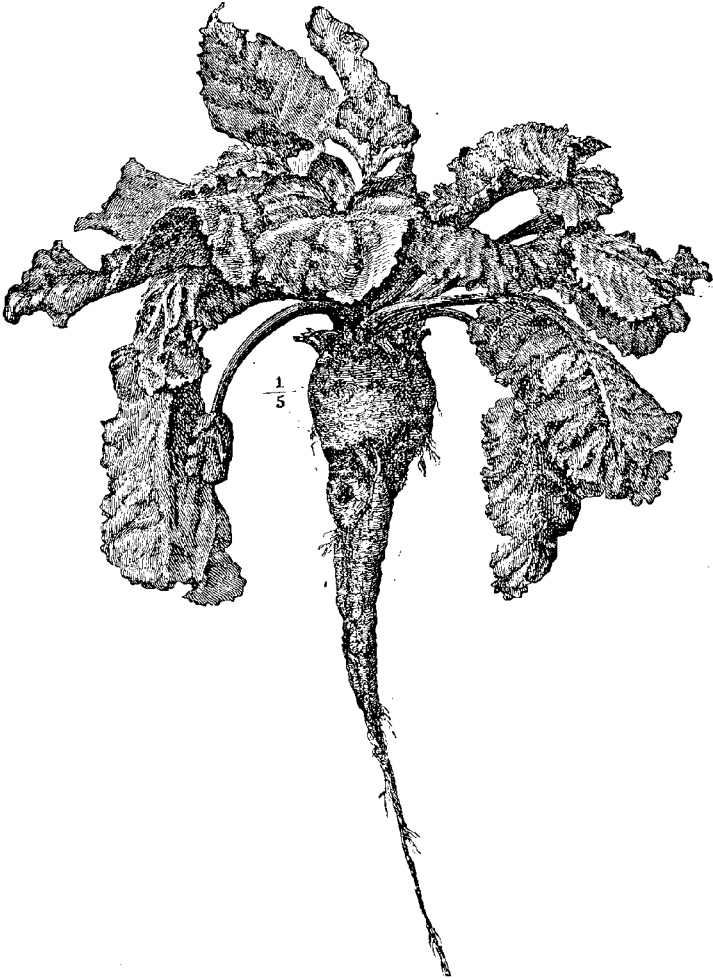


Fig. 255¹.

6° la *betterave électorale* (variété de la précédente, d'après *F. Knauer* de Gröbers près de Halle sur Saale). La betterave est une plante bisannuelle :

¹ Figure extraite de *L. Walkoff, Traité complet de fabrication et raffinage du sucre de betterave*, édition française publiée par *E. Mérijot*. Paris, 1873.

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 éléments 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. 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.

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

Un hectare fournit les quantités indiquées dans le tableau ci-dessous :

PAYS.	OBSERVATEURS.	BETTERAVES		SUCRE.	
		EN GÉNÉRAL.	PROPRES		SUCRE.
			à LA FABRICATION.		
		kilogr.	kilogr.	kilogr.	
Autriche.....	Kranse.	20800 à 29000	17600 à 24600	1540 à 2168	
Autriche.....	Burger.	33800 à 38600	28600 à 32800	2512 à 3120	
Bohême.....	Neumann.	22400 à 29000	19000 à 24600	1772 à 2320	
Prusse.....	Lüdersdorf.	29200	24800	2176	
Prusse.....	Thaer.	36000	30600	2662	
Bade.....	Stölzel.	24000 à 32000	20400 à 27200	1792 à 2392	
France (départ. du Nord).....	Dumas.	39600	33600	2952	
France (autres départements).....		24800	21000	1848	
France.....	Boussingault.	29800	25400	2232	

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

76 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

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, pectine et acide pectique, matière colorante, asparagine, acide asparagique, une base organique, la bétaine ¹ , etc. . . .	} 3,7
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 les environs de Magdebourg ont en général :

pour richesse <i>maxima</i> en sucre.....	13,3 0/0
— <i>minima</i> en sucre.....	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 chylaricose 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.....	3,49 0/0	2,52 0/0
Eau.....	83,06	84,36
Sucre.....	12,40	10,60
Sucre incristallisable.....	0	0,65
Sels minéraux.....	0,75	0,63
Acides organiques, albumine, bétaine et extractif	1,39	1,24

1250 kilogr. de betteraves donnent 400 kilogr. de sucre brut.

Saccharimétrie. — La *saccharimétrie* a pour but la détermination de la richesse en sucre de canne des betteraves, du sucre brut, etc. Cette détermination 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.
D'après cette méthode on isole le sucre contenu dans la betterave en procédant de la manière suivante : on pèse avec soin 25 ou 30 gram. de la

¹ La bétaine a, d'après C. Scheibler, la formule C¹⁸H³³Az²O⁶.

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 0,83, 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.

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° Baumé, 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 chylarose ou 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 (4CO^2 correspondent à 1 molécule de sucre de canne $\text{C}^{12}\text{H}^{22}\text{O}^{11}$).

La première de ces méthodes, qui repose 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 tiré 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 gram. 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 34 gr. 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 atome de dextrose ou de lévulose (180) ($34,650 : 5 = 1274,5 : 180$ ou $= 6,93 : 1$) ; 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 part. 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 par le sucre 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

suiuante admise depuis longtemps comme exacte sert de base à cette méthode :

1 moléc. de sucre de canne, C¹² } donne { 4 moléc. d'ac. carbonique = 176
 H²²O¹¹ = 312..... } en fermentant { 4 — d'alcool..... = 188

La méthode par fermentation la plus ancienne consiste à mesurer à l'aide de l'alcoomètre la quantité et la force de l'alcool obtenu et séparé par distillation ; ce procédé très-compiqué 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 183 et 400). 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 :

171/88 = 1,9432 donne la quantité du sucre de canne,
 180/88 = 2,04545 — de la dextrose.

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 incristallisable (lévulose, chylarose) le dévie à gauche, et la déviation est proportionnelle à la richesse de la solution en sucre, etc. et à l'épaisseur de la couche de la dissolution par laquelle passe le rayon de lumière polarisé. D'après la grandeur de la rotation que produit une couche liquide de hauteur déterminée dans le plan de 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. Pohl* et *Wild* sont les plus usités. Le *procédé polarimétrique* (pour les détails duquel nous renvoyons aux ouvrages de *Otto* et de *Pohl* ¹) peut aussi être employé pour le jus de

¹ Voyez aussi *Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc., traduit de l'allemand par le *D. L. Gautier*. Paris, 1869.

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.

Préparation du sucre avec les betteraves. — La *préparation du sucre avec les betteraves* comprend, suivant le mode de traitement de celles-ci, 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 à l'aide d'une presse hydraulique ;
 - 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, qui sont ensuite lessivées systématiquement avec de l'eau à une température déterminée dans des vases spéciaux (appareils à diffusion) ;
- III. Défécation du jus avec la chaux et élimination de la chaux contenue dans le jus déféqué au moyen de l'acide carbonique ;
- IV. Filtration du jus dépouillé de chaux sur le noir animal, évaporation du jus et deuxième filtration sur le noir animal ;
- V. Cuite à cristallisation du jus évaporé et filtré ;
- VI. Traitement du sirop cuit :
 - α. Pour sucre brut ;
 - β. Pour sucre en pains.

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. Le déchet ainsi produit est rarement au-dessous de 10 0/0 et souvent il s'élève jusqu'à environ 20 0/0 du poids des betteraves.

Une des machines à laver les plus employées est celle de *Champonnois* ; cette machine (fig. 256) se compose essentiellement d'un tambour à claire-voie de bois ou de fer *b* mobile autour de son axe et qui est disposé dans une auge *c* de manière à ce que tout au plus la moitié de son diamètre s'y trouve contenue ; cette auge renferme assez d'eau pour que le tambour plonge dans celle-ci d'environ 24 centimètres. Le tambour fait environ 8 tours en une minute. 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, qui les enlève et les porte sur une surface à claire-voie inclinée, où les ouvriers les reçoivent et leur enlèvent avec un couteau la tête 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 kilogr. 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.

II. Extraction du jus des betteraves. — 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 extraire le jus; dans l'autre les cellules restent au contraire fermées, et le suc contenu en est retiré par voie dialytique.

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 perspec-

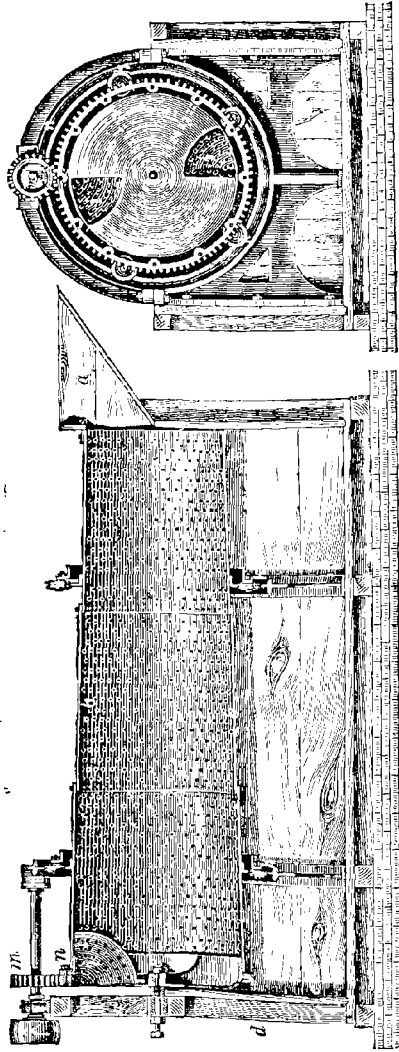


Fig. 256.

* Figure extraite de *L. Walkhoff, loc. cit.*

WAGNER. Chimie indust., t. II.

tive par la figure 257, dans laquelle la râpe elle-même est recouverte par le manteau *u*. La râpe (dont les parties essentielles sont représentées par la figure 258) consiste en un cylindre de 50 à 60 centimètres de long sur 80 centimètres à 1 mètre de diamètre et dont la périphérie est garnie de lames dentées, de manière à ce qu'il n'y ait que les dents qui débordent au-dessus des morceaux de bois intercalés. Au lieu de

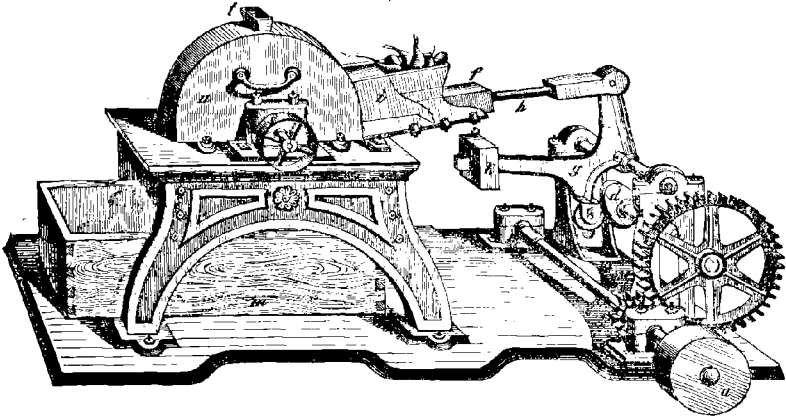


Fig. 257.

cylindres de bois, comme ceux dont on se servait autrefois, on se sert maintenant pour la confection du cylindre de deux disques de fonte ayant la disposition indiquée dans la figure 258, sur lesquels peuvent être montées 250 lames dentées alternant avec des tasseaux de bois. Le cylindre est mis en mouvement par la poulie *a*. *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,

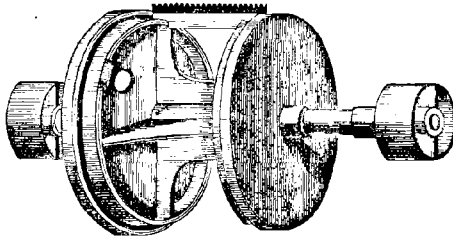


Fig. 258.

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

manières. 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 qui entoure la râpe empêche la projection de la pulpe, qui est reçue dans une auge. Le cylindre effectue de 1000 à 1200 tours à la minute, vitesse avec laquelle on peut obtenir un rendement de 40,000 à 50,000 kilogr. de pulpe en 24 heures. Une machine à râper pour 50,000 kilogr. de betteraves absorbe une force de 8 à 10 chevaux. Soit pour faciliter le râpage, soit aussi pour obtenir une pulpe plus fine, on fait tomber sur la râpe pendant le travail un peu d'eau que l'on verse par l'entonnoir *t*. 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 *par expression* de celle-ci. *Achard* se servait dans ce but d'un rouleau de pierre ou de fonte, qui passait sur la pulpe de betteraves enveloppée dans un tissu de laine. Parmi tous les modes de pressage, qui ont été employés plus tard, celui auquel on s'est arrêté (abstraction faite de l'expression par la presse cylindrique de *Champonnois*, perfectionnée par *Lachaume*, qui depuis quelque temps serait employée avec succès dans plusieurs fabriques françaises), consiste dans l'emploi de 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.

La pulpe de betterave est enveloppée dans des tissus 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 est de 250 à 300 kilogr. sur chaque pouce carré de surface pressée. 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 suc 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

84 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

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 kilogr. de betteraves donnent 180 kil. de *tourteaux*, le rendement en jus est de 82 0/0. Cependant on considère déjà comme un bon rendement le chiffre de 80 0/0 (au lieu de 96 0/0, que contient la betterave).

Tourteaux. — Les *résidus des presses hydrauliques* ou les *tourteaux* se composent 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. Tels qu'ils sortent de la presse ils se présentent sous forme d'un gâteau assez sec, cohérent et d'une épaisseur de quelques lignes. *E. Wolff* (de Hohenheim), entre autres, a analysé les *tourteaux*.

TOURTEAUX DE HOHENHEIM.

	BETTERAVES fraîches.	BETTERAVES PRESSÉES		
		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.....	1,33	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 nu- tritifs.....	3,47	11,36	10,05	14,31

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

	TOURTEAU.	JUS.
Eau.....	25,2	76,8
Cendre.....	1,27	?
Cellulose.....	1,47	—
Sucre.....	1,72	10,17
Hydrates de carbone.....	2,84	0,63
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 de la pulpe *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, l'a été de nouveau dans ces derniers temps. On obtient de cette manière d'après *Frichenhaus* 50 à 60 0/0 de jus ; on extrait le reste en traitant une seconde fois dans l'appar-

reil centrifuge le résidu délayé avec de l'eau. Afin d'obtenir des jus pas trop étendus, on emploie le jus étendu pour la macération de la pulpe plus riche en sucre. La pratique s'est prononcée d'une manière partiellement favorable sur cette méthode d'extraction du jus.

Le rendement d'une turbine de 1 mètre de diamètre et de 50 centim. de hauteur est d'environ 5,000 kilogr. par jour. La force active est plus faible que dans la presse ; les frais occasionnés par les sacs nécessaires dans la méthode précédente sont ici complètement évités. La force avec laquelle agit la turbine précédente est de 5,1 atmosphères, et l'on extrait environ 60 0/0 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 10 ou 60 0/0 de la quantité de betteraves ; sur ces 50 0/0 il en reste 20 0/0 dans les résidus, tandis que 30 0/0 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*). D'après l'ancien procédé de *Schützenbach*, 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 tombant horizontalement les betteraves sont divisées en parallépipèdes (cosselles), 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 cosselles 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 telle 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 cosselles 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 puisse 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 kilogr. de betteraves vertes (depuis le 1^{er} septembre 1866) sont considérés comme égaux à 100 kilogr. de cos-

settes 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 dans ces derniers temps (1853) conduit *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.

3. 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* ; 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 avec de l'eau pure à 50° cent. Le sucre traverse la paroi des cellules et se dissout dans l'eau, tandis que certaines substances non sucrées 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 là grande dilution de la solution sucrée. Les résidus de la diffusion sont très-aqueux, ils contiennent 93 0/0 d'eau et de 7 0/0 de substance sèche.

Si l'on compare les différents procédés d'extraction du jus relativement à la force dépensée, au personnel, 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.

III. Défécation du jus. — Le jus extrait de la pulpe par expression ou par turbinage, ou enfin par macération, prend à l'air une couleur d'encre et il s'en sépare un précipité floconneux noir. Plus le jus contenait d'acide libre, moins la coloration se produit facilement, et dans ce cas il est 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 azolées et les éléments minéraux. Ce sont les substances azotées qui sous l'influence de l'air atmosphérique se transforment en ferments 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'obstacle à la préparation du sucre pur ou qui empêcheraient celui-ci de prendre la forme cristalline. La séparation de ces substances nuisibles est l'objet de la *défécation*.

Le *procédé de défécation* qui maintenant est presque généralement en usage est le suivant : le jus est d'abord chauffé dans la chaudière à défé-

cation 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 dans des *chaudières à défécation* avec double fond comme celle qui est représentée par la figure 259. Lorsque sous l'influence de la chaleur la coagulation est effectuée, ce qui ordinairement a lieu à 85°, on ajoute un lait de chaux clair et on le mélange intimement avec le jus. La chaux saturé les acides libres contenus dans le jus, puis elle sépare les substances azotées, qui contribuent si facilement à l'altération du jus, ou bien elle les décompose avec dégagement d'ammoniaque. La chaux se combine enfin avec une partie du

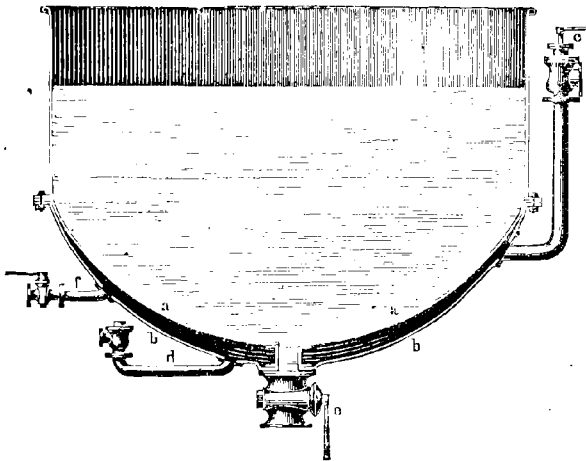


Fig. 259*.

sucres sous forme de saccharate de calcium. Parmi les bases mises en liberté par la chaux, le protoxyde de fer et la magnésie sont précipités, tandis que la potasse et la soude restent en dissolution. Afin que la chaux puisse agir suffisamment, après l'avoir ajoutée, 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 déléqué). Cette séparation est maintenant généralement effectuée au moyen des *filtres-presses*¹, dont l'introduction dans la fabrication du sucre doit être considérée comme un progrès important.

¹ Voyez, pour la description de ces appareils, l'excellent livre de L. Walkhoff, *Traité complet de fabrication et raffinage du sucre de betteraves*, t. II, p. 51. Edit. française, publiée par E. Mérijot, Paris.

* Figure extraite de L. Walkhoff, *loc. cit.*

Déchaulage du jus. — Le jus déféqué n'est point une solution de sucre pure, 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 à un dégagement d'ammoniaque qui se produit lors de l'évaporation ultérieure; il renferme en outre des acides organiques, de l'acide asparagique 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.

Déchaulage par l'acide carbonique. — Le jus déféqué, après avoir passé à travers un filtre de noir, est évaporé immédiatement ou bien traité par

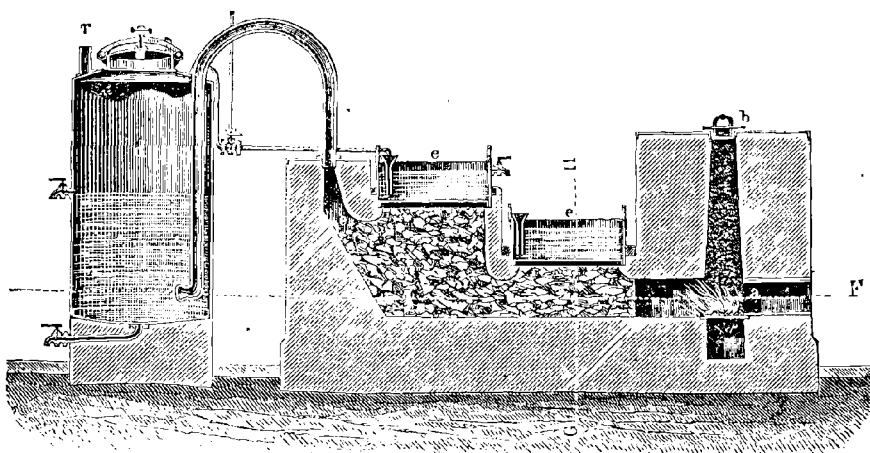


Fig. 260 *.

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'éliminer la chaux du saccharate de calcium contenu dans le jus ¹. L'acide carbonique a été recommandé pour la première fois en 1811 par *Barruel*, de Paris, et plus tard par *Kuhlmann* de Lille, et il a été employé en grand par *Schatten* et *Mi-*

¹ Un grand nombre de fabriques, celle de *Waghausel* notamment, ne déchaulent que par filtration sur le noir animal.

* Figure extraite de *L. Walkhoff, loc. cit.*

chaëlis pour la *saturation du jus déféqué*. Ce dernier produit l'acide carbonique avec de la craie délayée dans de l'eau (ou mieux et d'une pureté plus grande avec de la magnésie) et de l'acide sulfurique, et le premier en brûlant du charbon de bois ou du coke de gaz. Dans ces derniers temps *Ozouf* a proposé de préparer l'acide carbonique en calcinant du bicarbonate de sodium. La figure 260 représente la section d'un appareil pour 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 pierre à chaux, puis se purifient et se refroidissent en léchant les cuves en tôle remplies d'eau froide *e, e*. De là les gaz arrivent dans le laveur *d* contenant de l'eau, d'où ils sont enlevés au moyen d'une pompe.

Dans les fabriques allemandes on se sert pour la décomposition du saccharate de calcium de la chaudière de *Kleeberger* ; la figure 261 représente la coupe d'une chaudière de ce genre. Elle est en fonte et en forme

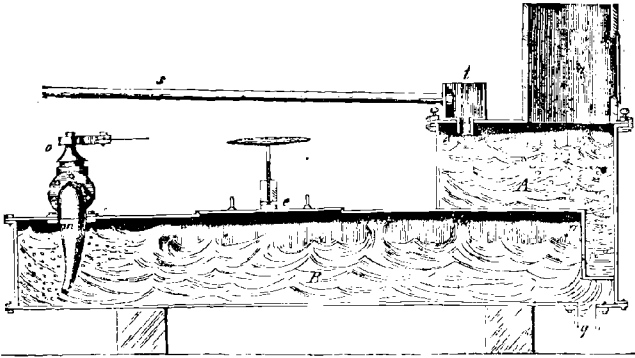


Fig. 261.

de caisse. L'acide carbonique produit au moyen d'une dissolution de carbonate de sodium et préalablement lavé dans de l'eau pure est amené par le tuyau *m* dans la caisse B, 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 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 à déchauler, 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 séparé 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 a également employé ce sel (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 *Frickenhans* 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 persistante 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 des 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 0/0, ou par une longue exposition à l'air ou dans une atmosphère ammoniacale du pain de sucre cassé en morceaux. Secondement, 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* d'une 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 du 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 15 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 de 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 ne donne pas des résultats satisfaisants.

IV. Filtration du jus déchaulé sur le noir animal, évaporation du jus et deuxième filtration sur le noir animal. — Avant de décrire le traitement ultérieur du jus déféqué et déchaulé, occupons-nous de la disposition des filtres et des chaudières évaporatoires.

Filtres. — Lorsque *Lowitz* eut découvert la propriété que possède le

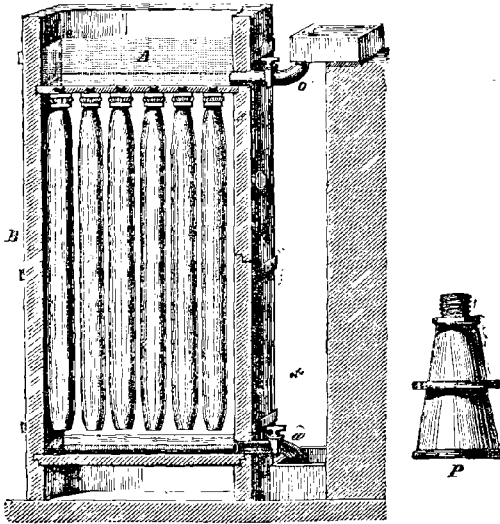


Fig. 2 2.

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 on découvrit que le pouvoir décolorant du charbon animal (noir animal, charbon d'os) était de beaucoup supérieur à celui du charbon de bois. *Schatten* trouva ensuite que le noir animal ne décolorait pas seulement le jus, mais qu'en outre il le déchaule et le dessale. 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 l'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 sert fréquemment des filtres imaginés par *Taylor* en 1825 et qui sont représentés en coupe par la figure 262. 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 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.

Filtre Dumont. — 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 épuré par l'acide chlorhydrique, l'eau, etc.), 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 animal nécessaire dans les fabriques de sucre.

La figure 263 représente la coupe verticale du filtre *Dumont* et la figure 264 la coupe horizontale. Le filtre

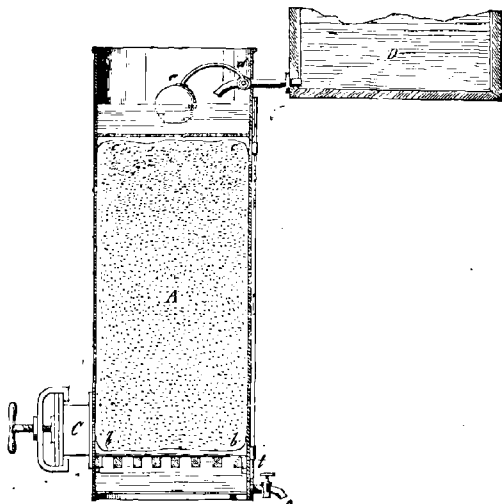


Fig. 263.

proprement dit se compose d'un vase élevé A muni d'un fond percé de trous *b*, *b*, sur lequel est chargé le noir en grains. En haut et en bas (en C)

sont des ouvertures qui doivent être hermétiquement fermées; 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. Ordinairement plu-

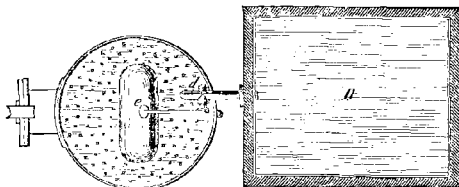


Fig. 264.

sieurs filtres sont alimentés par un réservoir contenant le jus. Le jus est introduit dans le filtre A à l'aide du robinet *d*; afin qu'il s'y maintienne au même niveau et qu'il passe toujours sous la même pression, le tube d'écoulement est muni d'un robinet avec 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. Le fond inférieur est ordinairement recouvert au-dessous 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.

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

1. CHAUDIÈRES dans lesquelles on travaille sous la *pression atmosphérique ordinaire* et
 - a.* A feu nu (chaudières fixes ou chaudières à bascule) ou
 - b.* Avec de la vapeur à haute pression, et
 - c.* Avec de l'air chauffé.
2. CHAUDIÈRES dans lesquelles *l'air est raréfié* (chaudières à évaporer dans le vide).
La raréfaction de l'air est produite :
 - a.* Au moyen de la machine pneumatique;
 - b.* Au moyen du vide de Torricelli;
 - c.* En injectant de la vapeur qui est ensuite condensée, ou
 - d.* Par la combinaison de *a* et de *b*.

Les chaudières sont disposées pour un travail soit périodique, soit continu.

En ce qui concerne les chaudières évaporatoires (qui sont en cuivre) 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 rapide-

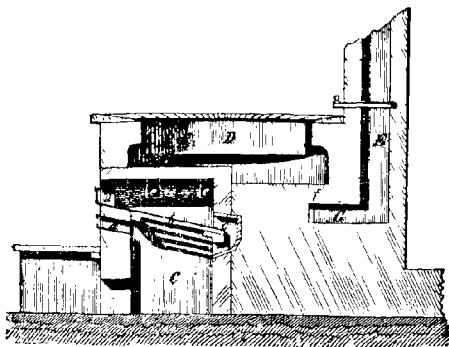


Fig. 265.

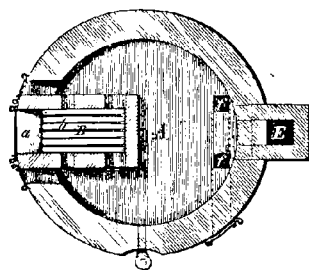


Fig. 266.

ment 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 la construction représentée en coupe verticale par la figure 265 et en plan par la figure 266. D est la chaudière évaporatoire, A la sole, B le foyer, C le cendrier, E la cheminée. Le combustible est placé par *a* sur la grille inclinée *b*. La grille 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 *e, e* à travers lesquelles la chaleur pénètre sur la sole. De là les gaz de la combustion passent par les canaux *f, f* et sont conduits par le canal *G* dans la cheminée; *l, l* 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 30 à 36 centim., elles se terminent par un large bec (fig. 267) et elles peuvent être

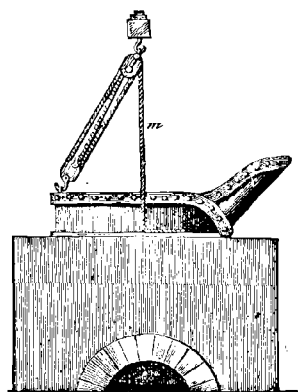


Fig. 267.

mues au moyen d'une 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.

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 268 et 269. Vue par en haut, elle a la forme d'un rectangle dont l'une des

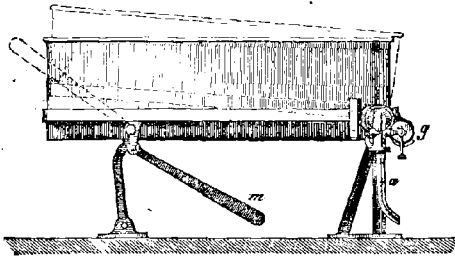


Fig. 268.

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 la conduisent 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.

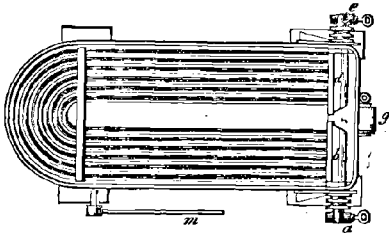


Fig. 269.

En outre les tubes *a* et *b* et *e* et *d* sont unis de telle manière que l'on peut faire tourner les 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-Chevallier* et de *Péclet*. L'appareil du premier offre la disposition suivante : 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. 270). 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 *a*, qui intérieurement est muni d'ailettes réunies les unes aux au-

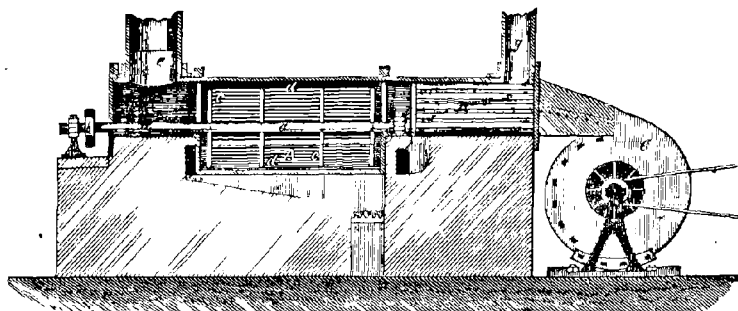


Fig. 270.

tres par des tringles, sur lesquelles sont tendues des toiles métalliques fines, de manière à produire de cette façon 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 *b*, 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*.

Chaudières à évaporation dans le vide. Le perfectionnement le plus important apporté dans les appareils à évaporer le jus sucré est celui introduit par Howard en 1812; il consiste à effectuer l'évaporation dans un espace où l'air est raréfié; l'opération est alors d'une exécution beaucoup plus facile et la cuisson a lieu à une température beaucoup plus basse que dans les conditions ordinaires, où elle s'effectue à la pression d'une atmosphère. La température de cuisson de la clairce la plus basse dans la chaudière à cuire dans le vide est de 46°,1 cent., la température de cuisson ordinaire de 63°,3 à 71°,1. On évite ainsi le danger de transformer par une haute température et l'action simultanée de l'air une partie du sucre cristallisable en sucre incristallisable ou même en caramel. Malgré leur prix et la dépense nécessaire pour les mettre en activité les appareils dans lesquels l'évaporation s'effectue à une basse pression — les *chaudières à évaporer dans le vide* — sont maintenant d'un emploi général.

Les parties essentielles de toute chaudière à évaporation dans le vide sont : 1° la chaudière à évaporer et 2° un appareil pour enlever l'air et les vapeurs dégagées par le jus. Le mode de construction de la chaudière

à évaporer est presque le même pour tous les appareils, et les différences les plus importantes ne se montrent que dans la manière dont le vide est produit et maintenu.

En France les appareils construits par *Derosne* sont très-répandus. En Allemagne ils sont remplacés depuis longtemps par des dispositions plus simples et moins coûteuses. On a été conduit à cette simplification soit par l'emploi de machines à vapeur perfectionnées, soit en vue d'économiser le combustible et par l'adoption d'une disposition convenable pour

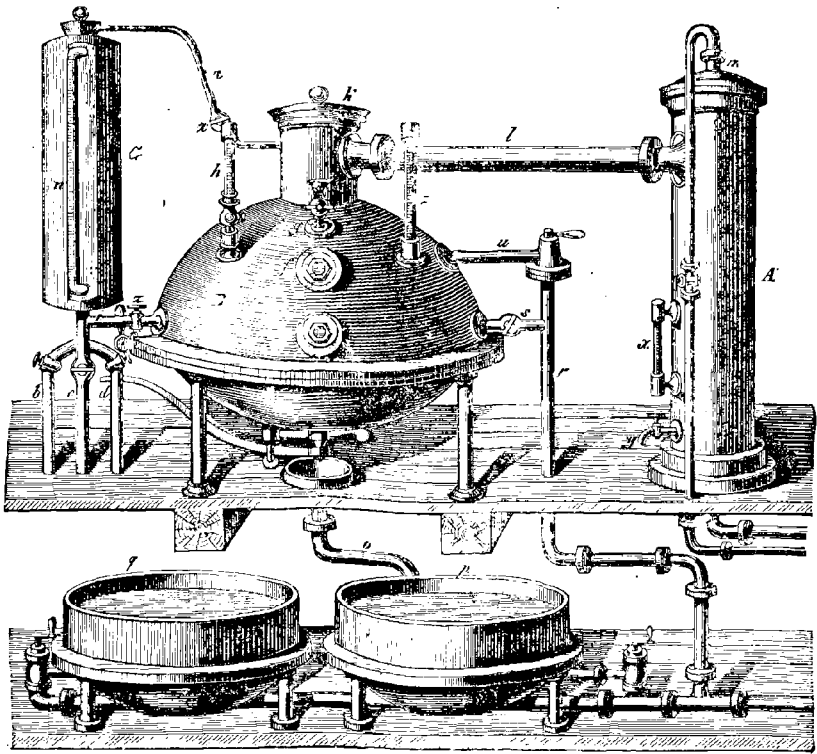


Fig. 271.

la pompe à air, disposition par suite de laquelle celle-ci a pu de nouveau être mise en usage. Les figures 271 et 272 représentent un appareil évaporatoire très-usité dans les fabriques allemandes. La chaudière évaporatoire B se compose de deux segments de sphères assemblés hermétiquement et elle est munie supérieurement d'un chapiteau, qui par le tuyau *l* est en communication avec le condensateur A. L'appareil est chauffé par des vapeurs fournies par les tubes *r* et *s*. La vapeur circule dans le serpentín *g* contenu dans la chaudière. En ouvrant la soupape à levier *f*, le jus

cuit s'écoule par le tuyau *o* dans le réservoir *p* placé au-dessous de l'appareil. Lorsque la chaudière a été vidée une fois la cuite terminée et qu'elle doit être remplie de nouveau, on la met en communication au moyen des tuyaux *l* et *n* avec une pompe à air. Lorsque l'air est convenablement raréfié, ce que l'on voit au manomètre *h*, en ouvrant le tube, qui unit le réservoir à clairece avec la chaudière évaporatoire, on peut, par suite de l'excès de la pression extérieure, faire pénétrer la clairece dans la chaudière, de telle sorte que le remplissage s'effectue de lui-même par aspiration. Le dispositif qui est muni d'un cylindre *G*, qui per-

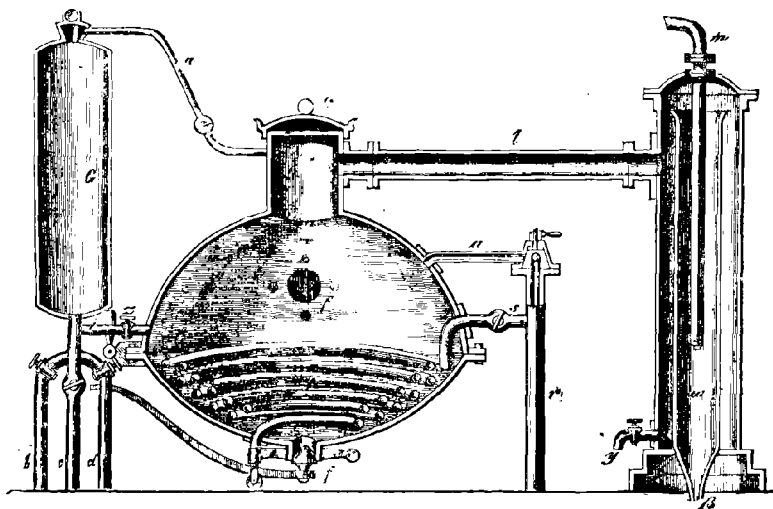


Fig. 272.

met de mesurer exactement la quantité de clairece, de sirop ou d'eau à introduire dans la chaudière, est cependant plus convenable. Ce cylindre est en communication avec la chaudière à évaporation par en haut au moyen du tube *a*, et par en bas au moyen du tube *i*, et il est muni d'un tube de verre *n*, qui indique le niveau du liquide. A l'aide des trois tuyaux *b*, *c* et *d* on peut à volonté introduire de la clairece, du sirop ou de l'eau dans le cylindre. Au moyen du tube *u* on peut faire passer de la vapeur à travers la chaudière à évaporation et le condensateur, afin d'aider la pompe à expulser l'air avec rapidité. A l'aide de la sonde *e* on peut recueillir un échantillon de la clairece cuite. *g* est le robinet à graisse, par lequel on peut introduire dans la chaudière un peu de beurre, ou mieux, d'après *Sostmann*, de la paraffine, afin de modérer l'effervescence du jus en ébullition et de l'empêcher de s'élever; *f* est le trou d'homme destiné au nettoyage de l'appareil. Vers le milieu de la hauteur de la chaudière est enchâssé un disque de glace épaisse, vis-à-vis duquel s'en trouve un second, afin de

pouvoir observer la marche de la cuite. Le condensateur se compose d'une chemise B, qui est disposée de telle sorte que le jus qui vient à s'élever ne se mêle pas avec l'eau du condensateur, mais s'écoule au dehors. Le tube *x* permet de voir le niveau du jus dans cette capacité. De l'eau froide arrive par le tube *m* vers le condensateur et s'y écoule par l'extrémité de ce tube disposé en pomme d'arrosoir. Le thermomètre *z* indique la température de l'intérieur de la chaudière.

Lorsque la pompe à air a été mise en activité, on ouvre le tube *c*, qui conduit au réservoir à jus *q*, afin que le cylindre à mesurer se remplisse. En fermant *m* et en ouvrant *z*, le jus arrive dans la chaudière. Aussitôt que celle-ci est remplie à peu près à moitié, on ouvre le tube à vapeur *s* et le contenu de la chaudière entre rapidement en ébullition. On met ensuite le condensateur en activité. Les vapeurs dégagées par le jus arrivent par *l* dans le condensateur et sont rapidement condensées en *n*, puis entraînées par B avec l'eau de condensation. On se sert aussi quelquefois de la disposition de *Trappe*, dans laquelle on emploie le vide de *Torricelli*. Le condensateur a une hauteur telle qu'il s'élève à environ 10^m,60 à 11 mètres au-dessus du sol de la fabrique; de ce condensateur descend dans un réservoir à eau un tube ouvert par en bas qui plonge dans le liquide. L'eau amenée et condensée s'écoule de ce réservoir, duquel elle ne s'élève dans le tube qu'à un niveau correspondant au degré de raréfaction de l'air dans l'appareil. Suivant que l'on emploie ou que l'on n'emploie pas la disposition de *Trappe*, on opère la condensation avec une pompe à air *sèche* (d'après *Trappe*) ou avec une pompe à air *humide*. Lorsqu'on se sert de la pompe à air sèche, la pompe ordinaire n'a qu'à enlever l'air qui se dégage peu à peu de l'eau de condensation. Dans le cas contraire elle a aussi à en éliminer l'eau. Avec la disposition de *Trappe* on a l'avantage d'une grande économie de force d'impulsion; la pompe à air humide exige une force de 2 ou 3 chevaux pour être mise en activité, tandis que c'est à peine si la pompe à air sèche a besoin d'une force de 1 cheval; en outre on a une plus grande liberté pour recevoir l'eau de condensation. L'action de la pompe à air sèche est plus facile à diriger. Comme pompe à air il est convenable d'employer une pompe aspirante à deux corps construite avec soin; si elle travaille *humide*, toute l'eau de condensation doit passer à travers les soupapes; dans les pompes à air sèches il n'y a que l'air, et jamais l'eau, qui traverse les soupapes.

Évaporation du jus. — Comme on l'a déjà indiqué précédemment, il reste dans le jus, après la défécation et le déchaulage, indépendamment du sucre cristallisable, un certain nombre de substances qui exercent de l'influence sur le traitement ultérieur. Outre le sucre qui s'y trouve à l'état de saccharate de calcium — parce que le déchaulage à l'aide de l'acide carbonique n'est jamais poussé jusqu'au bout — le jus contient de la potasse et de la soude libres, un peu d'ammoniaque, certaines substances organiques azotées (de l'asparagine par exemple), dont la présence se manifeste par le dégagement d'ammoniaque qui a lieu pendant

l'évaporation ¹, enfin une quantité assez considérable de sels alcalins, tels que de l'azotate et du sulfate de potassium, du chlorure de sodium, etc. On rencontre en outre dans le jus de la lévulose et les produits de la composition de celle-ci par la chaux et les alcalis, c'est-à-dire des substances humiques, qui font paraître le jus de couleur brunâtre.

L'évaporation du jus *déséqué* doit d'abord avoir pour effet de le concentrer d'une manière suffisante pour qu'il puisse être soumis avec avantage à une nouvelle purification. L'évaporation doit avoir lieu aussi rapidement que possible, parce que la qualité du sucre est d'autant plus altérée par une longue action d'une température élevée, qu'il a été moins complètement déséqué. Autrefois on poussait généralement l'évaporation du jus jusqu'à 24 ou 25° Baumé, avant de le filtrer sur le noir animal. Maintenant on préfère ne concentrer le jus par la première évaporation que jusqu'à ce qu'on n'observe plus de dégagement d'ammoniaque, et une concentration jusqu'à 10 ou 12° Baumé est alors généralement suffisante. Lorsque la formation de l'ammoniaque est arrêtée, ce qui indique la décomposition complète des corps azotés qui pourraient exercer une influence fâcheuse sur une partie du sucre, le jus peut sans inconvénient perdre sa chaux. Par conséquent on pourra procéder à l'évaporation d'autant plus tôt que la décomposition des corps azotés pendant la déséca-tion est plus complète. La deuxième purification s'effectue par *filtration sur le noir animal*, qui absorbe les matières colorantes du jus, la chaux, une partie des alcalis, et certaines substances organiques. Si on emploie l'acide carbonique pour le déchausage, le jus filtré sur le charbon animal est presque exempt de chaux lorsqu'on le soumet à la cuisson.

V. Cuite à cristallisation du jus évaporé et filtré (clairce).— Après la deuxième filtration sur le noir animal, le jus évaporé à 24° Baumé, qui maintenant prend le nom de *sirop* (clairce) est amené dans la chaudière à cuire, pour y être *cuit* jusqu'au point de cristallisation. Un jus normal 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 jus 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 que le jus cuit est suffisamment concentré, on se sert de différentes épreuves. La détermination du *poids spécifique* ne peut pas être employée dans ce but, parce que la température exerce une grande influence sur la densité de la clairce et que, en supposant que l'on opère toujours à la même température, on ne peut pas, à cause des sels minéraux et des autres substances étrangères contenues dans le sirop, se baser

¹ L'ammoniaque peut être recueillie avec facilité. D'après *Leploy et Cuisinier*, des expériences directes effectuées dans une fabrique ont donné pour 1,000 hectolitres de jus qu'à 300 kilogr. de sulfate d'ammoniaque par jour.

sur la densité de celui-ci, pour savoir d'une manière certaine si la concentration est exactement suffisante pour la séparation du sucre cristallisé. On peut seulement dire qu'en général la cuite doit être poussée jusqu'à 40 ou 42° Baumé (déterminés le liquide étant en ébullition). On pourrait se servir pour la détermination de la concentration de la clairece, avec plus d'avantage que de la densité, du *point d'ébullition du sirop* ou de *la clairece*, parce que le point d'ébullition de la clairece cuite est compris entre 112 et 120°, si les substances étrangères n'exerçaient pas aussi de l'influence sur le point d'ébullition et ne l'élevaient pas. Pour ces raisons on se sert, pour reconnaître si l'on a atteint le degré de concentration voulu, d'épreuves plutôt empiriques que physiques, 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 de la clairece. La *preuve au filet*, dans laquelle on dépose sur le pouce une goutte de la clairece, 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 jus 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 clairece a atteint cette 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 la clairece bouillante et que l'on en retire rapidement, de manière à ce 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 à ce 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*.

VI. Traitement du sirop cuit pour sucre brut ou pour sucre en

pains. — Lorsque le sirop a été amené dans le vide à la concentration voulue, avec le refroidissement il se forme des cristaux qui se séparent, et cela d'autant plus abondamment et rapidement que le jus était plus pur. Le traitement ultérieur de la masse a pour but de séparer aussi complètement que possible la mélasse des cristaux de sucre et de donner à ce dernier la forme usitée de sucre brut et de pains (mélis). Le sirop cuit *au clair* ou *en grains* passe de la chaudière dans un vase de cuivre, le *rafraichissoir*, où on laisse le sucre refroidir doucement, ou bien où on le réchauffe, s'il a été cuit à une basse température. Les vases qui servent pour le réchauffage — réchauffoirs — possèdent un double fond et sont chauffés à la vapeur. Le local dans lequel sont installés les réchauffoirs, l'*empli*, est également chauffé. Le réchauffage a pour objet de produire avec une partie des cristaux une solution de sucre extrêmement concentrée, de laquelle il se sépare par le refroidissement dans les formes du sucre cristallisé, qui donne de la consistance à la masse.

Parmi les formes on distingue, suivant leur grandeur :

Les formes à mélis, pouvant contenir de 15 à 17 kilogr. de sucre,			
— à lumps,	—	30 à 35	—
— à bâtardes,	—	60 à 75	—

Les formes coniques (fig. 273) se composaient autrefois et se composent encore fréquemment d'une pâte d'argile finement lévigée et de ciment pulvérisé; elles étaient tournées d'après un calibre sur un tour à potier, égalisées sur un modèle, puis tournées intérieurement à l'aide d'une machine munie de plusieurs lames assemblées de manière à ce que leur section produisit un cône. Comme les grandes formes ne résisteraient pas à la pression du sucre, on les entoure avec des bandes minces de bois de hêtre, par dessus lesquelles on pose des cercles solides. Elles sont ouvertes à la pointe et elles reposent sur des pots, destinés à recevoir le sirop qui s'écoule. Maintenant les formes à pains de sucre sont presque généralement en tôle émaillée ou vernissée (depuis quelque temps on en fait aussi en France en papier mâché). Pour le sucre brut on emploie depuis quelque temps comme cristalliseurs de grandes caisses de tôle.

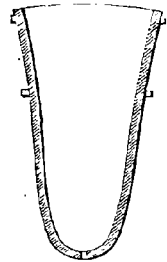


Fig. 273.

Lorsque le sucre a été amené dans le rafraichissoir à la température convenable, on procède à l'*emplissage*. On puise le sucre à l'aide d'une cuiller de cuivre (le *puisoir*) et on le verse dans la *bassin à emplir*, qui est en cuivre et muni d'un large bec et de deux poignées de fer. Dans l'*ancienne méthode* où l'on cuisait la clairce à feu nu et où le sucre n'était pas réchauffé, mais rafraîchi, les formes n'étaient pas remplies en une seule fois; on ne les remplissait d'abord qu'au tiers environ, au bout de quelque temps aux deux tiers et enfin complètement. Par ce procédé on

cherchait à mélanger le grain aussi complètement que possible, parce que dans le rafraîchissoir la partie inférieure a un grain plus gros que la partie supérieure. Au bout d'environ 10 minutes après le remplissage des formes, lorsqu'il s'est formé à la surface du pain une couche cristalline, on procède à l'*opalage* (c'est-à-dire qu'on détache les cristaux de la pointe de la forme); dans ce but on plonge dans la masse un couteau de m. 30 de long, on désagrège le sucre solidifié à la pointe, on détache la couche cristalline du bord de la forme et on brasse la masse plusieurs fois. En troublant ainsi la cristallisation, on cherche à communiquer à la masse de sucre une densité homogène. Au bout d'une demi-heure on répète la même opération — le *mouyage*. Avec la *cuite dans le vide* et l'emploi de formes en tôle émaillée le remplissage en trois fois différentes, l'*opalage* et le *mouyage* sont supprimés. On brasse au contraire la masse dans le rafraîchissoir jusqu'à ce qu'il se soit formé en quantité suffisante des cristaux de la finesse voulue. Pour rehausser la couleur blanche du sucre, on ajoute à la clairee cuite une petite quantité d'outremer (1,250 grammes d'outremer suffisent pour 50,000 kilogrammes de sucre).

Pour les sortes de sucres (sucres bruts) inférieures et cristallisant difficilement on se sert de formes plus grandes (formes à bâtarde) et pour les meilleures sortes (sucres en pain, mélis) des petites formes à mélis. Au bout de 23 heures la masse de sucre est assez refroidie pour que l'on puisse, après avoir enlevé le bouchon de linge, porter les formes sur les pots ou sur un support particulier. Au-dessous du support (fig. 274) se trouve un vase destiné à recevoir le sirop qui s'écoule et qui tombe par le tube *o* dans des vases particuliers. Afin que la partie non cristallisée s'écoule plus facilement, on agrandit l'ouverture produite par l'enlèvement du bouchon à la pointe de la masse du sucre. Le sirop écoulé porte le nom de *sirop vert* ou *non couvert*.

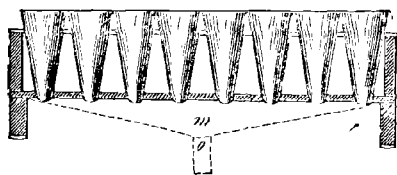


Fig. 274.

Terrage. — Le sucre qui se trouve dans les formes est ensuite purifié par le *terrage* et débarrassé de toutes les parties non cristallisées. Le terrage n'est autre chose qu'une purification par déplacement de la mélasse restée entre les cristaux, mélasse qui nuisait à la couleur, à la solidité et à la dessiccation du pain de sucre.

La méthode de terrage la plus ancienne consiste à faire filtrer à travers la masse de sucre de l'eau qui s'écoule très-lentement d'une *bouillie d'argile*. Au lieu de poser la bouillie d'argile immédiatement sur le sucre, on couvre préalablement celui-ci avec un morceau de linge. A la place de l'argile on a proposé dans ces derniers temps d'employer de la pâte de papier humide (raffiné). 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. Le sirop

reste entre les cristaux et lors de la dessiccation donne du sucre cristallisé. Le sirop qui s'écoule pendant le terrage se nomme *sirop couvert* et il est recueilli séparément après chaque terrage. Le terrage avec l'argile n'est plus que rarement employé, parce qu'il est sale, qu'il exige beaucoup de travail et qu'il entraîne une perte de sucre assez considérable. Pour le deuxième terrage notamment on emploie plutôt de la *clairce* ou une *bouillie de sucre*. Dans ce dernier cas on enlève sur les formes une épaisseur de sucre de 2 ou 3 pouces et on mélange ce sucre avec de l'eau de manière à obtenir une bouillie épaisse comme du miel, que l'on répand ensuite sur les formes. Si l'on emploie de la clairce, on prépare celle-ci en dissolvant les meilleurs déchets de sucre dans de l'eau, qui après clarification doit marquer à froid 30° Baumé. Pour enlever aux pains les dernières traces d'humidité, on se sert généralement de l'*appareil à suction* (construit par *Kranschütz*); cet appareil se compose de tubes horizontaux qui sur leur arête supérieure sont munis d'ouvertures en forme d'entonnoir, dans lesquelles s'adapte hermétiquement la pointe des formes à l'aide d'un anneau de caoutchouc vulcanisé. Les tubes communiquent avec un réservoir destiné à recevoir la mélasse et dans lequel une pompe à air fait le vide pour aspirer le sirop des pains.

Clairçage et turbinage. — Par suite de la grande dépense qu'exige le terrage, notamment lorsqu'il s'agit du sucre brut, on a été conduit à le supprimer et à le remplacer par d'autres méthodes, par le *clairçage* par exemple; dans cette méthode on ne laisse pas cristalliser le sucre dans les formes, mais dans les rafraîchissoirs où on le soumet à un brassage, et l'on introduit la masse cristalline dans les caisses de *Schützenbach*,

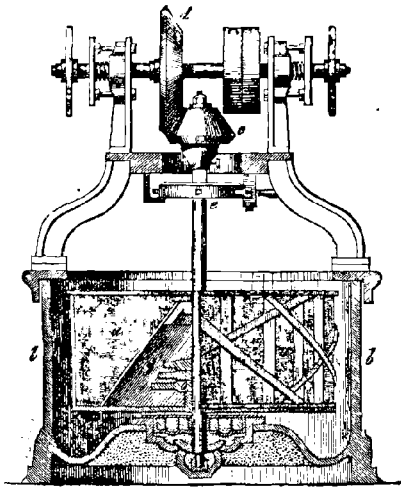


Fig. 275.

dont le fond est formé d'une toile métallique fine, à travers les mailles de laquelle le sirop s'égoutte. La mélasse qui se trouve entre les cristaux de sucre est déplacée par une solution de sucre pure et ensuite le sucre humide est versé dans des formes. On emploie ordinairement le clairçage pour purifier le deuxième produit; depuis l'introduction des *machines centrifuges* ou *turbines* pour la séparation du sucre des mélasses, le clairçage est très-peu usité, et maintenant dans toutes les fabriques de sucre on emploie les turbines pour la purification des produits et des sous-produits.

La partie essentielle de cet appareil si important pour l'extraction du sucre (la figure 275 montre la

disposition de *Fesca*) est un tambour *a* en toile métallique fine, auquel on donne la solidité nécessaire au moyen de bandes de fer posées extérieurement. Il 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 de fer *e* porte à son extrémité supérieure un cône de frottement, qui est mis en activité par un cône semblable *d*. L'intérieur du tambour est rétréci par un cône de tôle *g*, qui fait que le sucre à dessécher s'approche plus près du bord du tambour, et qu'il y a aussi place pour trois pièces *o*, qui sont destinées à maintenir l'équilibre du tambour lorsqu'il est en rotation rapide. Le sucre que l'on veut purifier à l'aide de la turbine doit former une masse homogène sans pelotons. Lorsque l'appareil a été mis en mouvement, on y introduit, suivant les qualités de la masse, de 30 à 50 kilogr. de sucre. La masse s'élève le long des parois du tambour et à la faveur de la force centrifuge le sirop s'échappe à travers les mailles de la toile métallique, tandis que la masse de sucre reste à l'état sec dans le tambour. On peut au moyen de cet appareil obtenir en 10 ou 15 minutes 50 kilogr. de sucre sec. Pour enlever le sirop qui adhère fortement aux cristaux de sucre, on humecte la masse restée dans l'appareil avec du sirop étendu et on l'expose de nouveau à l'action de la force centrifuge.

Lochage et étuvage. — Lorsque tout le sirop est éliminé du sucre — du pain — et que la base (la patte) du pain est assez sèche, on nettoie celle-ci avec un couteau ou une brosse, opération qui porte le nom de *palnotage*. On abandonne ensuite les pains dans les formes, jusqu'à ce que la base soit durcie sur une épaisseur de 3 centimètres, après quoi on les retire des formes. Cette dernière opération s'appelle le *lochage*; on frappe la forme doucement contre un billot de bois, jusqu'à ce que le pain se détache. Les pains, sans être retirés des formes, sont renversés sur des nattes, afin que l'humidité qui se trouve à la pointe se distribue uniformément, et ils sont ensuite transportés dans l'étuve. L'extrémité de la pointe du pain est préalablement retranchée et au moyen d'un appareil particulier on tourne une nouvelle pointe. Dans l'étuve les pains sont d'abord desséchés à 25° et à la fin à 50°. Lorsqu'ils sont convenablement desséchés, ils sont enveloppés, attachés et pesés dans une pièce spéciale et enfin transportés au dépôt.

Lorsque dans la clairce évaporée au point de cristallisation la masse de sucre a cristallisé par le refroidissement, dans lequel cas le sucre se dépose sous forme de petits cristaux grenus, et qu'ensuite le sirop a été séparé, le sucre obtenu est désigné sous le nom de *premier produit* (*sucre de premier jet*). Mais le sirop qui s'écoule contient encore une quantité considérable de sucre cristallisable, que l'on extrait par une nouvelle évaporation et que l'on nomme *deuxième produit* (*sucre de deuxième jet*). Il est déjà moins pur que le premier. En traitant d'une manière analogue le sirop provenant du deuxième produit, on obtient encore un *troisième produit* (*sucre de troisième jet*), puis un *quatrième*. Le sirop qui s'écoule

du dernier produit vaut rarement la peine d'être soumis à un traitement ultérieur, aussi l'utilise-t-on comme *mélasse*. Le deuxième produit est vendu comme sucre brut inférieur, ou bien on le redissout, on évapore la dissolution et on fait cristalliser afin de le convertir en un produit semblable au premier; de même en traitant le troisième comme le second, on obtient un deuxième produit, etc. Les troisième et quatrième produits sont ordinairement nommés *sous-produits*. Dans une fabrique on a extrait en moyenne dans ces dernières années de 100 kilogr. de betteraves :

Sucre de 1 ^{er} jet à 97 0/0.....	5 ⁴⁴ ,800
— de 2 ^e jet à 92 0/0.....	2 ,250
— de 3 ^e jet à 87 0/0.....	0 ,800
	<hr/>
4 ^e produit, mélasse.....	8 ⁴⁴ ,850
	3 ,650
	<hr/>
Total.....	12 ⁴⁴ ,500

Suivant leur pureté les sucres produits se nomment *raffinés fins, mé-lis, lumps, bâtardes, vergeoises*, etc. Sous le nom de *mélis* on ne désigne à proprement parler que le sucre en pains, qui est obtenu avec du sirop pur, qui est par conséquent extrait immédiatement de la betterave; mais en réalité la fabrication du mélis consiste à épurer le jus brut en rejetant les sous-produits, de manière à ce qu'il se forme une claire homogène avec laquelle on peut préparer un bon mélis.

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, acide asparagique) 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. 215) qui sert à la préparation des potasses (opération qui, depuis la découverte des dépôts de sels potassiques de Stassfurts, n'est plus 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 désagréable, 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. 215) contenaient :

Sucre.....	50,1	49,0	48,0	50,7
Substances non sucrées.	33,3	35,8	34,0	30,8
Eau.....	16,6	15,2	18,0	18,5
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0	100,0	100,0

On a essayé avec quelque succès de séparer le sucre de canne de la mélasse à l'aide de la baryte (voyez page 92). On a aussi essayé de précipiter les sels potassiques de la mélasse en ajoutant de l'acide hydrofluosilicique.

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 betteraves forme des cristaux trop longs et trop plats. On ajoute un maximum de 20 0/0 de ce dernier.

Le sucre qui sert pour la préparation du sucre candi est clarifié avec 3 ou 4 0/0 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 ordinairement d'une chaudière à bascule chauffée à feu nu. Des rafraichissoirs 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 1 pouce 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 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 8 ou 10 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 reverse 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 être livré 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 *sucre de Boerhavne*. 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 ces sortes de candis dont les cristaux renferment une grande proportion de sucre incristallisable (chylarose).

Production du sucre de betteraves. — La *production du sucre de betteraves* s'est élevée pendant l'année 1870 à environ 800 millions de kilogrammes ainsi répartis :

France.....	300,000,000	kilogr.
Zollverein.....	200,000,000	—
Russie.....	125,000,000	—
Autriche.....	125,000,000	—
Belgique.....	25,000,000	—
Suède.....	20,000,000	—
Hollande.....	5,000,000	—
	800,000,000	kilogr.

Dans le Zollverein

En 1867, 296 fabriques ont consommé.....	2,541,635,450	kilogr. de betteraves.
1868, 291 —	2,438,775,900	—

Dès 195,102,050 kilogr. de sucre produit 33,861,150 ont été exportés. Le reste a produit un impôt de 9,908,879 thalers (1 thaler = 3 fr. 73).

C. 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 *χυλάριον*, 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 dédoublement 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, 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 (<i>Fresenius.</i>)
Abricots.....	1,80	Poires diverses.....	8,02 à 10,8 0/0 (<i>E. Wolff.</i>)
Prunes.....	2,12	Pommes.....	8,37 0/0 (<i>Fresenius.</i>)
Prunes de reine-claude.....	3,12	Pommes.....	7,23 à 8,04 0/0 (<i>E. Wolff.</i>)
— de mirabelle.....	3,58	Cerises aigres.....	8,77 0/0
Framboises.....	4,00	Mûres.....	9,19
Mûres (de ronce).....	4,44	Cerises douces.....	10,79
Fraises.....	5,73	Raisins.....	14,93
Airelle.....	5,78		
Groseilles.....	6,10		
Prunes (de Damas).....	6,26		
Groseilles à maquereau.....	7,15		

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 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 1/2 autant de glucose que de sucre de canne pour communiquer à un même volume d'eau la même saveur sucrée. A 120° la glucose a pour formule $C^6H^{12}O^6$. A 140° elle perd encore de l'eau et se transforme en 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'ar-

gent en argent métallique, le chlorure d'or en or métallique. Un mélange de ferricyanure 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,
48,89 — 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 et d'acide lactique. 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 l'acide lactique se décompose en acide butyrique et acide acétique. Dans certaines circonstances la glucose éprouve la fermentation visqueuse et se transforme 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 qu'il 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 34° Baumé, 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 chylarose 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* (*sucré de fécule*) est la plus importante et c'est la seule espèce de glucose qui soit préparée en grand. La préparation du sucre avec la fécule de pommes de terre et l'acide sulfurique étendu 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 l'amidon délayé 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 que toute la fécule soit transformée en sucre. Comme on le voit, la fécule se transforme 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 kilos 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.

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 manière à ce 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 kilogr. d'acide sulfurique anglais employé (équivalent industriel = 100 ou 106) on pèse autant de marbre (équivalent chimique = 100) en poudre fine que l'on introduit dans le liquide à neutraliser en agitant continuellement. Quand toute la chaux a été introduite et que le liquide ne fait plus effervescence lorsqu'on ajoute du marbre, on essaye 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° Baumé a de nouveau une réaction acide, de telle sorte qu'il est nécessaire de le neutraliser encore. 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 kilogr. 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 de 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° 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° 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° 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 un pied de haut. Le fond des tonneaux est muni de 12 ou 24 trous, qui sont fermés avec des bouchons de bois. Au bout de 8 ou 10 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 quel-ques temps pour la fabrication du papier de bois — voyez page 21.)

Composition de la glucose. — La composition de la glucose telle qu'on la 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 0/0 de glucose, 32,5 0/0 de matières étrangères et 17,5 0/0 d'eau, on rencontre maintenant la glucose dans un état de pureté assez grand ; ainsi *Gschwaendler* (1870) a trouvé en analysant quelques espèces de glucose :

	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
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Usages de la glucose. — La glucose (de fécule) est employée 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 kilogr. de sucre de fécule pourraient remplacer 300 kilogr. de malt. On l'emploie aussi maintenant en très-grande quantité à la place du miel dans la confiserie et la fabrication du pain d'épice ; on s'en sert en outre 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 *production du sucre de fécule* dans le Zollverein est considérable. En 1870, 60 fabriques ont produit environ

	12.500,000 kilogr. de sirop de fécule
et	7,500,000 — de sucre de fécule.

DES FERMENTATIONS ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT.

Généralités. — Les substances albuminoïdes ou les corps protéiques 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 organique. 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 (*pourriture*) donne lieu à un résidu riche en carbone (humus), on le nomme en allemand *Vermoderung*; si au contraire il ne reste que des éléments minéraux, on lui donne le nom de *Verwesung*¹. Le mot *Vermoderung* est surtout employé pour désigner l'acte de la décomposition des végétaux, tandis que le mot

¹ Les mots *Verwesung* et *Vermoderung* sont ordinairement employés en Allemagne pour indiquer, le premier, la *pourriture sèche* des végétaux, et le second la *pourriture humide*. Ces deux modes de décomposition, qui sont de véritables combustions, peuvent ici être désignés sous la dénomination de *phénomènes d'éremacausie* ou de *combustion lente* (voyez à ce sujet : *J. Liebig*, Traité de chimie organique, traduction de *Ch. Gerhardt*, t. I, introduc., p. xxxi, lxx et lxxij). (Note du traducteur.)

Verwesung s'applique aux substances animales. Ces deux phénomènes s'effectuent au contact de l'air humide ; en présence de quantités d'eau plus grandes ils se changent 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 de ces décompositions, que l'on met au nombre des fermentations, sont toujours presque entièrement formés de composés *organiques*. Si dans la fermentation les corps albuminoïdes sont les seuls agents provocateurs de la décomposition, qui s'étend aux autres substances organiques présentes, les matières albuminoïdes sont en majeure partie celles qui sont décomposées, 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*.

A ces espèces de fermentation 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.

Fermentation alcoolique. — La *fermentation alcoolique* produit le dédoublement de certaines espèces de sucres, dextrose (glucose, sucre de raisin), lévulose (chylariose, 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 le sucre de fécule se rattache à ces sucres. D'après les recherches de *Lermer* et *v. Liebig* (1870), la dextrine se transforme également, en présence du sucre, en alcool et en acide carbonique. Si l'on fait abstraction de tous les produits de la fermentation qui ne se forment qu'en petite quantité, 100 parties en poids de sucre produisent les quantités suivantes d'alcool et d'acide carbonique :

		Alcool.	Acide carboniq.	
Dextrose cristallisée.....	$C^6 H^{12} O^6$	46,16	+	41,40 = 90,86
Dextrose anhydre.....	$C^6 H^{12} O^5$	51,10	+	48,90 = 100,10
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.....	} donne	2 mol. d'alcool.....		$2C^6 H^{12} O^6 = 92$
$C^6 H^{12} O^6 = 130$				4 — d'ac. carboniq.
				180

Dans ces derniers temps *Pasteur* a montré que dans la fermentation alcoolique il ne se forme pas d'acide lactique, dont on admettait autrefois la présence, 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 0/0 du poids du sucre. Il se forme en outre de la *glycérine* (dont la proportion est égale à plus de 3 0/0 du poids du sucre), qui se rencontre dans tous les liquides fermentés, dans le vin notamment. Les 3 ou 6 0/0 du poids du sucre, qui ne fournissent pas d'alcool, se déboulent 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, reconnue pour la première fois par *Cagniard-Latour*, a été parfaitement déterminée dans ces derniers temps par *A. de Bary*, *J. Wiesner*, *Hoffmann*, *Bail*, *Berkley*, *Pasteur*, *Hallier*, *Béchamp* et *Lermer*, 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 a une très-grande importance 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 *Schwechater*. 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 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 su-

perficielle) se compose de cellules sphériques ou ellipsoïdales à peu près d'égale grosseur et dont le diamètre est tout au plus de 1 100 de millim. ; 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 pièces. 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 levûre de dépôt n'adhèrent que mécaniquement les unes aux autres, une secousse suffit pour les séparer. A l'extérieur 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 (dont les résultats ont été publiés dans un travail couronné en 1847 par la faculté de philosophie de l'université de Leipzig) 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 :

	Levûre de bière superficielle.	Levûre de bière de dépôt.
Carbone.....	44,37	49,76
Hydrogène.....	6,04	6,80
Azote.....	9,20	9,17
Oxygène, soufre, cendre.....	40,38	34,26

La levûre superficielle contenait 25 0/0 de cendre et la levûre de dépôt 5.29 0/0. La teneur en soufre s'élève en moyenne à 0,5 ou 0,8 0/0. 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 sont encore assez partagées (malgré les recherches récentes de *v. Liebig*, de *Pasteur*, de *Lemaire*, etc.). 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 botanique de *Saccharomyces cerevisiæ* ou de *Hormiscium cerevisiæ*, — rejeton des champignons, *Penicillum glaucum*, *Ascophora mucedo*, *Ascophora elegans* et *Periconia hyalina*, dont les spores se rencontrent partout dans l'atmosphère, — 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 lorsqu'une solution de sucre fermentescible mélangée avec des corps albuminoïdes est abandonnée à elle-même, de manière à ce que l'accès de l'air atmosphérique ne soit pas complètement entravé. Les spores de levûre répandues partout dans l'air et 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 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.

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 8 ou 10 parties d'eau. Le sucre peut être une espèce de 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 espèces de 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 23°. 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.

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 énergique. Une petite portion de la dextrose est réservée et elle sert pour l'entretien 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 brute 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 du 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 levure, et dans ce cas c'est à peine si l'on tient compte de l'alcool produit. Pour cette raison la *fabrication de la levure* se rattache aux industries qui reposent sur la fermentation alcoolique.

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 fruit.

La vigne et ses principales variétés ¹. — La *vigne*, plante de la famille des sarmentacées, ne croit ni dans la zone glaciale, ni dans la 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

¹ *Ladrey*, Traité de viticulture et d'œnologie, 2^e édition. Paris, 1872.

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 au 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 moyenne 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. 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 d'une huile de ferment et de l'huile de marc, les pepins pour la fabrication d'une autre huile, la lie de vin pour la préparation de la potasse. Les raisins préparés par dessiccation de manière à ce qu'ils puissent se conserver pendant longtemps portent le nom de *raisins de Damas* et de *raisins de Corinthe*.

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 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 pepins se séparent facilement de la chair et les pédoncules brunis sont fanés et se détachent facilement de leur point d'insertion.

Les raisins sont ou ne sont pas égrappés. L'*égrappage* (égrénage) s'effectue soit avec la main seule, soit avec une claie d'osier, dont les interstices sont larges de 8 à 9 lignes, 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 50 à 60 centimètres, 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 ¹. — 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 (fouillage) s'effectue ordinairement immédiatement dans la vigne elle-même, dans une cuve, par fouillage avec un pilon de bois, au moyen de meules ou à l'aide des pieds. Une disposition très-convenable pour le fouillage 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 pepins 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 est 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

¹ *Ladrey*, Art de faire le vin, 3^e édition. Paris, 1871.

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 cédé 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 : une presse ordinairement employée, 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. 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 *Petiot*, avec de l'eau sucrée et on laisse

celle-ci fermenter sur le marc; le liquide vineux ainsi obtenu se nomme *vin petiotisé*.

Extraction du jus de raisin 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 raisins¹. 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 kilogr. de raisins dans l'espace de 8 ou 10 minutes (y compris le chargement et le déchargement de l'appareil). Les expériences comparées et 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	4,313

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, — l'œnocyanine, — 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 l'éther, contribuent à la formation du bouquet du vin.

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 connues, 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 beau-

¹ Dans les *Annales de l'œnologie*, 1869, t. I, p. 69, *L. Rösler* donne des détails circonstanciés sur l'extraction du jus des raisins au moyen des machines centrifuges.

coup 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 1817.....	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 kilogr. de baies mûres de 557 à 688 gram. 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)...	30 à 20
	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.....	16,6	16,1	14,0
Potasse.....	64,2	66,3	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 du Neroberg.	Raisin de choix du 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.....	4,11	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 du 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 dans l'atmosphère, comme par exemple celles du *Penicillium glaucum*, etc., 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. 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°. Elle s'effectue d'autant plus uniformément et 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 argile 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 Allemagne. On laisse fermenter le moût dans des cuves couvertes ou fermées, soit dans des cuves ouvertes. 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, 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 la couche d'écume disparaît. 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.

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 s'effectue 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. Tous les jours ou tous les deux jours on achève de remplir, 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 climatiques 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 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 du remplissage, 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 couchées.

Éléments 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* (par exemple, les vins de

France et les vins du Rhin), 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*. 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*. Le vin rouge est maintenant fréquemment du vin pétiotisé, dont la couleur a été rehaussée par des baies de myrtille, des fleurs de mauve, des baies de sureau avec addition d'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 désignée 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 *bouquet* (*Blume*), la saveur aromatique particulière, qui ne se développe d'une manière sensible que dans la bouche, porte en Allemagne le nom de *Göhr*. Le mot *Gähre*¹, usité dans la Franconie et sur les bords du Rhin et de la Moselle, désigne la saveur et l'odeur aromatiques particulières que l'on perçoit lors de la dégustation du vin ; le bouquet ne se développe que pendant la fermentation, tandis que le *Göhr* des Allemands préexisterait dans les raisins. 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.....	80 à 70
Alcools homologues (alcools propylique et butylique), F.....	}
Éthers (éther acétique, éther amanthique), F....	
Huiles étherées.....	
Sucre de raisin (dextrose et lévulose).....	
Glycérine, F.....	
Gomme.....	
Pectine.....	
Matière colorante et substance grasse.....	
Corps protéiques.....	
Acide carbonique, F.....	
Acide tartrique et acide racémique.....	
Acide malique.....	
Acide tannique.....	
Acide acétique, F.....	
Acide lactique (?), F.....	
Acide succinique, F.....	
Sels minéraux.....	20 à 30

¹ Les mots allemands *Göhr* et *Gähre* pourraient à la rigueur être considérés comme
WAGNER, Chimie indust., t. II. 9

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

Suivant que certains de ces éléments prédominent, on nomme les vins *vins sucrés*, *vins acides* ou *âpres*, *vins astringents*, *vins mousseux*, etc.

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.

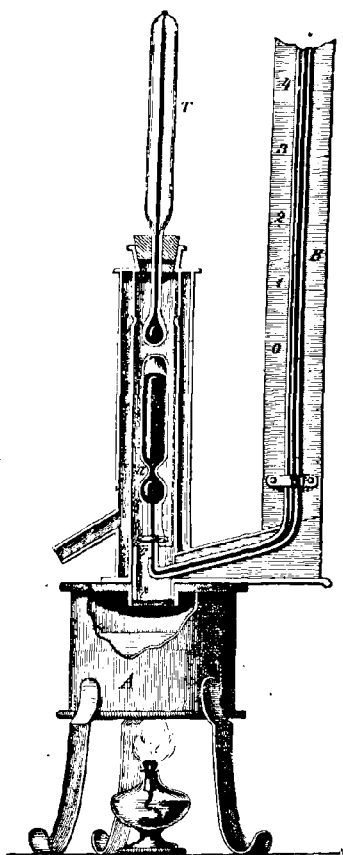


Fig. 276.

On emploie maintenant aussi fréquemment pour la détermination quantitative de l'alcool du vin 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°,3 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. L'appareil employé est représenté par la figure 276. Il se compose essentielle-

synonymes de *Blume*, bouquet, et être traduits par ce dernier mot, bien qu'ils indiquent des qualités un peu différentes de celles que désigne le mot *Blume*.

(Note du traducteur.)

ment de quatre parties: 1° un vase en laiton A à moitié rempli d'eau, qui au moyen de la lampe placée par-dessous est chauffé jusqu'à l'ébullition; 2° un tube de verre deux fois recourbé, qui est fixé sur une échelle de bois; 3° un vase cylindrique O, qui est rempli avec du mercure et le liquide à essayer; 4° un cylindre de laiton dans la partie supérieure duquel se trouve un thermomètre exact T. Pour faire l'expérience, on verse dans le vase de verre O tenu renversé dans la main du mercure jusqu'à la marque *a* et ensuite on le remplit complètement avec le liquide à essayer. Cela fait, on fixe cette partie de l'appareil sur le vase de laiton, on place le cylindre de laiton sur le cylindre plein de mercure et l'on chauffe le vase contenant l'eau jusqu'à ce que celle-ci entre en ébullition. La vapeur d'eau qui se dégage s'élève dans le cylindre de laiton et chauffe le mercure et le liquide à essayer jusqu'à la température d'ébullition de l'eau. Une partie du liquide se transforme alors en vapeurs, qui pressent le mercure et le font monter d'autant plus haut dans le tube latéral qu'il y a plus d'alcool dans le liquide. L'échelle de B est disposée de telle sorte que le niveau du mercure indique combien il y a d'alcool en poids et en volume dans 100 parties du liquide essayé. Les éléments non volatils du vin (principe extractif, sucre, etc.) ne nuisent pas au résultat. L'acide carbonique libre doit au contraire être éliminé avant l'expérience avec de la chaux fraîchement cuite, que l'on agite avec le vin et que l'on sépare ensuite par filtration. Les éthers volatils contenus dans le vin ont une influence nuisible sur l'exactitude du résultat; on a recommandé de décomposer avant l'essai ces substances volatiles en faisant bouillir le liquide avec de la potasse, mais l'expérience a appris que la décomposition complète de tous les corps volatils du vin est très-difficile à exécuter, et une partie de ceux-ci se dérobe à la décomposition. En outre il ne faut pas omettre de mentionner que dans l'essai du vin à l'aide du vaporimètre les vapeurs qui se dégagent de ce liquide pendant l'ébullition ne sont pas formées d'un mélange d'eau et de vapeurs d'alcool ordinaire. En effet, dans la fermentation du sucre de raisin il se forme, dans des conditions non encore exactement déterminées, outre l'alcool éthylique, de petites quantités des alcools homologues éthylique et butylique, de telle sorte que les résultats obtenus au moyen du vaporimètre ne sont tout à fait certains que lorsqu'il s'agit de mélanges d'eau et d'alcool éthylique.

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. 277) 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 trois 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 ;

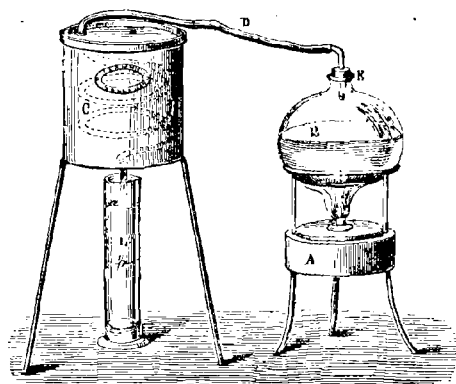


Fig. 277.

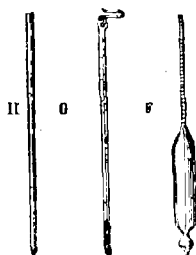


Fig. 278.

l'autre, marquée $1/2$, a pour but d'évaluer le volume du liquide condensé. Pour faire un essai, on verse dans le ballon A le vin exactement mesuré au moyen de l'éprouvette et, après avoir fermé le vase avec le bouchon 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. 278), 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 ¹ qui accompagne l'appareil quelle est la force réelle du liquide.

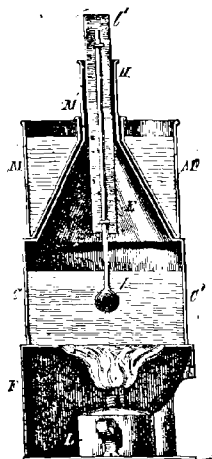


Fig. 279.

L'ébullioscope de *Tabarié* (fig. 279) 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 *Ta-*

¹ Voyez *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc., traduit de l'allemand par *L. Gaulier*. Paris, 1869 (p. 729).

barié, 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 *tt'*, et la richesse alcoolique est indiquée par la hauteur de la colonne 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 $99^{\circ},4$ cent., le point d'ébullition d'un liquide alcoolique correspond aux quantités suivantes d'alcool (en poids pour 100):

94°,4 cent.....	3 0/0 d'alcool.	91°,1 cent.....	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 —

Les vins rouges français contiennent de 9 à 14 0/0 d'alcool (en volume), le bourgogne en renferme, 9, 10 et 11 0/0, le bordeaux 10, 11 et 12 0/0. Les vins de Franconie en contiennent de 8 à 10 0/0, les vins du Palatinat de 7 à 9,5 0/0, les vins badois (d'après *Nessler*) de 9,8 à 11,5 0/0, les vins de Hongrie de 9 à 11 0/0, les vins de Champagne de 9 à 12 0/0, le xérès 17 0/0, le madère de 17 à 23,7 0/0. Les *acides*, qui se trouvent dans toutes les espèces de vins, sont, outre l'acide carbonique, les acides succinique, tartrique, malique et acétique; ces acides 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 tartrates acides. Indépendamment d'une espèce de gomme particulière (désignée par *Fauré* sous le nom d'*œnon-thine*) 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 1857, comme constituant un élément normal du vin. *Pohl* a trouvé (1863) dans des vins d'Autriche jusqu'à 2,6 0/0 de glycérine. 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. La matière colorante du vin rouge a été désignée sous le nom d'*œnocyanine* (bleu de vin) par *Mulder* et *Maumené*; elle est analogue au principe colorant du tournesol, à l'état pur elle est bleue et elle est rougie par les acides. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'huile d'olives et l'essence de térébenthine, un peu soluble dans l'alcool, qui est mélangée avec de petites quantités d'acide tartrique ou

acétique. 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. Lorsqu'on évapore le vin à sec, ses éléments non volatils forment le résidu, qui constitue ce qu'on appelle l'*extract*; 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 protéiques et des principes extractifs, dont la nature n'est pas connue. La quantité de l'*extract* 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'*extract* 10,6 0/0 et comme minimum 4,2 0/0, *Fischern* dans les vins du Palatinat de 10,7 à 1,9 0/0, *F. Schubert* dans le vin des environs de Wurzburg de 7,2 à 1,1 0/0, *Pohl* dans les vins de Bohême 2,26, dans ceux de la Basse-Autriche 2,64 et dans ceux de Hongrie 2,62 0/0. Les *éléments minéraux* du vin sont en petite quantité; en moyenne ils s'élevaient dans quatre vins de Madère à 0,25 0/0, dans quatre vins du Rhin à 0,12 0/0, dans quatre vins de Porto à 0,235 0/0. *Van Gockom*, *Veltmann* et *Mösmann* ont trouvé dans 1000 parties des vins suivants :

Madère	2,55 pp. de cendre.
Ténériffe.....	2,91 —
Rhin.....	1,93 —
Porto.....	2,35 —

Pohl dans les vins suivants d'Autriche :

Bohême... ..	1,97 pp.	Esclavonie.. ..	1,91 pp.
Croatie.....	1,63	Styrie	1,63
Carniole.....	1,81	Tyrol.....	1,84
Basse-Autriche.....	2,00	Hongrie.....	1,80

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

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 particulière est un mélange d'*ether œnanthique* avec de l'alcool. L'*ether 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* et le *bouquet* du vin, on peut admettre avec une certitude presque complète qu'ils sont aussi formés par des éthers produits pendant la fermentation, mais qui à cause de leur quantité extrêmement faible n'ont pas encore été recon-

nus avec certitude et ne peuvent être distingués les uns des autres ¹. 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 pepins, 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 vin*. D'après *Pasteur* ², 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. 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 agite 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 230 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* 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

¹ C. Neubauer (*Chemie des Weines*. Wiesbaden, 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. »

² *Études sur le vin. Ses maladies, etc.* 2^e édition. Paris, 1873 (page 11 et suivantes).

en alcool, une température élevée, le contact de l'air atmosphérique sont les causes de l'acidité du vin. Lorsque cette maladie a commencé à se développer, on peut l'arrêter en augmentant, au moyen d'une nouvelle fermentation produite 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 presque 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. Lorsqu'à la surface des vins pauvres en alcool il se forme une pellicule de champignons blanchâtres (fleurs de vin), 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*; il prend alors un goût fade et une couleur foncée. 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. 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.

Chauffage des vins. — La *méthode de conservation* imaginée par *Pasteur*¹ constitue un grand progrès dans le traitement des vins. Ce procédé consiste à *chauffer le vin* jusqu'à la température de 60° cent; 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 280. Les bouteilles, après avoir été bouchées, sont ficelées

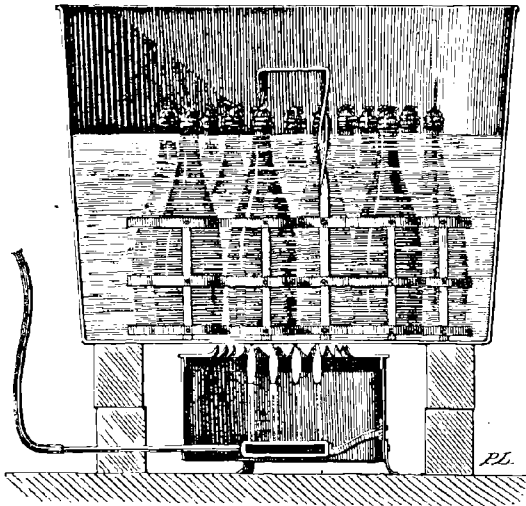


Fig. 280 *.

lées 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, à 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,

¹ *Pasteur*, Études sur le vin. 2^e édition, revue et considérablement augmentée principalement en ce qui concerne les appareils sur le chauffage des vins. Paris, 1873, pages 125 et suivantes.

* Fig. empruntée à la 2^e édition des Études sur le vin de *Pasteur*. Paris, 1873, page 198.

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

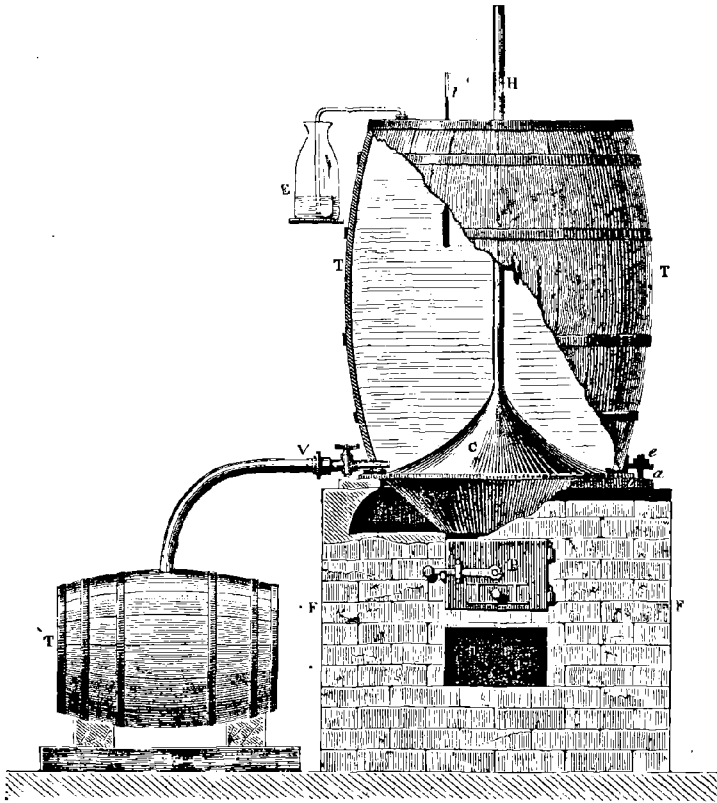


Fig. 281 *.

de la chaleur dans une cuve spéciale où il est transvasé tout exprès pour cette opération. Parmi ces derniers, nous mentionnerons les appareils de *Rosignol*, de *Terrel des Chênes*, de *Giret* et *Vinas*, et de *Périer frères*.

L'appareil de *Rosignol* (fig. 281 et 282), dont on se sert déjà beaucoup sur les bords du Rhin et du Mein, se compose d'un tonneau TT dont on a

* Fig. empruntée à la 2^e édition des *Études sur le vin* de *Pasteur*. Paris, 1873, page 232.

enlevé un des fonds pour le remplacer par une chaudière en cuivre C. La partie inférieure de cette chaudière 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 un 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 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 avant 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 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 caoutchouc 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 282 montre de quelle manière la chaudière ferme hermétiquement la partie inférieure du tonneau. Sur la chaudière est soudé un anneau plat *a* de 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 4 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.

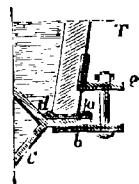


Fig. 282.

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).

L'appareil de Rossignol 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 ont à *circulation continue*, on

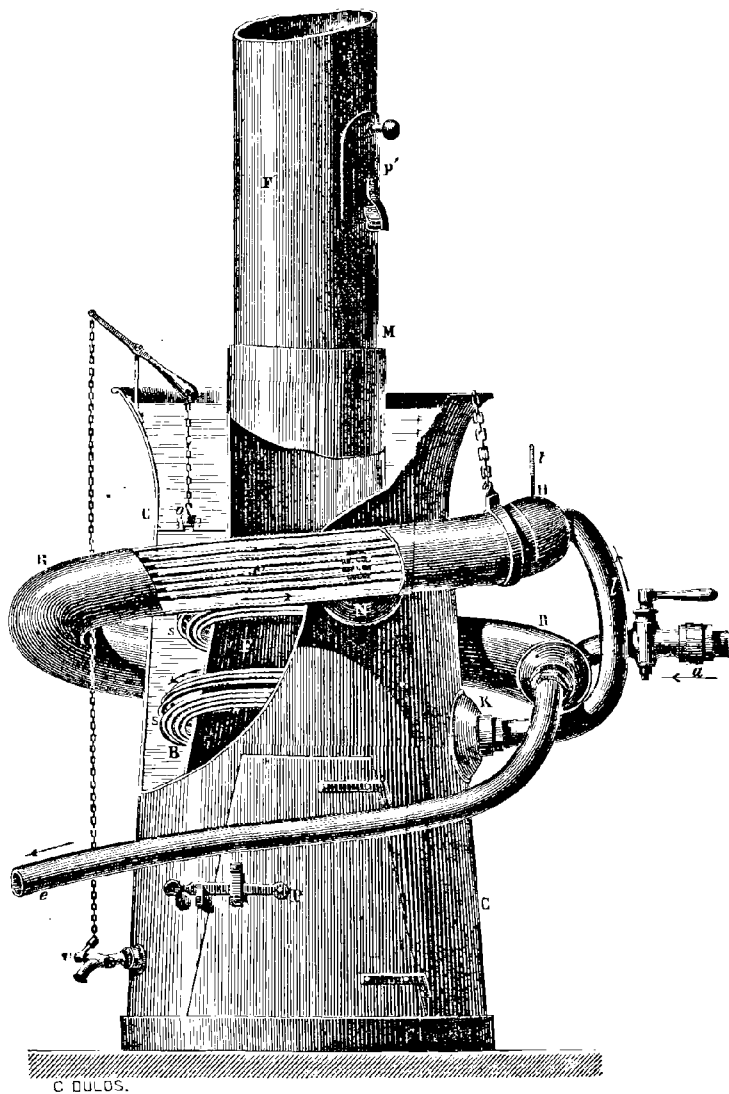


Fig. 283 *.

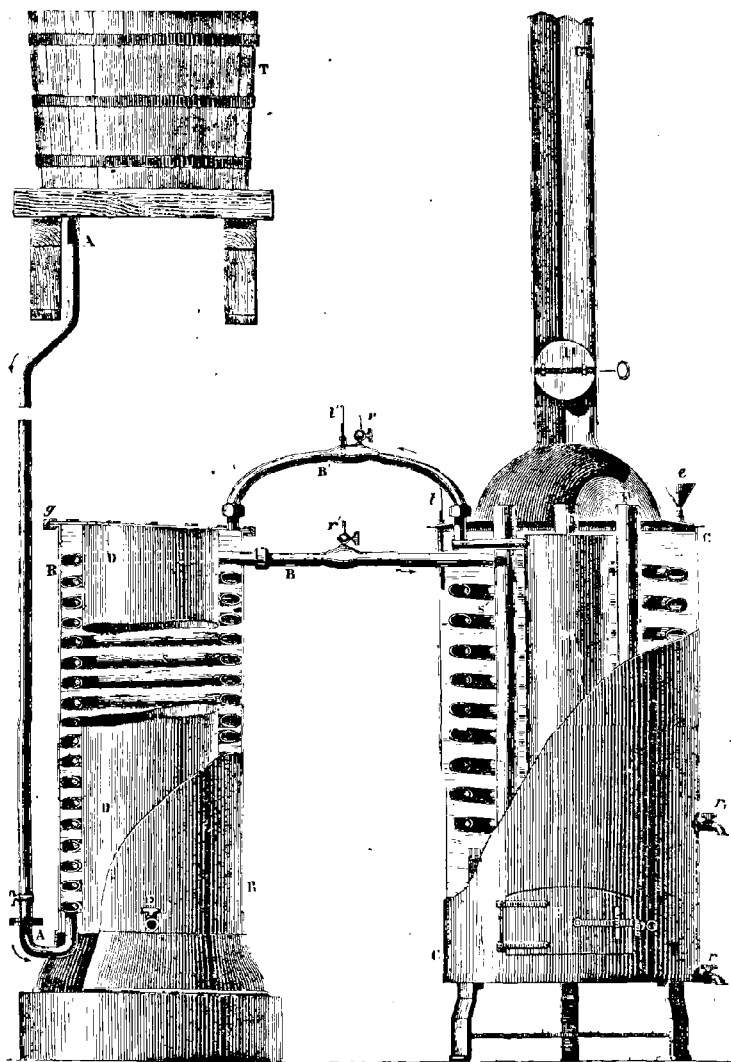
peut y chauffer sans interruption une quantité quelconque de vin.

L'appareil de Terrel des Chênes (fig. 283) se compose : 1° d'une boîte à

* Fig. empruntée à la 2^e édition des *Études sur le vin de Pasteur*, Paris, 1873.

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; 2° d'un bain-marie B, qui occupe tout l'espace compris entre la boîte à feu et le cylindre extérieur; *v* est un robinet de vilange. 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 *s*, 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 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 de suite dans le serpentín en N, puis il parcourt les 40 tubes *s'* de ce dernier, vient sortir en K, rentre par le tube *l* dans le réfrigérant, parcourt les 40 petits tubes *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 *Givet et Vinas* et de *Perrier frères* offrent entre eux beaucoup d'analogie, tant au point de vue de la forme que sous le rap-



G. DULOS

Fig. 284 *.

port des propriétés. L'appareil de *Perrier frères* (fig. 284) se compose : 1° d'un foyer P surmonté de tubes droits F, F, F, qui communiquent avec la cheminée de dégagement G; 2° d'un bain-marie C qui entoure com-

* Fig. empruntée à la 2^e édition des Etudes sur le vin. Paris, 1873, page 212.

plètement les tubes et le foyer; 3° d'un serpentin S' qui communique inférieurement avec le cylindre central M; 4° d'un réfrigérant R, dont la

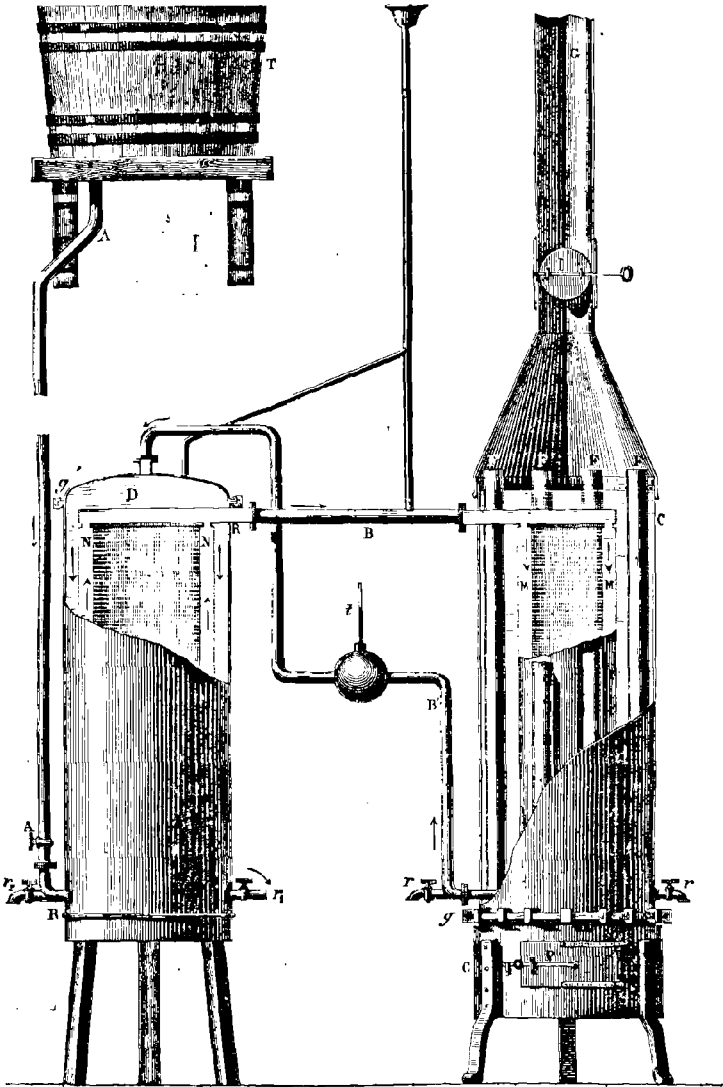


Fig. 285 *.

partie principale est un serpentin S semblable à S'. Ce serpentin est placé entre deux cylindres, de sorte que l'espace compris entre ses spires forme

* Fig. empruntée à la 2^e édition des Études sur le vin. Paris, 1873, page 255.

un deuxième serpentín 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 A et les deux robinets *r'*, *r''* qui servent à laisser échapper l'air : il pénètre en A dans le serpentín S, passe de là dans le serpentín 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 entre les spires du serpentín 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 serpentín S. Les flèches marquées sur la figure indiquent suffisamment la marche du vin.

Dans l'appareil de *Giret et Vinas* (fig. 285) la boîte à feu P avec les tubes F, F 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 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 reliés 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 précédente. 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 F par le tube 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'* pour se rendre au tonneau ¹.

Clarification 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. Il n'ont pas besoin d'être clarifiés artificiellement. Au contraire pour les vins sucrés et sirupeux, qui indépendamment du sucre renferment une grande quan-

¹ Voyez, pour la valeur comparée des différents appareils de chauffage des vins, *Pasteur, Études sur le vin* (2^e édit. Paris, 1873).

tité 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* ; dans ce but on ajoute au vin à clarifier 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, gélatinigènes ou gélatineuses*, comme la colle de poisson et la gélatine, le *blanc d'œuf*, le *sang*, le *lait* et des mélanges qui renferment une des substances nommées. 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 *Mau-méné* 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 potassium, transformation qui dans le fait peut avoir quelque 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.

Résidus de la préparation du vin. — Les résidus provenant de la préparation du vin se composent du *marc* (rafle et pampre, pellicules et pepins 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 pétiotisé, 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 moût (voyez page 125) ; 3° pour la préparation du vert-de-gris (voyez t. I, page 95) ; 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, moutons) ; 6° le marc exprimé ou déjà utilisé pour préparer de l'eau-de-vie ou du vinaigre peut être employé comme combustible ou comme engrais ; 7° les pepins des raisins peuvent être

employés pour préparer une huile grasse, qui s'y trouve contenue dans la proportion de 10 à 12 0/0; 8° les *tourteaux* débarrassés de l'huile grasse par expression ou par extraction à l'aide du benzol 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 pepins* dont la proportion s'élève dans les tourteaux jusqu'à 7 0/0, 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 raisin; 9° avec la lie on prépare par expression, dessiccation et combustion des cendres, qui en Bourgogne et dans d'autres contrées sont employées pour la fabrication des *cendres gravelées*. Le marc est aussi transformé en potasse; 10° les rafles et les pepins 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 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, dont une partie se dépose sur les parois des tonneaux et dont l'autre est contenue dans la lie, on obtient le tartre purifié (essentiellement formé de bitartrate de potassium $C^4H^5KO^6$), à l'aide duquel on prépare l'acide tartrique, qui est très-employé pour la préparation des poudres effervescentes et des boissons gazeuses, ainsi que dans la teinture et l'impression des tissus.

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, on fabriqua aussi des vins mousseux avec le vin de la Côte-d'Or; 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 et du Neckar, industrie qui, dans un grand nombre de contrées de l'Allemagne, a diminué beaucoup la consommation du vin mousseux français. En Allemagne, on compte (1870) environ 50 fabriques de vin mousseux, avec une produc-

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 au vers de *Virgile*,

Ille impiger hausit
Spumantem pateram...

les Romains eux-mêmes semblent avoir connu le vin mousseux.

tion de 2 millions $\frac{1}{4}$ à 3 millions $\frac{1}{2}$ de bouteilles, sur lesquelles 1 million $\frac{1}{4}$ sont exportées. En France, la production annuelle est évaluée à 16 ou 18 millions de bouteilles.

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 énergiquement le gaz acide carbonique qui se dégage lors de la deuxième fermentation, lorsqu'on abandonne le vin à lui-même après la première. 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 renfermant 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.

Le *procédé de fabrication des vins mousseux*¹ est, en général, le suivant : On emploie de préférence des raisins bleus, ainsi sur les bords du Rhin on se sert des raisins bourguignons bâtifs d'Ingelheim, de la Moselle, du Mein et de la Nahe et d'un grand nombre de vins rouges du Wurtemberg (Heilbronn et Esslingen) et du duché de Bade (surtout de ceux de Kaiserstulh, en Brisgau). Le jus est exprimé aussitôt après la récolte, afin que la matière colorante des pellicules ne se dissolve pas. Le marc pressuré et à demi épuisé donne par un nouveau pressurage un vin mousseux coloré en rougeâtre. Le jus des raisins exprimé se rend dans une cuve où il reste pendant 24 ou 36 heures ; là se déposent les substances terreuses, les impuretés végétales et les substances albuminoïdes. On fait ensuite écouler le

¹ Pasteur, Études sur le vin. 2^e édition. Paris, 1873.

jus et on le met 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 les tonneaux. Lors du remplissage, il est convenable d'ajouter par 100 bouteilles de moût une bouteille 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 soufrées, on le clarifie avec de la colle de poisson, et on le laisse reposer pendant un mois environ, après quoi on le soutire de nouveau. Vers la fin de février on le clarifie 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 0/0 en volume d'alcool; *c.* un équivalent de 3 à 5 grammes d'acide sulfurique en acide libre. Par coupage avec des vins d'origine différente il est possible de donner au vin, destiné à la fabrication, la composition précédente.

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. 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 0/0 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 10 0/0. Le prix de 100 bouteilles est de 25 à 28 francs. Avant de mettre le vin dans les bouteilles, on verse dans celles-ci une petite quantité de *liqueur*; cette liqueur se compose 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 (?). Le sucre de la liqueur serait depuis quelque temps remplacé partiellement par de la *glycérine*. 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. Lorsque les bouteilles sont pleines, bouchées et ficelées, 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, 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 protéiques 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*. L'ouvrier enlève de la bouteille dégorgée encore 160 centimètres cubes de vin (cette opération est appelée *déchargeage*) et il remplit avec de la liqueur le vide produit par le *dégorgeage* et le *déchargeage*. La bouteille est bouchée avec un bouchon frais, que l'on fixe à l'aide d'une ficelle et d'un fil de fer. Le bouchon et le goulot sont enve-

loppés 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 supplémentaire 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 1870 — a donné les résultats suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Densité.....	1,036	1,029	1,039	1,046	1,039	1,041
Acide libre p. 1000.	5,3	5,9	7,6	7,8	6,2	5,6
Alcool 0/0.....	8,4	9,5	8,7	8,4	9,8	8,4
Sucre 0/0.....	8,2	4,3	7,9	9,1	7,5	5,4
Extrait 0/0.....	11,6	7,5	10,3	12,0	11,6	15,2

1. Vin de Châlons ; 2, 3 et 4. Vins mousseux de Wurzburg (2. destinés pour l'exportation dans l'Inde) ; 3. Vin de *J. Oppmann* ; 4. de *Silligmüller*, tous deux très-recherchés en Allemagne ; 5. Vin de *Suttaine et C^{ie}*. de Reims ; 6. Vin mousseux d'une compagnie rhénane renommée, dans lequel une grande partie du moût était remplacée par de la glycérine.

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 infé-

rieur 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° 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° 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 *scheel-lisage*, d'après le nom de l'auteur de la découverte de la glycérine, *Scheele*).

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 *chaptal-lisage*¹.

Bien qu'il ne soit pas difficile de donner au moût ce que la nature n'a

¹ Pour le bourgogne, pour la préparation duquel on se sert encore beaucoup maintenant du chaptalage, 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 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 (sucré en pains ou sucre de fécule de qualité inférieure), 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 7,50 0/0. Si, maintenant, cette richesse doit être élevée à 10 0/0, on doit ajouter par 1,000 kilogr. de moût la quantité de sucre correspondante, c'est-à-dire dans le cas qui nous occupe 50 kilogr. On part de cette supposition que 100 parties de sucre donnent 50 parties d'alcool.

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 ne sont pas précisément ceux que l'on désire le plus, quand bien même ils indemnifieraient de la dépense nécessaire. La plus grande partie des vins allemands offre, indépendamment d'une faible richesse en sucre, un excès d'acide. Maintenant, 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 plus abondamment, et cependant les raisins incomplètement mûrs contiennent beaucoup plus d'acide malique que d'acide tartrique; mais l'acide malique n'est pas séparé et c'est pour cela que, lorsqu'on ajoute simplement du sucre, le goût du vin est cependant fâcheusement influencé. Sans nuire à la qualité du vin, on doit diminuer ces acides ou détruire leur action nuisible. Les chimistes qui ont proposé des méthodes répondant à ce point de vue, et basées sur l'addition d'eau sucrée (c'est à dire d'une dissolution de sucre de canne ou de sucre de raisin) sont *Döbereiner*, d'Iéna et *Lampadius*, de Freiberg. *Balling*, de Prague et après lui *Gall*, de Trèves ont fait exactement les mêmes propositions. La méthode d'amélioration du vin recommandée par *Gall*, le *gallisage*, qui est devenue tout à fait populaire, parce qu'elle produit une *augmentation importante de la quantité du vin*, consiste à mettre d'abord à part les meilleurs raisins, afin de préparer un vin d'un bouquet plus agréable, au lieu de les mélanger avec la plus grande partie des mauvais, dans le jus desquels disparaîtraient complètement les avantages du petit nombre des raisins entièrement mûrs. Le moût des espèces inférieures doit immédiatement après le pressurage être mélangé avec autant de sucre et d'eau qu'il en faut pour que sa teneur en acide, en eau et en sucre soit égale à celle d'un bon moût en les mêmes éléments. Par le *gallisage*, le vin acquiert une des conditions du bon goût, c'est-à-dire une proportion convenable entre l'acide, le sucre, l'alcool et l'eau, et s'il n'est pas aussi bon que le vin préparé avec de très-bons raisins, parce que l'autre condition, l'élément du bouquet, lui manque plus ou moins, il sera cependant beaucoup meilleur que s'il avait été préparé avec le moût de raisins inférieurs, non mélangé avec de l'eau sucrée, moût auquel il manque, non seulement une, mais les deux conditions du bon goût. Si le procédé de *Gall* peut être recommandé aussi bien au point de vue économique qu'au point de vue chimique, il faut admettre que l'on emploie un sucre qui par sa pureté se rapproche autant que possible du sucre de raisin (ou du sucre de canne). Dans tous les cas, le vin est très-pauvre en bouquet, si le fabricant n'a pas à sa disposition un moyen pour corriger ce défaut. D'après *Gall* (dont je ne partage pas la manière de voir en beaucoup de points), un moût normal doit se composer de :

Sucre.....	24,0 0/0
Acide libre.....	0,6
Eau.....	75,4
	<hr/>
	100,0 0/0

1,000 kilogr. d'un moût contiennent par conséquent 240 kilogr. de sucre, 6 kilogr. d'acide libre et 754 litres d'eau. Si maintenant l'analyse d'un moût a indiqué 16,7 0/0 de sucre et 0,8 0/0 d'acide, et si l'on veut ramener le moût par le gallsage à la composition du moût normal de *Gall*, il faut ajouter :

et
 153 kilogr. de sucre
 180 — ou litres d'eau ;

ce qui donne 1,333 kilogr. de moût (et par conséquent une augmentation de 33 0/0 de la quantité primitive). Dans les mauvaises années, où la teneur en acide s'élève à 12 ou 14 0/0, l'augmentation va jusqu'à 100 ou 115 0/0 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 pepins, les rafles, contient encore de ces substances une quantité suffisante pour donner à de l'eau sucrée le goût, l'arome et les autres propriétés du jus de raisin. Nous manquons d'une analyse exacte des résidus du pressurage et d'une expérience suffisante pour pouvoir actuellement nous prononcer d'une manière positive sur la valeur du pétiotisage. Cependant, un grand nombre de fabricants de vin 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 chaudement ¹.

On a en outre proposé pour l'amélioration du vin l'*emploi de la congélation*, qui a pour effet de diminuer les éléments aqueux du moût. D'après les expériences de *Vergnette-Lamotte* et *Boussingault* les effets du froid sur le vin sont très-complicés. 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.

¹ D'après *Beysse*, 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 !

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 et d'une conservation plus facile, consiste à y ajouter de l'esprit de vin (1 ou 2 0/0). Lorsque l'addition de l'esprit au vin (on emploie de l'eau-de-vie française ou de l'alcool de pommes de terre débarrassé des essences) n'est effectuée 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 quantité. Il 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. (L'addition de la *glycérine* au vin fait, dont la fermentation est achevée (*schéclisage*)¹, est usitée depuis 1865; 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.)

FABRICATION DE LA BIÈRE.

Généralités. — Sous le nom de *bière* on désigne, dans l'acception ordinaire du mot, cette boisson alcoolique incomplètement fermentée et encore en fermentation, qui a été obtenue par fermentation alcoolique, 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.

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 13°. Une partie de la bière, après un court

¹ Dès l'année 1864, j'ai exécuté à Wurzbourg avec le sommelier de la Cour royale, *M. Oppmann*, une série d'expériences sur l'emploi de la glycérine pour l'amélioration de vins inférieurs de Franconie, expériences qui ont donné les meilleurs résultats. C'est moi qui ai désigné sous le nom de *schéclisage* (*schoelisisiren*) le procédé d'amélioration des vins par la glycérine.

séjour dans les tonneaux, est consommée pendant les mois d'hiver, elle constitue la bière d'hiver ou bière 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 de la bière 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.

Dans la Confédération du Nord la loi (1870) ¹ permet de préparer avec 1 Centner (50 kilogr.) de malt :

300 Quarts (343 ^{lit} ,5)	de bière légère,
200 — (239 ,0)	de bière double,
180 — (206 ,1)	de bière de Bavière.

Matériaux 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 employée 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 l'orge carrée, les prix des espèces nommées étant supposés les mêmes. 100 parties d'orge desséchée contiennent (d'après *Lermer*) :

Amidon.....	68,43
Substances protéiques.....	16,25
Dextrine.....	6,63
Matière grasse.....	3,08
Cellulose.....	7,10
Cendre et autres éléments.....	3,51

La cendre de l'orge contient dans 100 parties : potasse 17, acide phosphorique 30, silice 33, magnésic 7, chaux 3, etc. Outre l'orge, les pommes

¹ D'après les actes du Reichstag de l'Allemagne du Nord (du 22 mai 1869), l'emploi du sucre et du sirop de féculé a pris, dans un grand nombre de brasseries de la Confédération du Nord, un développement considérable. Un tiers du malt est remplacé par du sucre de féculé, dont 100 kilogr. peuvent être substitués à 300 kilogr. de malt.

de terre, le riz, le maïs, la glycérine et le marc de fécule sont très-employés dans les 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 de 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 éthérée de houblon*, qui se trouve dans la proportion de 0,8 0/0 dans le houblon séché à l'air, a une couleur jaunâtre, elle a une odeur forte, mais ne rappelant que peu celle du houblon, une saveur brûlante et légèrement amère; elle est dépourvue d'action narcotique; son poids spécifique est de 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 elle appartient au groupe des huiles volatiles qui contiennent comme élément commun et caractéristique une huile de la formule C^5H^8 ; c'est un mélange d'un hydrogène carboné, C^5H^8 isomère de l'essence de térébenthine et de l'essence de romarin, avec une huile oxygénée ($H^{10}O^{18}$), qui avec le valérol possède la propriété de se transformer en acide valérianique ($C^5H^{10}O^2$) 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. Le *tannin* du houblon se trouve dans les différentes espèces de houblons dans la proportion de 2 à 5 0/0. Relativement à la nature de ce tannin, on a reconnu : *a.* qu'il précipite en vert les sels ferriques; *b.* qu'il ne se dédouble pas en acide gallique et en sucre, lorsqu'on le traite par des acides et la synaptase; *c.* 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 éthérée 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 substances colorantes extractives, sont peu importants. Relativement aux *éléments minéraux* nous dirons seulement que le houblon desséché à 100° donne de 9 à 10 0/0 de cendre, qui contient 15 0/0 d'acide phosphorique, 17 0/0 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 moisi se montrent sur les pédicules des folioles intérieures. Il est par conséquent extrêmement important de posséder une disposition pour sécher le houblon, 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 les *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 que l'on expose le houblon desséché 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, tels sont les moyens connus jusqu'à présent pour conserver le houblon et pour opposer des limites aux grandes variations de son prix. 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. Il est 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.

Succédanés du houblon. A la place du houblon on a souvent cherché à employer d'autres substances comme l'écorce de pin, le quassia, la petite centaurée, les feuilles de noyer, l'absinthe, le trèfle d'eau, les feuilles de colchique, l'extrait 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 éthérée. Un succédané du houblon devrait par conséquent contenir ces substances ou on serait obligé d'employer deux ou trois matières qui posséderaient ces éléments.

Eau. — Relativement à l'eau, dont on 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'azote 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 paraît 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 qu'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 fermentations 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* ou du *brassage*¹ peut être partagée en quatre sections :

- I. Préparation du malt (maltage);
- II. Préparation du moût (empâtage, démêlage)²;
- 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 de la plante, les organes de

¹ Pour l'étude théorique et pratique de l'art du brasseur, nous recommandons particulièrement les journaux suivants : 1° *Der bayerische Bierbrauer*, rédigé par le Dr *Lintner*, professeur et directeur de l'École des brasseurs de Weihenstephen, Munich; 2° *Der Bierbrauer*, fondé par G. E. *Hübich*, rédigé par H. *Fleck*, Leipzig.

² Le nom sous lequel cette opération est désignée varie suivant les pays; en France, on la désigne généralement sous le nom de *macération* ou de *brassage*, d'où viennent les expressions de *brasseur*, *brasserie*, *brassin*, etc.; en Allemagne, on lui donne le plus souvent le nom de *Meischen* (délayage, démêlage); en Hollande, elle porte le nom de *beslag maken* (empâtage) ou de *beslaan* (détrempage), et en Angleterre celui de *mashing* (démêlage).
(Note du traducteur.)

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 de la plante, a pour objet de fournir à la jeune plante les éléments nécessaires à son premier développement, notamment 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 des organes spécialement destinés à cet usage une certaine quantité de substances alimentaires, 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 : 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'ef-

fectue dans des bacs. En pratiquant le mouillage, on a pour objet de communiquer à l'orge l'humidité nécessaire pour la germination, on cherche 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 quelques pouces 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, en la ramollissant et en la gonflant, dissout certains éléments des glumes; c'est pourquoi elle prend une couleur brune et une odeur et une saveur particulières 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 qu'elle ne s'écoule plus trouble. La durée du mouillage dépend de la qualité et de l'ancienneté de l'orge, 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 de même âge. Lorsque le mouillage est achevé, on laisse l'orge égoutter encore 8 ou 10 heures dans le bac avant de la porter au germoir. On reconnaît que le mouillage est achevé : 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 traînée 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 13 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 ramollie est étendue sur l'aire du germoir en couches épaisses de 4 ou 5 pouces, 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 de un pied 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 à ce moment 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 développement du germe, et dans ce but on abaisse la température en étendant les tas, c'est-à-dire en leur donnant une épaisseur de quelques pouces seulement. 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 à ce 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 que l'été. La perte de poids que l'orge éprouve pendant la germination s'élève à environ 2 0/0. Elle est due à l'oxydation du carbone de l'orge qui est transformé en acide carbonique par l'oxygène atmosphérique.

C. Dessiccation et tourailage 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 (*tourailage* 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 tourailage 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 tourailage, on le transporte d'abord dans le séchoir et ensuite on le chauffe sur la touraille à 30 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 (fig. 286), 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 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. 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 torréfaction 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 torrification 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 de pierres percé de trous les gaz d'un foyer particulier (le foyer de la touraille). Depuis quelque temps on cons-

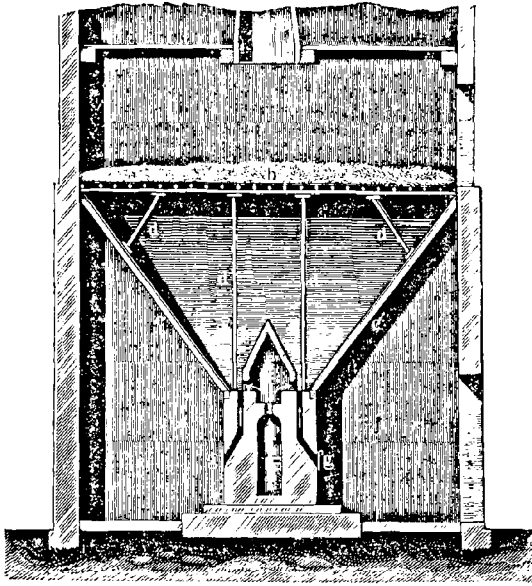


Fig. 286.

truit fréquemment des *tourailles doubles*, dans lesquelles on établit au-dessus de l'aire ordinaire de torrification 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 torrification (50 à 100° cent.), 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 de tôle comme le café. Le pouvoir saccharigène du malt est alors complètement détruit, l'amidon est transformé en léfocome 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 :

166 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.

L'eau de mouillage entraîne.....	1,5
Perte dans le germoir.....	3,0
Perte en radicules.....	3,0
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'élève à 12 ou 15,2 0/0, 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.....	8,36	6,38
	100,00	100,00

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 cellulaires.....	14,4	10,8	11,5
Substances albumineuses.....	13,6	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 (léfocomme, amidon grillé) augmente par un fort grillage et cela dans la même proportion que la richesse en amidon diminue. 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 récemment (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 11/2 0/0, tandis qu'il renferme 1 0/0 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 MOÛT ¹.

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 du malt ;

B. Empâtage et démêlage ;

C et D. Cuisson et houblonnage du moût, et refroidissement du moût.

A. **Mouture du malt.** — Le moût est obtenu en traitant le malt par l'eau. Dans ce but celui-ci doit être divisé (*moulu*) 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 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 moudre le malt, 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 démêlage 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 et d'une température convenable et aux dépens de l'amidon non encore transformé du sucre et de la dextrine. L'*empâtage* précède le démêlage 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 em-

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 fécule, la glycérine, etc., qui maintenant sont fréquemment employés.

pois, qui envelopperait les parties solubles et empêcherait la pénétration 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 malt.

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 trempe (le mélange de malt et d'eau) à la température de 75° cent. convenable pour la saccharification, on distingue les deux méthodes suivantes de brassage :

a. La méthode par infusion, dans laquelle on communique à la trempe 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 trempe*); 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, et dans quelques localités de l'Autriche et de la Bavière;

b. La méthode par décoction. Dans cette méthode, contrairement à ce qui a lieu dans la méthode par infusion, on fait bouillir la trempe par portions :

α. Si l'on emploie le procédé par *coction de la masse pâteuse*, (*Dickmaischkochen*), 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 trempe dans la chaudière et ensuite on l'ajoute dans la cuve-matière à l'autre portion de la trempe et l'on répète cette opération plusieurs fois, jusqu'à ce que la trempe ait acquis la température convenable pour la saccharification;

β. Dans le procédé par *coction de la trempe claire* (*Lautermaischkochen*) 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.

L'empâtage s'effectue dans les cuves-matières (fig. 287 et 288); 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 quelques pouces 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 de bois est remplacé par un fond filtrant en métal. On fait arriver l'eau chaude dans la cuve-matière 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 288, ce canal ou ce tube *c* 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 *b*). Au-dessous des cuves-matières se trouve un grand réservoir, la *cuve-réverdoire* ; ce réservoir est en pierre, en ciment, en bois ou en maçonnerie, mais il est toujours garni de cuivre et il est destiné à recevoir le liquide qui s'écoule des cuves-matières. Dans les brasseries où la trempé s'écoule immédiatement dans la chaudière, la cuve-réverdoire 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* (*gg*, fig. 288), qui sont mis en mouvement par la force de l'eau ou de la vapeur.

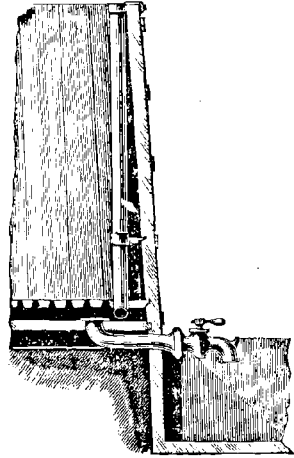


Fig. 287.

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 brassé 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. La quantité d'eau qui est employée pour la préparation d'une quantité déterminée de bière porte en Allemagne le nom de *Guss* et le rapport qui existe entre la quantité du malt à employer et la qualité du moût que l'on veut obtenir est appelé *Schüttung*. Dans le royaume de 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 7 *Eimers* (= 478 litres) et pour la bière de garde (bière d'été) à 6 *Eimers* (= 411 litres) par *Scheffel* (= 222 litres) de malt, ou en d'autres termes :

100 vol. de malt donnent.....	{	202,3 vol. de bière au détail,
	{	173,4 vol. de bière de garde.

Pour produire cette quantité de bière, on doit naturellement employer

170 DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLIC. INDUSTRIELLES.
 pour le démêlage de grandes quantités d'eau. Ainsi par exemple dans

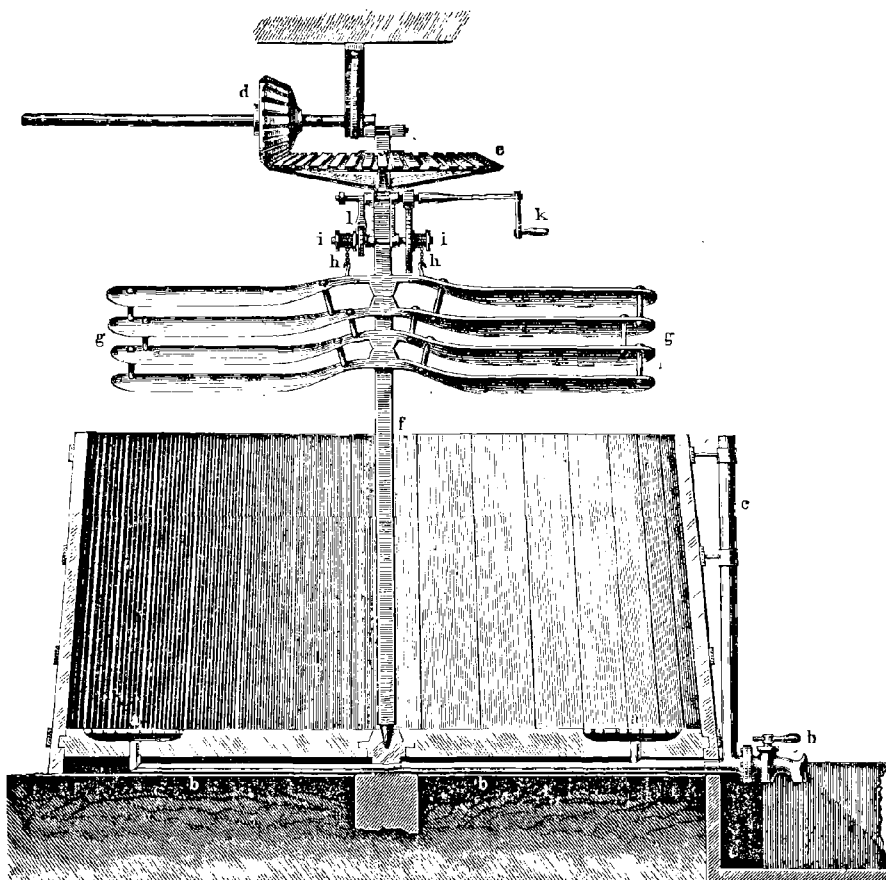


Fig. 288.

une brasserie de Bavière on prend les quantités d'eau suivantes par
Scheffel de malt :

	Bière au détail.	Bière de garde.
Pour l'empâtage.....	7 Eimers.	7,0 Eimers.
— le brassage.....	6 —	4,5 —
	<hr/>	<hr/>
	13 Eimers.	11,5 Eimers.

ou pour 100 volumes de malt :

	Bière au détail.	Bière de garde.
Pour l'empâtage.....	202,3 vol.	202,3 vol.
— le brassage.....	170,0	130,0
	<hr/>	<hr/>
	372,3 vol.	332,3 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° le procédé d'Augsbourg et de Nuremberg, appelé aussi méthode de Souabe (et également désigné en Allemagne sous la dénomination de *auf Satz Brauen*).

Méthode bavaroise ou de Munich. D'après le procédé de Munich (coction de la trempé épaisse ou coction de la trempé claire), la quantité d'eau nécessaire pour le brassin (*der Guss*) est fractionnée, deux tiers sont employés pour l'empâtage du malt concassé dans la cuve-matière. Lorsque la trempé 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 trempé prend alors une température de 30 à 40°. Vient ensuite la première coction de la trempé épaisse; dans ce but, le brasseur rassemble le malt déméché vers un des côtés de la cuve et il en prend une partie 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 procède à l'épuisement de la deuxième trempé 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 trempé épaisse élève la température dans la cuve-matière à 48 ou 50°, la deuxième à 60 ou 62°. Après le traitement de la deuxième trempé épaisse commence l'épuisement de la trempé claire, c'est-à-dire de la partie claire de la trempé contenue dans la chaudière, où on la fait bouillir pendant environ quinze minutes pour la retourner ensuite dans la cuve-matière. La température de la trempé s'élève maintenant à 72 ou 73°, et elle est la plus convenable pour la formation du sucre. La trempé est abandonnée à elle-même dans la cuve couverte pendant une heure et demie ou deux heures. Pendant ce temps, aussitôt que la trempé 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 moût le premier fait dans la cuve réverdoire 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'opération appelée en Allemagne *Ausschwängen*, c'est-à-dire 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 un *Scheffel*

(222 litres) on prépare environ 30 ou 40 *Maass* (32 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 (appelé *Glattwasser*), ainsi que la masse pâteuse (*Malztaig*, boue de malt), qui se forme aux dépens des parties farineuses du malt qui, pendant le brassage, se dépose 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 rationnelle, 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 et en dextrose, non-seulement n'est pas accélérée, mais est encore 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° cent.), 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.

Méthode d'Augsbourg et de Nuremberg. Le procédé désigné en Allemagne sous la dénomination de *auf Satz Brauen*, tel qu'il est pratiqué dans un grand nombre de brasseries de la Souabe et de la Franconie (Augsbourg, Ausbach, Erlangen, Nuremberg, Kulmbach, Kitzingen) et qui est aussi appelé *méthode de Souabe* ou *procédé d'Augsbourg et de Nuremberg*, est différent de la méthode de brassage précédente. Ce procédé consiste essentiellement en ce que l'on sépare de la trempe, pour empêcher la saccharification ultérieure, le liquide riche en dextrine obtenu en traitant le malt concassé avec de l'eau froide et ensuite avec la première eau bouillante. Le malt concassé est empâté dans la cuve-matière avec de l'eau froide (pour 7 *Scheffels* [= 1554 litres] de malt on prend 30 à 35 *Eimers* [= 2055 à 2400 litres] d'eau); au bout de quatre heures environ on fait écouler par le robinet les deux tiers du liquide dans la cuve-réverdoire, où celui-ci est conservé sous le nom de *kalter Satz*. Pour favoriser l'empâtage, le malt est brassé avec un rable dans la cuve-matière, puis aplani et abandonné au repos. Pendant ce temps de l'eau a été chauffée jusqu'à ébullition dans la chaudière (pour 7 *Scheffels* [1554 litres] de malt il faut 48 *Eimers* [3291 litres] d'eau). Dès que l'eau est

bouillante, on en verse une partie dans la cuve-matière, de manière à ce que la température de la trempe s'élève à 50 ou 52°. Cette opération est désignée en Allemagne sous le nom de *Annebeln*. Le *kalter Satz* qui se trouve dans la cuve-réverdoire est ajouté à la masse d'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; la masse de malt qui reste dans la cuve (la *première trempe*) est introduite dans la chaudière et chauffée 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, qui est nommé *warme Satz*. Celui-ci passe de la cuve-matière dans la cuve-réverdoire et de là dans les bacs rafraîchisseurs, où il est agité de temps en temps. Le liquide, chauffé jusqu'à l'ébullition dans la chaudière, est versé dans la cuve-matière, 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 le refroidissement de celle-ci, 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 *warme Satz* 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 ce dernier est chauffé doucement dans la chaudière jusqu'à 25 ou 28°, on procède au *soutirage*; le moût trouble qui s'écoule le premier de la cuve-réverdoire 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 la chaudière et que l'on fait bouillir le tout pendant trois quarts d'heure ou une heure. Le moût 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 de 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 moût produit et l'on fait encore plusieurs infusions pour épuiser complé-

tement la drèche. Cette méthode est employée en Angleterre, dans l'Amérique du Nord, en France, en Belgique et la Confédération 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 phosphorique), la trempé 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 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 trempé 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.

Lorsque la trempé a été maintenue pendant une heure environ à la température de la formation du sucre, on soutire le moût formé, soit dans la cuve-réverdoire, soit dans une cuve à moût spéciale, soit enfin immédiatement dans la chaudière. Après l'écoulement du premier moût on fait la deuxième infusion (*Nachguss*) 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 trempé à la température de 75° environ pendant une demi-heure ou une heure. Aussitôt que le deuxième moût a été soutiré, on arrose de nouveau la drèche avec de l'eau, après avoir enlevé préalablement la boue du malt (la boue superficielle, *Obertaig*). 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 *Balling*, qui indique la richesse centésimale des solutions sucrées en sucre pur, et, comme l'a indiqué *Balling*, la dissolution d'extrait de malt anhydre possède le même poids spécifique que la dissolution de sucre de canne, ayant la même richesse saccharine centésimale. Pour la fa-

brication 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 0/0.

Extrait de malt. — 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 0/0, celle de l'alcool de 2 à 8 0/0. D'après ce qui a été dit précédemment (page 116), 1 0/0 de sucre dans le moût doit donner sous l'influence de la fermentation alcoolique environ 0,5 0/0 d'alcool. Il résulte de là qu'à 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 0/0 et une richesse en extrait de malt de 7 0/0, le moût doit marquer avant la fermentation 17 0/0 au saccharimètre. Une bière avec 3,5 0/0 d'alcool et 5,5 0/0 d'extrait exige un moût marquant 12,5 0/0 au saccharimètre.

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 protéiques, 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 protéiques, 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 par le tannin du houblon, le moût est clarifié. Dans un grand nombre de brasseries, on cherche à 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 289, elles sont quadrangulaires, plates et établies dans la maçonnerie du fourneau, de manière à ce 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 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.

D. 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 *Scheffel* de malt (= 222 litres) 1 kilogr. à 1 kilogr. 500 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, 2 kilogr. à 2 kilogr. 500 par *Scheffel* de malt sec. Pour la bière qui doit se conserver plus longtemps, peut-être jusqu'en septembre et octobre, on compte 3 kilogr. à 3 kilogr. 500 de houblon nouveau par *Scheffel* de moût ou 500 à 750 gram. par *Eimer* (= 67 litres environ).

Parmi les éléments du houblon qui doivent être pris en considération

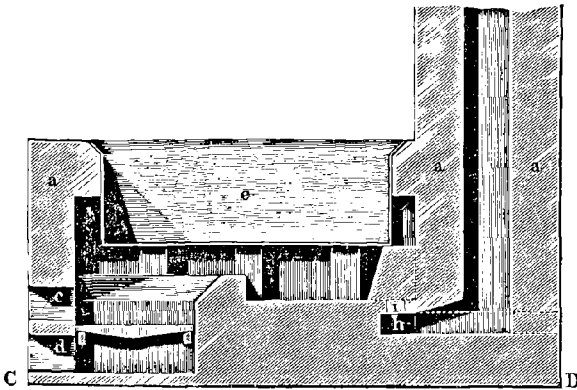


Fig. 289.

dans la préparation de la bière; nous citerons au premier rang les substances amères (encore non 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 le moût, à modérer la fermentation principale et à régulariser la fermentation complémentaire. L'huile étherée 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 0,3 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 diminue 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. 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 percé 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.

Refroidissement du moût. — Le *refroidissement du moût* a lieu afin que le moût cuit, qui sort bouillant de la chaudière, s'abaisse à la température convenable pour l'addition de la levûre et la production de la fermentation. A une température comprise entre 25 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 de bois ou de métal (de fer ou de cuivre) le plus souvent rectangulaires, d'une profondeur de 6 à 8 pouces 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 refroidisseurs, 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 ne contribuent que peu au refroidissement. Beaucoup plus avantageux sont les refroidisseurs *en fer*, qui refroidissent en un temps beaucoup plus court et qui en outre ont 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 refroidisseur. 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 protéiques 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 refroidisseurs dans lesquels de l'eau froide est employée comme moyen de réfrigération sont très-convenables pour le *refroidissement complémentaire*. Le meilleur moyen pour terminer rapidement le refroidissement et pour porter le moût à la température convenable pour l'introduction de la levûre (7 à 10° cent.) est sans contredit la *gloce*, 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°	13°
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°, 3 cent., en Bavière, pour la bière au détail ou bière d'hiver à 10,4 ou 10,8 0/0, pour la bière de garde à 12,3 ou 12,6 0/0. Le moût a une richesse en extrait de 15 à 16 0/0 pour le bockbier et de 17 à 18 0/0 pour le salvatorbier. D'après une analyse effectuée en 1878 par *J. Gschwändler* le moût offre la composition suivante:

	décoction.	bock.	PROCÉDÉ d'Augsbourg- Nuremberg.	INFUSION.
Sucre.....	4,85	7,10	4,37	5,26
Dextrine.....	6,24	8,60	7,61	6,68
Substances azotées.....	0,79	1,35	—	—
Autres éléments.....	0,41	0,63	0,95	0,70
Poids spécifique.....	1,050	1,073	1,052	1,051
Extrait (déterminé direct.).....	11,87	17,05	11,98	11,94
— (d'après <i>Balling</i>)....	12,29	17,63	12,93	12,64

La substance floconneuse gris-jaune ou brune (appelée *Kühlegeläger* par les brasseurs allemands), qui se rassemble au fond des bacs refroidisseurs, a une composition différente suivant le procédé de brassage employé; dans les brasseries où l'on suit la méthode de la trempé 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 mélangée avec de l'albumine végétale coagulée, s'est formée lors de la coction du moût et a été entraînée de la chaudière dans les bacs refroidisseurs. A l'état frais la substance floconneuse forme une masse limoneuse, dont la quantité s'élève à 3 ou 4 0/0 de celle du moût refroidi; lavée et desséchée elle forme 0,5 0/0 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 lambik, 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 carbonique¹. On atteindra ce but en retardant le plus possible la marche de la fermentation, soit en refroidis-

¹ Les résultats des recherches de *Lermer* et *von Liebig* (1870) ont une grande importance au point de vue de la fabrication rationnelle de la bière: ces chimistes ont trouvé que, 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 acide carbonique. 300 cent. cubes d'une trempé avec 8 gr. 44¹ 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.

sant le moût de manière à ce que la fermentation 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 la 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* (*Oberhefe*), tandis que la deuxième espèce, la *levûre de dépôt* (*Unterhefe*), 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 ou une basse température conduisent à la distinction de deux espèces de fermentations, la *fermentation avec dépôt* (*Untergährung*) et la *fermentation superficielle* (*Obergährung*). La première est employée pour les moûts qui doivent fournir une bière susceptible de se conserver longtemps, comme les bières de Bavière. 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 la fermentation, 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; *Hauptgährung*), 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; *Nachgährung*); dans cette période la décomposition de la glucose continue encore, mais il ne se produit 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° La *fermentation tranquille* ou *insensible* (fermentation tertiaire) qui se produit lorsque la fermentation complémentaire est terminée ; le

dédoublément 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, s'effectue dans de grandes cuves à fermentation ou *cuves-guilloires* en bois de chêne ayant ordinairement une capacité de 1000 à 2000 litres. (Et depuis quelque temps on se sert aussi dans le même but de vases en verre proposés par G. Sedlmayr.) L'addition de la levûre 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 (appelée par les Allemands *Trockengeben*), 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 (que les Allemands désignent sous le nom de *Herführen des Bieres*), on ajoute à 1000 litres de moût 6 ou 8 litres de levûre; on mélange celle-ci avec 205 litres $\frac{1}{2}$ de moût et l'on abandonne le mélange à lui-même pendant 4 ou 5 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 10 à 12 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 12 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 2 ou 4 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 qu'elles 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 centi-

grades 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. 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 11°, 5 au saccharimètre et après la fermentation 5°, la différence 6,5 divisée par 11,5 donne le nombre 0,565, c'est-à-dire que sur 100 parties d'extrait de malt 56,5 0/0 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 (*Kühlgeläger*, page 178), de la levûre décomposée et d'autres impuretés, elle est mélangée avec la couche supérieure qui est plus mince et, si le mélange ne peut pas être vendu, on l'emploie 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 y subir la fermentation complémentaire et y 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; ni 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.

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 4 à 6 litres par *Eimer* (67 litres environ). 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. Cette bière porte en Allemagne le nom de *Kräusenbier*. Après la fermentation dans la cuve-guilloire, le moût fermenté a, d'après *J. Gschwändler* (1868), la composition suivante (voyez page 178) :

	DÉCOCTION.	BOCK.	PROCÉDE d'Augsbourg- Nuremberg.	INFUSION.
Alcool.....	2,81	3,38	2,94	3,13
Sucre.....	1,58	2,32	1,46	1,33
Dextrine.....	4,61	6,91	4,77	4,80
Substance azotée.....	0,38	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. directement)..	6,57	9,98	6,23	6,13
— (d'après <i>Balling</i>).....	6,95	10,38	7,12	6,68

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, 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, 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 superficielle. 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 coûteuse.

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 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 cuves ou de tonneaux.

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 13 ans, de remplacer dans les brasseries le chauffage direct par le chauffage à la 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'arrivée 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 emploie la vapeur 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 page 96).

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 : alcool, acide carbonique, dextrose non décomposée, dextrine, éléments du houblon (substances huileuse et amère, pas d'acide tannique), substances protéiques, 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 vaporimètre (voyez pages 130 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 (1870).....	4,0 à 4,3 0/0
— au détail de Wurtzbourg.....	3,3 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.....	3,8 à 4,0
Salvator (de Munich).....	4,6
Bock (de Munich) (1870).....	4,3 à 4,8
Porter (Barclay, Perkins and Co., Londres) (1862).....	5,5 à 7,0
Bière de Strasbourg (1870).....	4,21
— de Dreher à Schwechat, près Vienne (1870).....	4,1
— de riz de la Brasserie rhénane, à Mainz (1870)....	3,6

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 *Maas* de Bavière (= 1 lit. 059) contient en moyenne de 1 gram. à 1 gr. 2 d'azote, tandis que d'après *Feichtinger* (1864), la teneur en azote de 1 *Maas* de Bavière des différentes bières de Munich varie entre 0 gr. 467 et 1 gr. 248. 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 trouve en plus grande quantité dans certaines bières acidules, comme, par exemple, dans quelques bières belges, 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 (Barclay, Perkins and Co., de Londres).....	5,9 à 6,9	—
Scotch (Edimbourg).....	10,0 à 11,0	—
Burton ale.....	14,0 à 19,29	—

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.

Lermer a fourni récemment (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	1,0141	1,01288	1,0200	1,02678	1,03327	1,0170
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Extrait.....	7,73	4,93	4,37	4,55	8,50	9,63	5,92
Alcool.....	5,08	3,88	3,51	4,41	5,23	4,49	3,00
Éléments minéraux ...	0,28	0,23	0,15	0,18	—	—	—
Richesse en azote dans 100 pp. d'extrait.....	11,15	8,71	12,19	8,85	—	6,99	—
Id., dans 100 pp. de bière	0,87	0,43	0,53	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.....	29,31	33,25	24,88	31,68	29,32
Soude.....	1,67	0,45	20,43	4,19	0,11
Chlorure de sodium.....	4,61	6,00	6,56	4,06	6,00
Chaux.....	2,34	2,98	2,58	3,14	6,21
Magnésie.....	11,87	8,43	0,34	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
Silice.....	0,83	0,67	2,30	5,20	6,27
Charbon.....	0,49	0,81	0,40	0,65	0,28
	100,33	101,47	98,03	99,08	98,91

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

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 gr. 7 d'iode dans 1 litre d'eau), que l'on étend jusqu'à ce qu'il leait la même coloration que la bière, et sur la détermination de la richesse en iode de cette coloration. Voyez C. *Leyser*, Jahresbericht der chem. Technologie, 1869, p. 417.

étend avec de l'eau jusqu'à ce que le liquide ait repris son poids primitif, et l'on détermine de nouveau le poids spécifique du liquide ainsi obtenu, poids qui est plus grand que celui obtenu 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 avant la fermentation.

Pendant la fermentation du moût, le poids spécifique s'amoindrit, 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 dissoutes 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 saccharimétrique 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 fermentation a été poussée plus loin. Il s'ensuit que dans une bière la quantité 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 0,4388. Le facteur de l'alcool est trouvé d'après l'équation mentionnée, si l'on connaît l'atténuation apparente ($p - m$) et la richesse alcoolique centésimale en poids (A) du moût fermenté, 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 conséquent $p - n$ donne l'*atténuation réelle*, qui, multipliée par le *facteur de l'alcool 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 *apparente* ($p - m$) l'atténuation *réelle* ($p - n$), on obtient la différence d'atténuation (d) :

$$d = (p - m) - (p - n),$$

$$d = n - m.$$

ou

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 de 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 $A = (p-n)b$.

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), est basé sur ce fait que 400 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 et d'extrait de bière. 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. 290), 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

¹ Voyez P. Bolley, *Manuel d'essais et de recherches chimiques*, traduit de l'allemand par L. Gautier, Paris, 1869 (p. 558).

tube est gradué de telle sorte que chaque grande division renferme 5 grains (1 grain = 0 gr. 0625) de sel marin pur et que 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

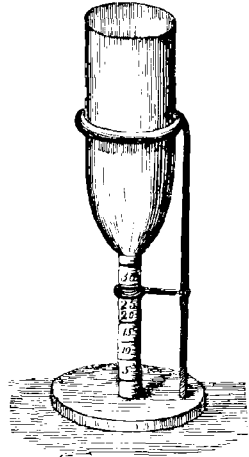


Fig. 290.

chaque expérience 1000 grains (= 62 gr. 5) de bière sont nécessaires, et l'on y ajoute dans un ballon 330 grains (= 20 gr. 46) de sel marin pur et tamisé. Le ballon couvert dont on agit fréquemment le contenu est chauffé au bain-marie jusqu'à 30°. 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 ponce 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 330. On calcule ensuite quelle quantité d'eau correspond au sel marin dissous.

Exemple. Si 1,000 grains (= 62 gr., 5) de bière dissolvent 330 — 18 = 312 grains de sel marin, ces 1000 grains de bière contiennent 866,6 grains d'eau, car

$$\begin{aligned} 36 : 100 &= 312 : x, \\ x &= 866,6. \end{aligned}$$

ce qui manque à 1000 grains, = 133,4 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 131,9 grains. La deuxième expérience sert pour la détermination de l'extrait. Dans ce but on pèse dans un ballon 1000 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

$$18 : 50 = 160 : x,$$

$$x = 444,4;$$

ce qui donne 53,6 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 $133,4 - 53,6 - 1,5 = 73,3$, ce qui, d'après la table qui accompagne l'appareil ¹, correspond à 42,27 grains d'alcool absolu. La bière analysée contiendrait par conséquent dans 1000 parties :

Acide carbonique.....	1,50
Eau non combinée.....	866,60
Eau combinée.....	34,03
Extrait.....	55,60
Alcool.....	42,27
	<hr/>
	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 à analyser.

Produits secondaires et déchets des brasseries. — Parmi les *déchets* et les *produits secondaires* de la préparation de la 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 trempe épaisse) avec de l'orge distique, avait la composition suivante :

	Humide.	Séchée à l'air.	Desséchée à 100°.
Eau.....	74,71	7,28	—
Cendre.....	1,06	3,87	4,18
Cellulose.....	3,03	11,22	12,10
Matière grasse.....	1,70	6,23	6,72
Éléments azotés.....	6,26	22,89	24,71
— non azotés.....	13,21	48,51	52,29
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

¹ Voyez P. Bolley, loc. cit., p. 570.

Les *touraillons* (déchets du malt), dont la quantité s'élève en moyenne à 3 0/0 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 :

	SCHVEN.	WAY.	LERMER.
Eau.....	7,2	3,7	10,72
Cendre.....	6,8	5,1	6,91
Cellulose.....	17,0	18,5	—
Substances protéiques.....	45,3	48,9	32,40
Éléments non azotés.....	23,6	23,8	49,97

La substance floconneuse qui se sépare dans les bacs refroidissoirs (*Kühlgläger*; voyez page 179) est employée pour la nourriture du bétail ou cédée aux distillateurs, elle s'élève à 3 0/0 du moût produit. Le liquide appelé par les brasseurs allemands *Glattwasser* (voyez page 172), qui est un moût très-clair, sert dans les distilleries pour refroidir et pour étendre la trempé, ainsi que dans la fabrication du vinaigre. Dans le procédé de la trempé épaisse ce liquide contient encore de 4 à 8 0/0 d'extrait, dans le procédé par infusion il n'en renferme que 2 ou 3 0/0. La *boue superficielle* (*Obertaig*; voyez page 174) 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 *cendre* est aussi considérée comme déchet. Chaque toise de bois laisse de 7 kilogr. 5, à 10 kilogr. de cendre.

Impôt sur la bière. — L'*impôt sur la bière*, pour être conforme aux principes de la technologie et de l'économie nationale, doit être réglé de telle sorte qu'il satisfasse tous les intéressés, le brasseur, le public consommateur et l'État. La fabrication ne doit pas être gênée par le mode d'application de l'impôt, une certaine garantie doit être offerte au public, relativement à la bonne qualité de la bière, et l'État enfin doit être autant que possible assuré contre la fraude. Parmi les différents modes d'impôts sur la bière, qui ont été fixés légalement dans les pays producteurs de cette boisson nous mentionnerons comme les plus importants : 1° l'impôt sur le malt; 2° l'impôt sur le moût; 3° l'impôt sur la bière.

Impôt sur le malt. L'*imposition du malt* est le mode d'impôt le plus commode, aussi bien pour l'État que pour le brasseur; ce mode d'impôt a sur les autres les avantages suivants : l'impôt est prélevé avant le commencement du brassage proprement dit, par conséquent il ne gêne plus la marche de la fabrication, le contrôle et la surveillance devenant inutiles, mais il permet au brasseur d'opérer avec les matières brutes et les ustensiles de la manière qui lui paraît être la meilleure, en admettant que

des règlements ne lui indiquent pas la quantité de bière qu'il est obligé de préparer avec une quantité de malt déterminée. L'impôt sur le malt est prélevé soit au moment du broiement de celui-ci (comme en Bavière et dans le Wurtemberg ¹) de la même manière que le droit de mouture, soit immédiatement avant l'emploi du malt pour le brassage, avant le délayage notamment ². En Angleterre ce n'est pas le malt qui est imposé, mais l'orge qui sert pour sa préparation, et le droit est prélevé d'après le *volume de l'orge mouillée*. L'impôt sur le malt doit incontestablement être considéré maintenant comme inopportun et d'une application restreinte, puisque l'on peut aussi préparer de la bière normale sans malt ou plutôt en substituant partiellement à celui-ci d'autres substances amylacées, comme des céréales non maltées, des pommes de terre, de la fécule de pommes de terre, du riz, du sorgho ou du sucre de fécule. Conserver l'impôt sur le malt, si ardents que soient les défenseurs qu'il puisse encore trouver, c'est vouloir arrêter les progrès des industries basées sur la fermentation. Tôt ou tard on devra, dans les États où le droit sur le malt est encore en vigueur, supprimer ce mode d'impôt et lui en substituer un autre plus rationnel.

Impôt sur le moût. L'impôt sur le moût est le plus rationnel et la seule manière exacte d'imposer la bière, parce que dans le moût se concentrent toutes les substances utiles du malt et des matières amylacées et sucrées que l'on emploie. On a alors à déterminer la *quantité* du moût et sa *richesse en extrait*. La détermination de la quantité a lieu dans les bacs refroidissoirs, dans la cuve collectrice ou au moment de l'entonnage. Dans les bacs refroidissoirs il est difficile d'effectuer un mesurage exact, parce que le moût y forme une couche mince avec une grande surface, et une très-petite différence dans la hauteur de la couche liquide peut influer

¹ En Bavière, l'impôt du malt (d'après la loi du 16 mai 1868), par *Scheffel* de malt non concassé, — sans distinction entre le malt sec et le malt mouillé, — est fixé à 5 florins 12 kreutzers (= 10 fr. 92) ; 1 *Scheffel* de Bavière = 220 litres. 1 *Scheffel* de malt pèse environ 125 kilogr. Comme exemple de l'importance de quelques brasseries allemandes, nous citerons les proportions de la production et de l'impôt de la brasserie *Dreher* à Schwechat, près Vienne, et celles de la brasserie *G. Seldmayr* à Munich :

La 1 ^{re} a produit en 1866....	272,059 hectol. de bière,	et payé en impôts....	2,435,803 fr.
La 2 ^e — — — — —	1866.... 262,000 — — —	1,000,000 fr.

La brasserie de *L. Brey*, à Munich, fournit chaque année 280,000 hectolitres de bière et paye presque 1,100,000 fr. d'impôts.

En Bavière, l'impôt du malt s'est élevé en moyenne (net) :

De 1819 à 1825, à.....	9,279,690 francs.
1831 à 1837, à.....	10,469,644 —
1843 à 1849, à.....	11,337,947 —
1855 à 1861, à.....	14,001,531 —
1861 à 1867, à.....	18,188,932 —

Depuis 1867, le montant de l'impôt est en diminution, probablement par suite de l'augmentation de l'emploi des succédanés.

² D'après la loi du 4 juillet 1868, on prélève dans la Confédération du Nord un droit de 20 Silbergroschen (= 2 fr. 40) par chaque Centner (= 50 kilogr.) de malt concassé d'orge ou d'une autre céréale.

beaucoup sur la quantité. Le mesurage du moût dans la cuve collectrice offre une certitude plus grande; comme tous les moûts provenant des bacs refroidissoirs y sont mélangés, la cuve collectrice convient particulièrement pour la détermination de la richesse en extrait du moût. De la cuve collectrice le moût passe dans la cuve guilloire; pendant l'entonnage un contrôle peut être effectué et la quantité du moût être déterminée exactement. On détermine la richesse en extrait à l'aide du saccharimètre. Le moût étant ainsi déterminé toute manipulation au préjudice de l'État devient impossible, mais il peut en être effectué au désavantage du public; ces dernières ne tombent pas cependant sous le coup des lois sur l'impôt, mais leur recherche rentre dans les attributions des officiers de police chargés de la surveillance de la bière.

Impôt sur la bière faite. Le prélèvement d'un impôt sur la *bière faite* n'est plus nulle part en usage, cependant la comparaison de la provision de bière contenue dans les bacs refroidissoirs, dans les cuves et dans les tonneaux est toujours un moyen de surveillance pour les autres modes d'impôt.

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 ou 50 p. 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 buë; 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 alcaloïdes 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 doivent pouvoir être employés pour la nourriture du bétail, elle construit des appareils qui dans le temps le plus court possible produisent avec la ma-

tière brute 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 (à l'état pur) a pour formule C^2H^6O ou $\left. \begin{array}{l} {}^2CH^3 \\ H \end{array} \right\}$ O. C'est un liquide incolore, très-fluide et très-mobile, d'une densité de 0,792 et qui bout à $78^{\circ},3$; comme sous la même pression l'eau bout à 100° , on peut déterminer la richesse alcoolique d'après sa température d'ébullition. Entre 0° et $78^{\circ},3$ (son point d'ébullition) l'alcool se dilate de 0,0936 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 3 fois $1/2$ 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'alcométrie. La tension de la vapeur de l'alcool à $78^{\circ},3$ 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, page 130). L'alcool est facilement inflammable et brûle avec une flamme bleu pâle, sans qu'il se sépare du noir de fumée. Sa chaleur de combustion correspond à 7183 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

	59,9 volumes d'alcool	
avec	<u>43,8</u>	— d'eau,
le volume du mélange n'est pas	103,7	mais 100.

L'alcool dissout les résines (sur cette propriété repose la préparation de certains vernis, de certains ciments 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 146).

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; page 190). La plupart des acides produisent l'éthérification de l'alcool. L'acide sulfurique forme, suivant la quantité employée et la concentration de l'éther sul-

furique, 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 brutes 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° Préparation du liquide sucré;
- 2° Fermentation de celui-ci;
- 3° Séparation de l'alcool par 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 brutes de la fabrication de l'alcool peuvent par conséquent être partagées entre 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 et le cidre 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 genièvre), 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, 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 1835 que de l'alcool pouvait se former aux dépens du gaz oléfiant 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. Jusqu'à nouvel ordre 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.

A. PRÉPARATION DU LIQUIDE VINEUX (MOÛT FERMENTÉ).

Préparation du liquide vineux avec des céréales. — L'eau-de-vie de grains se prépare avec le froment, le seigle et l'orge. On ne distille jamais seule une espèce de céréale, parce que le rendement en alcool est plus grand lorsqu'on distille ensemble deux espèces de céréales, 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 Allemagne, et c'est de cette méthode qu'il sera question dans la description suivante. 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 ¹.

La préparation du liquide vineux ou du moût fermenté comprend les quatre opérations suivantes :

1° *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° *Empâtage*. L'opération de l'empâtage est, dans ce qu'elle a d'essentiel, identique avec le démêlage du brasseur, avec cette différence ce-

¹ Voyez *Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins in Bayern*, 1866, janvier, page 35.

pendant 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. 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 trempe qui est imposé, il est de l'intérêt du distillateur de réduire le plus possible le volume de sa trempe et de travailler avec une trempe 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 doit être 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 trempe. 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 trempe 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 trempe. On fut ainsi amené peu à peu à descendre de 8 parties d'eau à 6, 5 et même à 3,75 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 dextrine et d'amidon dans la vinasse ;

3° *Refroidissement de la trempe.* Lorsque la saccharification est achevée, la température de la trempe (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 refroidissoirs, 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. Le degré auquel doit être refroidie la trempe 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 trempe a été refroidie à la température voulue — jusqu'à 23° cent. 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 4,000 litres de trempé de 8 à 10 litres de levûre de bière liquide; pour 3,000 litres 15 à 20 litres de levûre sont suffisants. Si l'on se sert de levûre sèche, on en prend 1/2 kilog. pour 4,000 litres de trempé et 1 kilog. pour 3,000 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 trempé refroidie s'effectue de la même manière que pour le moût de bière. Au bout de 3 ou 5 heures la fermentation commence et la température s'élève de 30 à 32°. 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 trempé 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.

Préparation de la trempé avec des pommes de terre. — Les pommes de terre se composent de 28 0/0 de substance sèche (avec 21 0/0 de fécule et 2,3 0/0 de corps protéiques) et de 72 0/0 d'eau; et, de même que pour 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 pommes de terre ajouter du malt, ou bien faire agir l'acide sulfurique 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 ; *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 ordinairement et c'est de lui qu'il sera surtout question dans les pages suivantes.

La préparation du liquide vineux avec les pommes de terre 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. 2° *Écrasage des pommes de terre.* Aussitôt que les pommes de terre sont cuites, on les fait passer de la cuve dans la trémie, qui les conduit dans l'appareil destiné à les écraser. Pendant ce temps l'arrivée de la vapeur est seulement modérée, mais non interrompue, afin que les pommes de terre restent chaudes. 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.* Les pommes de terre sont traitées de la même manière que les grains bruts avec addition de malt. On préfère le malt d'orge à toutes les autres espèces de malt, parce qu'il agit plus énergiquement et plus efficacement que celles-ci ; 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 0/0 de fécule) fournissent au moins en moyenne 17,3 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 terres le démêlage est poussé un peu plus loin que pour les grains ; il est fait de telle sorte que la substance 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 0/0).

Le *refroidissement* s'effectue suivant la manière qui a été décrite précé-

demment. Dans les bacs refroidisseurs la trempé 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 trempé 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 refroidi¹. Une autre modification du moût est caractérisée par la formation d'une certaine quantité 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 trempé 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 récemment dans l'acide sulfureux un moyen excellent pour augmenter le rendement en alcool de la trempé par diminution de la production de l'acide lactique. On démêle en ajoutant une solution aqueuse d'acide sulfureux.

Préparation de la trempé à l'aide de l'acide sulfurique (saccharification par l'acide sulfurique). — Comme, il a été dit, page 200, la transformation en dextrose peut avoir lieu, non-seulement avec la diastase, mais encore avec des acides étendus. Cette méthode de préparation de la trempé 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,

¹ 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, — il propose à sa place le nom d'*agent transformateur de l'amidon* (*Satzmehlumbilder*) ; — mais, dans l'état actuel de la science chimique, il n'y a presque rien à répondre à cette manière de voir, puisque la diastase n'existe pas comme individu chimique. Dans l'industrie, le mot 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.

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.

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 prépare de grandes quantités d'esprit avec le *maïs*¹, et on a aussi essayé de le faire avec le *riz*².

Préparation du moût avec les betteraves. — Lorsqu'on emploie pour la préparation de l'alcool ces 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 trempée 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 tempe 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, elle 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 rang³. 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 0/0 de substance celluleuse étant suffisants pour retenir 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

¹ Voyez Jahresbericht der chem. Technologie, 1861, p. 457; 1868, p. 571; 1869, p. 470.

² *Ibid.*, 1869, p. 473.

³ La fabrication de l'alcool avec les betteraves a été décrite récemment d'une manière très-complète par C. Thiel (Neue landwirthschaftl. Zeitung, 1869, p. 57, 88, 181, 207, 258, 295, 321).

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. Extraction du jus à l'aide de la râpe et de

a. La presse ou de la

b. Force centrifuge dans les turbines ;

β. Extraction du jus par macération (ou par la dialyse) et alors

a. Les cossettes de betteraves sont lessivées avec de l'eau froide ou de l'eau bouillante (procédés de *Siemens* et de *Dubrunfaut*) ;

b. Les cossettes sont lessivées avec les vinasses chaudes de la distillation précédente (procédé de *Champonnois*) ;

γ. D'après le procédé de *Leplay* (et la modification que lui a fait subir *Pluchart*), on soumet les betteraves coupées à la fermentation, sans extraire le jus et sans ajouter de levûre, et l'on distille l'alcool des cossettes fermentées à l'aide de la vapeur d'eau.

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 colonies anglaises le nom de *rhum* (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 du sucre de canne on obtient 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 Angleterre et en Allemagne, on fabrique beaucoup de rhum ordinaire en mettant en fermentation, avec de la levûre, la mélasse étendue des raffineries de sucre, et en distillant le liquide fermenté au bout de 3 ou 4 jours. L'arome particulier du rhum est dû à la présence d'une petite quantité d'un éther à acide gras volatil, l'éther pélagonique.

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 107). Seule, la mélasse de betteraves ne fermente complètement qu'avec beaucoup de difficulté. Mais si l'on détruit préalablement la réaction alcaline de la mélasse, et si l'on transforme le sucre de canne en sucre inverti, en faisant bouillir la mélasse avec de l'acide sulfurique étendu, on peut faire facilement partir la fermentation et la conduire à sa fin. 100 kilogr. de mélasse donnent en moyenne 40 litres d'eau-de-vie. L'odeur repoussante de l'eau-de-vie de betteraves fraîchement préparée (les huiles odorantes de l'eau-de-vie de betteraves se composent d'une petite quantité d'alcool propylique, puis des alcools butylique et amylique, d'acide pélagonique et d'acide caprylique ; en outre, d'après des recherches récentes, il est probable qu'elle renferme un mélange des acides œnantique, capronique et valérianique) finit par disparaître en majeure

partie avec le temps. Le résidu qui reste dans la cucurbité après la distillation de l'alcool est transformé en charbon de vinasse (voyez t. I, page 215). 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 et le marc de raisin.— La préparation de l'alcool du vin par distillation est surtout en usage en France, ainsi qu'en Espagne et en Portugal. On évalue la production annuelle de l'alcool de vin (eau-de-vie française) en France à 450,000 hectolitres d'esprit à 85° et à 400,000 hectolitres d'eau-de-vie à 60°. La quantité 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 vieux fournissent une qualité meilleure que les jeunes, les vins gallisés 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 de bois de chêne, elle dissout une petite quantité des matières colorantes et extractives du bois et prend une coloration jaunâtre. Les meilleures eaux-de-vie sont distillées dans le département de la Charente ; elles portent toutes dans le commerce le nom de *cognac* et elles se distinguent par une saveur aromatique douce toute spéciale, que jusqu'à présent on a vainement cherché à imiter. 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). 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.

B. DISTILLATION DU LIQUIDE VINEUX (DU MOÛT 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 (*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, à. . + 78°,3 — — — 0^m,760.

Comme maintenant le point d'ébullition de l'eau est plus élevé de 21°,7 cent. que celui de l'alcool, on pourrait peut-être croire que, lorsque le moût fermenté est chauffé jusqu'à 80° cent. 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° 3). Lorsque, en chauffant, on a atteint le point d'ébullition du mélange d'alcool et d'eau, soit 90° cent., 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 dirigée 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 liquide, 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 (phlegme) ne renferment plus d'alcool.

Le produit de la distillation, qui se compose d'alcool et d'eau, se nomme *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 acquiert une certaine richesse alcoolique, qui ne peut plus être augmentée par distillation. Les dernières portions d'eau sont retenues si énergiquement par l'alcool que leur élimination par distilla-

tion 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 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 de la blanquette qui passe le premier et qui est très-riche en alcool se nomme *première eau-de-vie* (avant-coulant), celui qui passe ensuite est appelé *eau-de-vie dernière* (après-coulant, repasses). Un alcool rectifié deux fois contient environ 50 0/0 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*.

Appareils distillatoires. — Un *appareil distillatoire* (*alumbic*), 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 36 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 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 condenseur. 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 vapeurs 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 entièrement 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 de 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 (*principe de la rectification*) ;

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 de vapeurs* de manière à ce que la partie la plus riche en alcool reste à l'état de vapeurs, tandis que les vapeurs aqueuses se condensent (*principe de la déphlegmation*).

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 *déphlegmateur*, dans lequel le mélange de vapeurs (les vapeurs de la blanquette) 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*.

L'appareil de *Dorn* (fig. 291) se compose d'une chaudière A, d'un chapeau B, qui à cause de sa grande capacité agit comme déphlegmateur,

d'un réfrigérant D et du vase de cuivre placé entre la chaudière et le réfrigérant ; ce vase est séparé par une cloison horizontale en deux compartiments, dont le supérieur sert d'avant-chauffeur et l'inférieur de rectification (réservoir de la blanquette). Le petit réfrigérant, 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. L'avant-chauffeur 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 de blanquette qui se dégagent de la chaudière pénètrent dans le serpentin *i* et chauffent peu à peu le liquide vineux presque jusqu'à 85°. Lorsque la

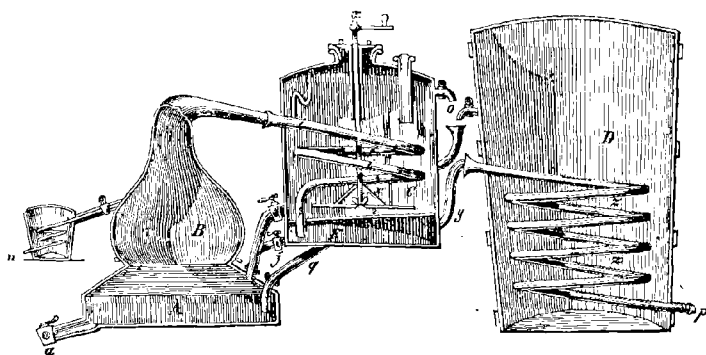


Fig. 291.

distillation est terminée, la vinasse est retirée par *a* et la chaudière est de nouveau remplie avec le moût contenu dans l'avant-chauffeur. Dès que la distillation commence, les vapeurs sont condensées dans le serpentin *i* de l'avant chauffeur et elles se rassemblent sous forme liquide dans le réservoir à blanquette. Lorsque les vapeurs ne sont plus condensées en *i*, ce qui arrive aussitôt que le moût a atteint une certaine température, elles arrivent dans la blanquette et échauffent celle-ci jusqu'à l'ébullition. Les vapeurs formées par cette deuxième distillation (rectification) passent par *y* dans le serpentin *zz* du réfrigérant et elles sortent en *p* à l'état liquide. On continue la distillation jusqu'à ce que le produit ne contienne plus que 35 à 40 0/0 d'alcool ; on essaie ensuite à l'aide du petit réfrigérant si le moût dégage encore des vapeurs alcooliques. Si le produit qui sort en *n* ne renferme pas d'alcool, on doit regarder la distillation comme terminée. La chaudière est vidée, puis de nouveau remplie à l'aide de *l* avec le liquide de l'avant-chauffeur, celui-ci est chargé avec de nouveau moût et la distillation est recommencée. Le liquide qui se trouve dans le réservoir à blanquette coule dans la chaudière par le tuyau *j* ou *q*. Ainsi qu'il résulte de la description et du dessin, l'appareil de *Dorn* ne contient pas de

déphlegmateur véritable, et en outre il n'a qu'une chaudière. C'est pourquoi on l'emploie maintenant plutôt pour l'extraction de l'alcool des 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

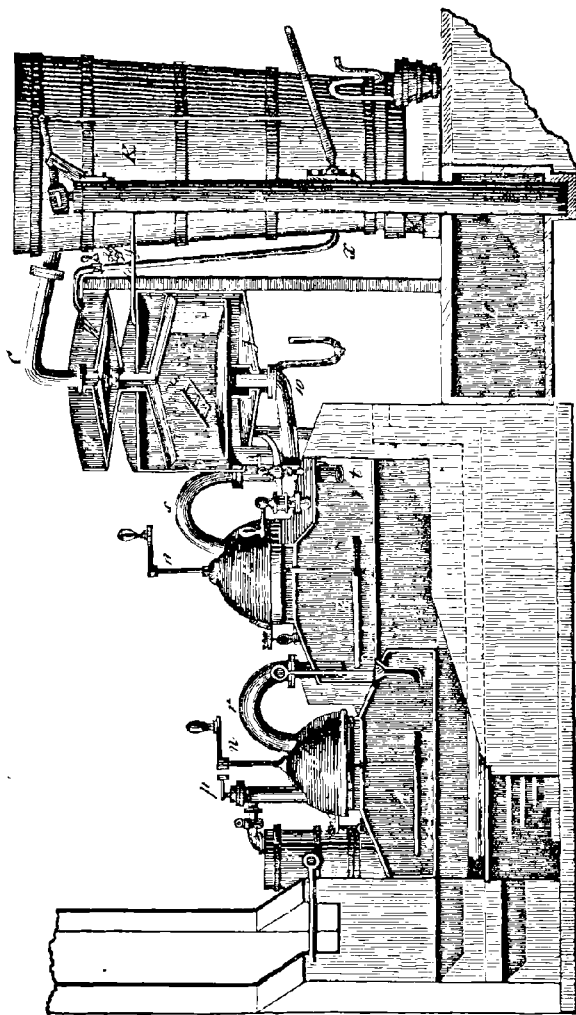


Fig. 202.

plus convenable les rectificateurs et les déphlegmateurs 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. 292) 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 des agitateurs *m* et *n*, ceux-ci se composent de tiges de fer munies d'une 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 qui 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 de blanquette dans la deuxième chaudière dans laquelle il descend très-bas. Le tuyau *s*, qui part du chapiteau F de cette dernière chaudière, amène les vapeurs dans l'*avant-chauffeur du moût*, 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 *déphlegmateur* 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 déphlegmateur consiste en deux ou trois cônes tronqués en cuivre superposés et unis les uns aux autres (les bassins) et il porte inférieurement un vase plat rempli d'eau W. Les bassins communiquent ensemble au moyen d'un tube, et ils portent dans leur 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 déphlegmateur, le petit tube *y* sur l'*avant-chauffeur*. A l'aide de la pompe P on fait monter le moût du réservoir L dans l'*avant-chauffeur*. De celui-ci le moût passe dans la deuxième chaudière et de celle-ci dans la première. Tout d'abord on remplit de moût les deux chaudières et l'*avant-chauffeur*; cela fait, on chauffe la première chaudière, soit à feu nu,

soit à la vapeur. Les vapeurs qui se dégagent de la chaudière A passent à travers le moult 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 l'avant-chauffeur abandonnent très-prompement celui-ci pour se rendre vers le déphlegmateur. 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 déphlegmateur et se dirigent vers le réfrigérant. 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 il 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

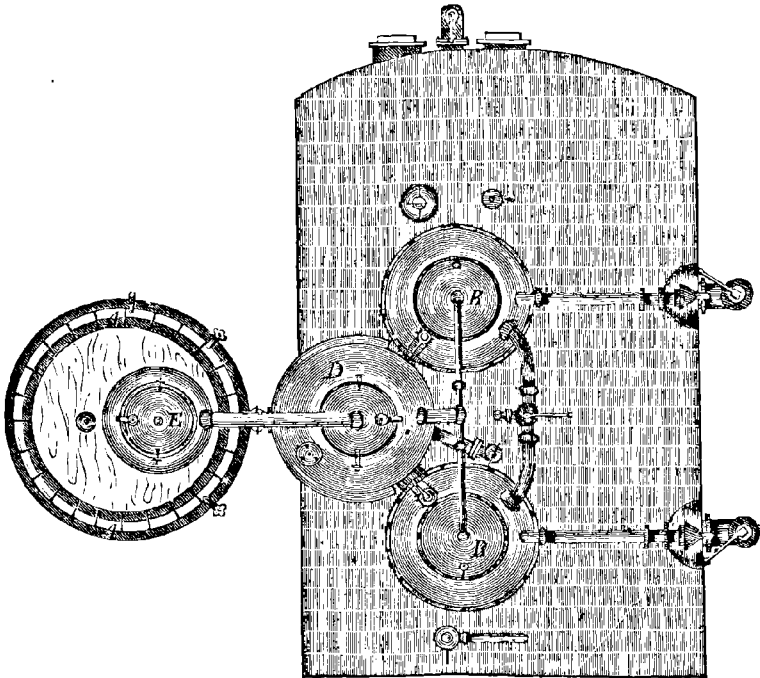


Fig. 293.

pour la distillation des moult fermentés, la vapeur de blanquette est de force inégale, et celle-ci va en diminuant vers la fin de l'opération. Dans

l'appareil de *Gall* ou *appareil à bain-marie* (fig. 293 et 294), 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 blanquette (séparateur), comme dans les autres appareils distillatoires ; mais la manière

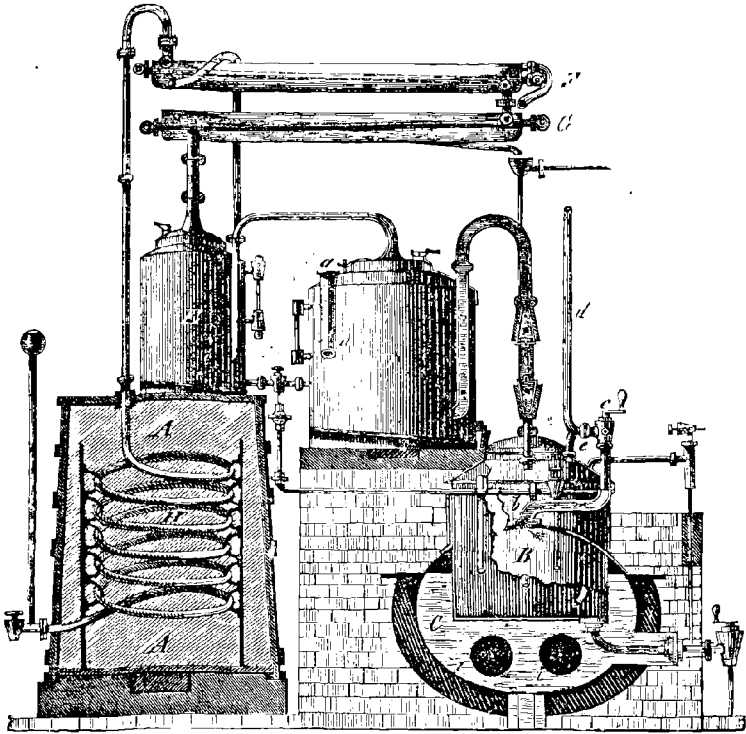


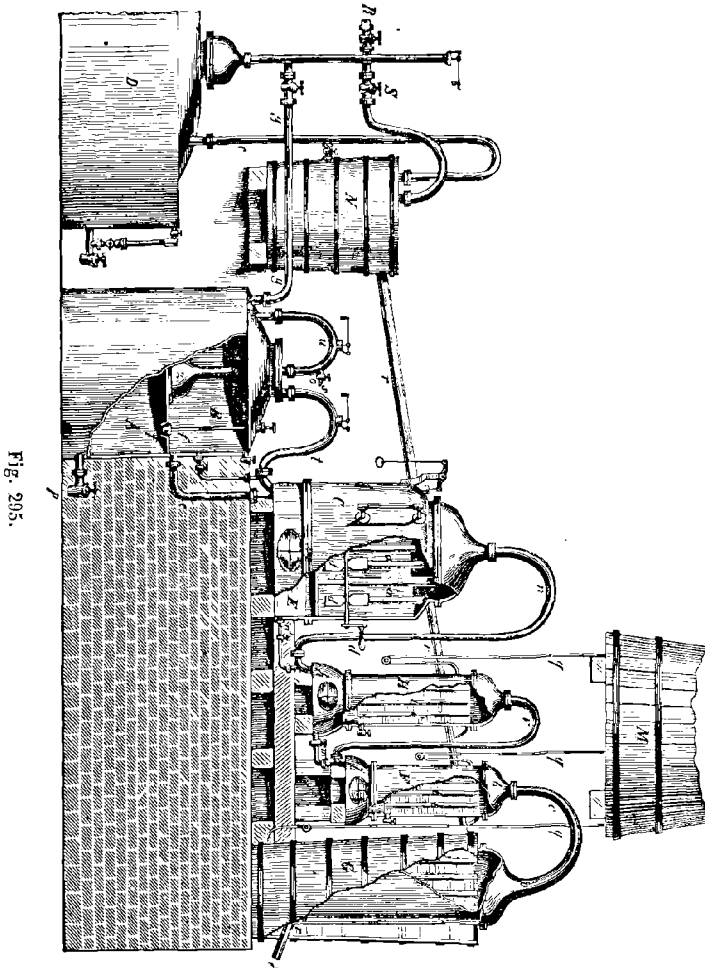
Fig. 294.

dont ce rapport est établi offre un caractère particulier. 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 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 blanquette, F et G sont deux déphlegmateurs ; 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 avant-chauffeur 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 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 blanquette E, et après avoir traversé les deux déphlegmateurs 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 mise exclusivement en communication avec 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.

Appareil de Schwarz. — L'appareil construit par *Schwarz* est celui qui est le plus employé dans l'Allemagne sud-ouest. Il se compose (fig. 295) de la chaudière à vapeur D, des deux cucurbites à moût A et B, de l'avant-chauffeur C avec le réservoir à blanquette 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 *g* dans le compartiment inférieur A de la double cucurbite et traverse le moût chauffé qu'elle renferme; elle s'accumule ensuite, déjà mélangée avec des vapeurs alcooliques, dans le chapiteau L, pour suivre, en passant par le tube du chapiteau *u*, une marche analogue à travers le compartiment supérieur de la double cucurbite, et de là, après avoir subi une double rectification, elle est amenée par le tube *t* dans l'avant-chauffeur C, dont la partie supérieure agit comme déphlegmateur et qui est muni de tubes *a, a, a*, qui sont refroidis avec du moût; le phlegme qui s'y condense se rassemble dans le réservoir à blanquette E agissant comme rectificateur. La vapeur, qui s'échappe du compartiment supérieur de la cucurbite, traverse le réservoir E et pénètre par les tubes *a, a* dans le chapiteau pour passer ensuite dans le tuyau *n*, qui pénètre dans le vase H continuellement refroidi avec de l'eau. Là se continue la déphlegmation. De H la vapeur se dirige par *v* vers F, appareil qui est disposé à peu près comme l'avant-chauffeur C, mais qui offre des dimensions plus petites, parce que ici la quantité de la vapeur a déjà subi une diminution en rapport avec l'augmentation de sa richesse alcoolique; les tubes déphlegmateurs de cette partie de l'appareil ne sont pas entourés de moût, mais avec de l'eau, qui est incessamment renouvelée. La vapeur, qui arrive dans le chapiteau *b* et dans le tube *c*, est déjà assez concentrée pour être dirigée immédiatement vers le réfrigérant G; le produit de la distillation s'écoule en *i*. Le liquide vineux à distiller est d'abord introduit dans l'avant-chauffeur C, où il est maintenu à l'aide de l'agitateur *dd* à une consistance et à 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 rassemble aussi le phlegme provenant des autres parties de l'appareil.

reil; le phlegme coule en effet, par les tubes *m'* et *n'*, des compartiments *h* et *l* des deux rectificateurs H et F et il passe de là dans le compartiment supérieur de la double cucurbite, où il se mêle avec le moût. Dès que le moût a abandonné tout son alcool, ce que l'on reconnaît en es-



sayant l'inflammabilité des vapeurs au robinet *o*, 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-moût n'est pas très-convenable, le liquide condensé dans le réservoir à blanquette 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 déphlegmateur 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 296 dans la modification qui convient pour la préparation de l'esprit-de-vin. 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*; l'avant-chauffeur et le déphlegmateur sont construits d'après *Siemens*. L est la chaudière à vapeur, P l'une des cucurbites à moût, K est le réservoir à blanquette, R l'avant-chauffeur, A le réservoir pour la blanquette qui est destinée à l'alimentation de la chaudière à vapeur, E le déphlegmateur, B le réservoir pour les vapeurs condensées en C. Du déphlegmateur 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 coction de 5000 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 cinquième partie du poids des pommes de terre, par conséquent à 1000 kilogr., ce qui fait par heure 333 kilog., 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, la blanquette ne retourne pas dans les chaudières à moût, et celles-ci se trou-

vant 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 *e*. Dans le cylindre se trouve la partie inférieure plus étroite *oo* du réservoir à moût proprement dit, ainsi que le tube de chauffe *bn*. La partie supérieure de l'avant-chauffeur est unie avec l'infé-

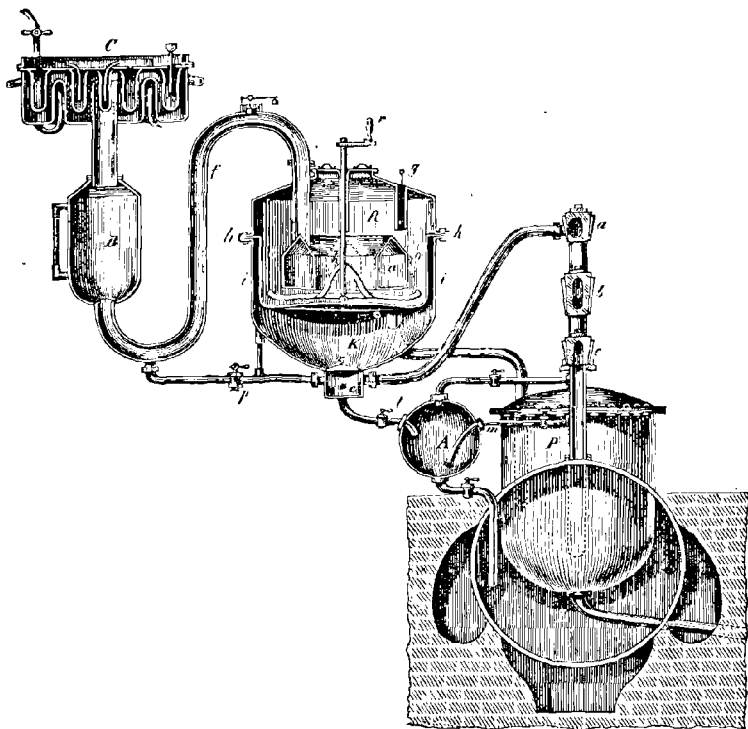


Fig. 296.

rieure au moyen de l'anneau *hh*; *A* est un agitateur qui est animé d'un mouvement continu pendant la distillation. Les vapeurs de la deuxième cucurbite sont dirigées au-dessous de l'avant-chauffeur dans l'excavation *e*, qui est recouverte d'un crible *c*, afin que les vapeurs arrivent au contact du phlegme. 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 déphlegmateur. Le phlegme qui se rassemble dans le réservoir à blanquette est dirigé dans le réservoir *A*. Les parties supérieure et inférieure de l'avant-chauffeur sont en fonte, il n'y a que le fond intérieur et les surfaces de chauffe qui soient en cuivre. Cet avant-chauffeur a sur les autres appareils analogues l'avantage de distribuer uniformé-

ment 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 déphlegmateur 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.

Appareils à distillation continue. — 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 *Derosnes* et qui fait époque dans l'histoire de la fabrication de l'esprit-de-vin. Il se compose (fig. 297) de deux chaudières A et A', du premier rectificateur B, du deuxième rectificateur C, du chauffe-vin et du déphlegmateur 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 de blanquette qui se dégage arrive dans les deux rectificateurs au contact du vin qui descend sous forme d'un courant continu, ce qui produit une déphlegmation; 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 à l'avant-chauffeur 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 foyer. Au moyen du tube R' 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 à ce 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 contact très-intime avec les vapeurs. Dans le deuxième rectificateur c se trouvent six compartiments; dans le milieu des cloisons horizontales, qui séparent 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 la blanquette et de surmonter une pression équivalente à une colonne liquide d'environ 2 centimètres. L'avant-chauffeur et le déphlegmateur D consistent en un cylindre horizontal en cuivre, qui contient un serpentin à spires verticales; le tube M communique avec ce serpentin dont l'autre extrémité débouche dans le tube O. Dans les spires se rassemble un phlegme, dont la richesse alcoolique est la

plus forte dans les spires antérieures et qui va en diminuant dans les postérieures; il se rassemble dans la partie inférieure de chaque spirale, et, au

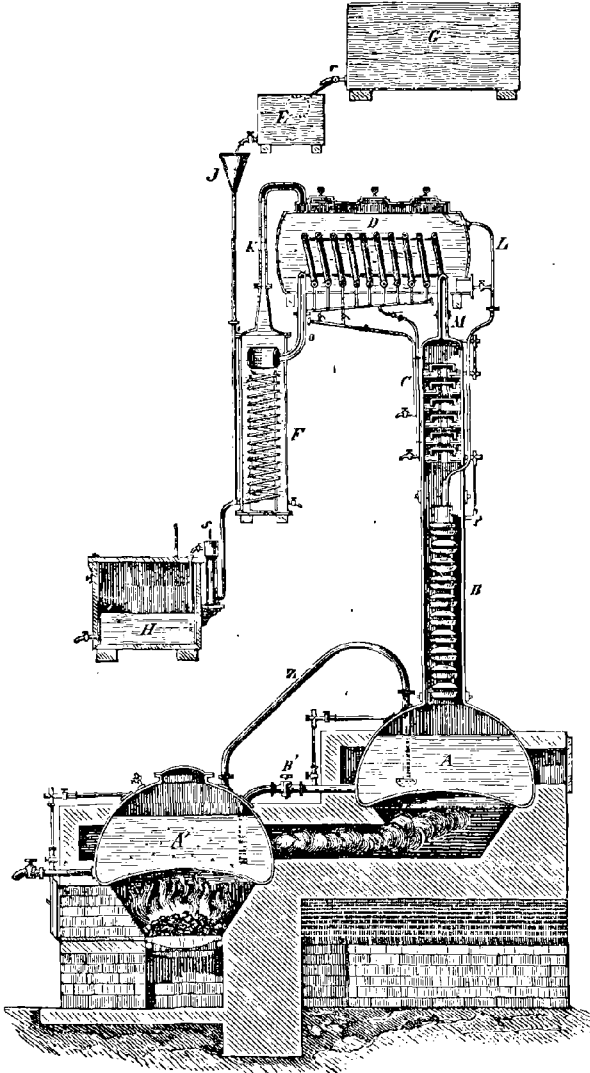


Fig. 297.

moyen d'ajutages, il est conduit 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 déphlegmateur dans le réfrigérant F. Le rectificateur 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 déphlegmateur 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 E, de sorte que le tube J, le réfrigérant F et le déphlegmateur se remplissent de vin. On chauffe le vin de la chaudière A' jusqu'à l'ébullition ; les vapeurs se dégagent par le tube L, 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 de blanquette se dirigent vers le premier rectificateur B et vont de là dans le serpentín du déphlegmateur D, où une grande partie se condense ; le phlegme retourne dans le rectificateur. Dès que l'avant-chauffeur est chauffé de manière à ce que la main ne puisse plus supporter la chaleur du vin 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 dans l'avant-chauffeur, 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 robinet R et l'on ouvre le robinet R' 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 N muni d'un aréomètre et de là en H. 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 serpentín contenu dans le déphlegmateur 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 par la figure 298) offre aussi un grand intérêt. Si 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 à ce 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 déphlegmation 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

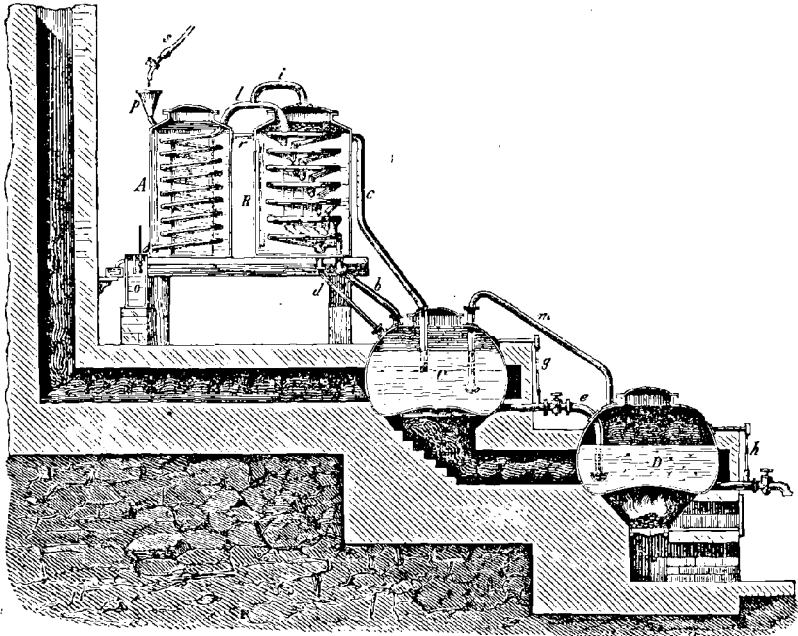


Fig. 298.

se trouve la première chaudière D ; dans la chaudière C le liquide éprouve une rectification et la vinasse passe par le tube *c* dans la chaudière D. *m* est le tube qui conduit les vapeurs de D dans la chaudière C, le tube *b* amène les vapeurs alcooliques dans le déphlegmateur. Par le tube *d* le phlegme arrive dans la chaudière C ; *b* 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 déphlegmateur dans le réfrigérant, *i* les vapeurs produites en B dans le serpentín. 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 con-

densées retournent dans la chaudière A. En augmentant ou en modérant l'ébullition dans la première chaudière par l'écoulement du vin, on peut régler le refroidissement des vapeurs dans le déphlegmateur 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 299 montre un ap-

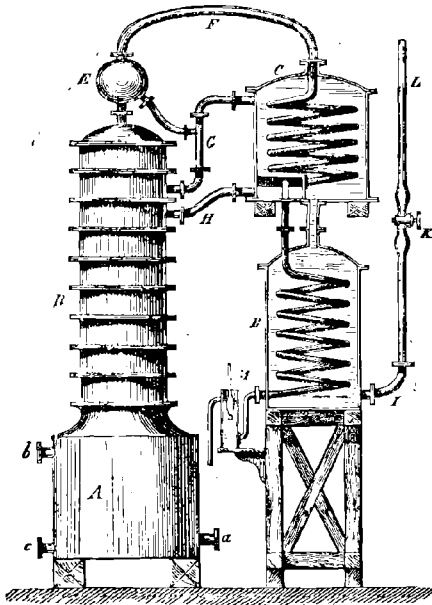


Fig. 299.

pareil 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 de 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 déphlegmateur dans lequel descend d'une manière continue le liquide à distiller, tandis que la vapeur de blanquette, qui se dégage de A, s'y élève sans interruption. La disposition donnée à l'intérieur du déphlegmateur 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 déphlegmateur, 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 E, de là par G dans le déphlegmateur et enfin dans le cylindre A.

Élimination des huiles odorantes ou essences. — Comme on l'a fait remarquer page 206, 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 amylique, qui communiquent à l'alcool des propriétés 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 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.

Toutes les huiles odorantes ont cela de commun, qu'elles sont beaucoup moins volatiles que l'eau et l'alcool, et c'est pour cela que, dans l'extraction de l'eau-de-vie, elles ne passent en grande quantité que vers la fin de la distillation, tandis que, lorsqu'on prépare de l'alcool, elles sont généralement contenues dans les produits de condensation des déphlegmateurs. Une partie de l'huile odorante passe avec l'eau-de-vie ou l'alcool et ne peut en être séparée qu'avec de très-grandes difficultés. L'*huile odorante de l'alcool de pommes de terre* se compose essentiellement d'alcool amylique ($C^3H^{12}O$), 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 133°. 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 ($C^5H^{12}O$). 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.

Pour un grand nombre d'usages l'alcool de pommes de terre ne peut pas être employé sans avoir été préalablement débarrassé de l'huile odorante qu'il renferme. Les procédés qui ont été proposés dans ce but consistent à décomposer l'huile odorante par oxydation ou chloruration, ou à masquer sa présence et à la transformer en combinaisons d'une odeur moins désagréable ou bien encore à effectuer une élimination véridable. 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 acé-

tique, de l'acétate d'amyle $\left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ C^5H^{11} \end{matrix} \right\} O$, 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, 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 séparer la poussière. Avec le charbon granulé on remplit un cylindre de cuivre dont les deux fonds sont percés de trous, et on le dispose dans l'appareil entre le déphlegmateur et le rectificateur de manière à ce 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 kilog. 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. 300) se compose essentiellement d'un vase A en forme de chapiteau,

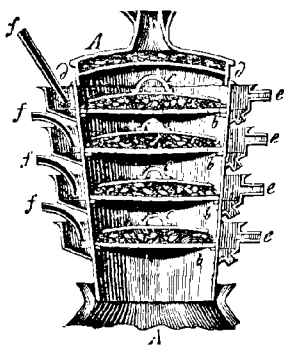


Fig. 300.

dans lequel sont disposées les cloisons percées de trous *b, b, b*; sur chaque cloison se trouve une couche de charbon, sur laquelle est placé un couvercle *c*. Le tout est fermé avec un chapeau qui contient la couche de charbon *d, d*. 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*, 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 déphlegmation.

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 substance brute, 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 de la trempe, 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 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.

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 — —

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 130 et 132) 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 il perd de son poids une quantité qui est précisément égal 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 le moyen légal employé dans le Zollverein 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. (= 13° cent.). 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 150° cent. ; ses indications diffèrent très-peu de celles de l'aréomètre de *Tralles* ¹.

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 comparaison des échelles de *Tralles* et de *Richter* entre elles et avec les richesses centésimales réelles et les poids spécifiques correspondants, à la température de 13° cent. :

RICHESSE ALCOOLIQUE centésimale EN VOLUME, d'après GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE à 13° CENTIGR.	RICHESSE ALCOOLIQUE centésimale EN VOLUME, d'après GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE à 150 CENTIGR.	RICHESSE ALCOOLIQUE centésimale EN VOLUME, d'après GAY-LUSSAC.	POIDS SPÉCIFIQUE à 150 CENTIGR.
0	1,0000	34	0,9608	68	0,8966
1	0,9985	35	0,9594	69	0,8932
2	0,9970	36	0,9581	70	0,8907
3	0,9956	37	0,9567	71	0,8882
4	0,9942	38	0,9553	72	0,8857
5	0,9929	39	0,9538	73	0,8831
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	45	0,9440	79	0,8672
12	0,9844	46	0,9422	80	0,8645
13	0,9833	47	0,9404	81	0,8617
14	0,9822	48	0,9386	82	0,8589
15	0,9812	49	0,9367	83	0,8560
16	0,9802	50	0,9348	84	0,8531
17	0,9792	51	0,9329	85	0,8502
18	0,9782	52	0,9309	86	0,8472
19	0,9773	53	0,9289	87	0,8442
20	0,9763	54	0,9269	88	0,8411
21	0,9753	55	0,9248	89	0,8379
22	0,9742	56	0,9227	90	0,8346
23	0,9732	57	0,9206	91	0,8312
24	0,9721	58	0,9185	92	0,8278
25	0,9711	59	0,9163	93	0,8242
26	0,9700	60	0,9141	94	0,8206
27	0,9690	61	0,9119	95	0,8168
28	0,9679	62	0,9096	96	0,8128
29	0,9668	63	0,9073	97	0,8086
30	0,9657	64	0,9050	98	0,8042
31	0,9645	65	0,9027	99	0,8006
32	0,9633	66	0,9004	100	0,7917
33	0,9621	67	0,8980		

¹ Voyez, pour plus de détails, *Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, traduit de l'allemand par *L. Gautier* (page 694 et suivantes).

POIDS SPÉCIFIQUE.	RICHESSE EN POIDS RÉELLE.	RICHESSE CENTÉSIMALE EN POIDS D'APRÈS RICHTER.	RICHESSE CENTÉSIMALE EN VOLUME D'APRÈS TRALLES.
0,990	4,99	5	6,23
0,981	11,11	10	13,73
0,972	18,12	15	22,20
0,964	24,83	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	53,66
0,915	51,02	45	58,82
0,906	54,85	50	62,65
0,899	60,34	55	67,96
0,883	64,79	60	72,12
0,872	69,79	65	76,66
0,862	74,66	70	80,36
0,850	78,81	75	84,43
0,838	83,72	80	88,34
0,827	88,36	85	91,85
0,815	92,54	90	95,05
0,805	96,77	95	97,55
0,795	99,60	100	99,75

Les alcoomètres généralement employés chez nous, 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'on 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'eau-de-vie et l'agriculture et surtout l'alimentation du bétail des rapports extrêmement importants. La fabrication de l'eau-de-vie 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 brute, 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 brutes 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 diffèrent 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 brutes 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 pectiques, 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 p. 100 de substance sèche. Cette variabilité dans la teneur en substance sèche dépend de la variation de composition de la matière brute, 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, dans lesquelles la proportion relative de substance sèche et d'eau était pour I 1 : 7, 3, pour II 1 : 6, pour III 1 : 4,08, pour IV 1 : 4, pour V 1 : 3 :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Substances non azotées.....	2,78	3,23	3,08	4,14	5,31
Substances protéiques.....	0,82	1,04	1,26	1,39	1,78
Cellulose.....	0,46	0,43	0,94	0,78	1,00
Cendre.....	0,52	0,59	0,72	0,79	1,01
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 kilogr. de vinasse de pommes de terre comme équivalents à 50 kilogr. de foin.

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 ne puisse pas produire celle-ci autrement que par la fermentation alcoolique, on cherche cependant à faire de la levûre le produit principal et à diriger la fermentation de manière à atteindre ce but. La fabrication de la levûre pressée est toujours combinée, et c'est ce qu'il y a de plus convenable, avec la préparation de l'eau-de-vie.

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 (voyez page 184). 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 albumi-

noïdes 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 trempé avec de la vinasse claire. Pour 100 kilogr. de grain moulu on ajoute 500 gram. de carbonate de sodium et ensuite 350 kilogr. d'acide sulfurique étendu d'eau et l'on met la trempé 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 0/0 (et même quelquefois 24 0/0) 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 aurait également la même action favorable, 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 kilogr. de levûre faite la quantité fournie par 100 kilogr. 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 0/0 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.

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 (procédé analogue à celui que l'on emploie pour préparer la bière désignée en Allemagne sous le nom de *Kräusenbier*, voyez page 184); 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 trempe du lendemain en fermentation; 3° dès que dans la trempe 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 trempe 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.

Impôt sur l'alcool. — D'après les principes actuellement prédominants dans la législation de l'impôt, l'eau-de-vie apparaît comme un objet particulièrement propre à subir l'impôt indirect¹, parce que son usage, lorsqu'il passe à l'abus, entraîne à sa suite des conséquences funestes, et le désir de pouvoir mettre des bornes à la consommation au moyen d'un droit élevé amenant une augmentation de prix semble par cela même parfaitement justifié. L'impôt de l'eau-de-vie (ou de l'alcool) atteint la *fabrication* ou la *consommation*. L'imposition de la consommation est à peine praticable et elle est tout aussi incommode pour les consommateurs que coûteuse pour l'État. Le contrôle est beaucoup plus facile et il faut un personnel moins nombreux, si l'on impose non pas la consommation, mais la fabrication. Pour établir ce mode d'imposition, on peut s'adresser :

1° A la *matière brute* (matière amylacée comme les céréales et les pommes de terre, betteraves à sucre, marc de raisins, fruits à noyaux et et à pepins, lie de vin), et dans ce cas il faut prendre en considération sa richesse moyenne en substance sèche ou en corps alcooligènes (amidon, ou sucre ou alcool)² ;

2° A la *trempe*, dont on considère seulement la *quantité* ou en même temps la qualité et la consistance ;

¹ Parmi les impôts indirects, l'impôt de l'eau-de-vie est un des mieux justifiés, non pas qu'il puisse faire, comme on serait tenté de le croire, que l'on boive moins de ce liquide, — car, pour arriver à ce résultat, l'impôt sur l'eau-de-vie devrait s'élever jusqu'à devenir un droit prohibitif, — mais parce que l'eau-de-vie est consommée par portions plus petites que toutes les autres boissons et que, par conséquent, le montant de l'impôt sur chaque volume consommé en une fois est extrêmement minime.

² Dans la Bavière et le Wurtemberg, on n'impose que le malt, mais non les pommes de terre qui servent pour la fabrication de l'eau-de-vie.

3° Au *produit* lui-même, et alors on détermine sa richesse, c'est-à-dire la quantité d'alcool absolu qu'il renferme ;

4° Au *temps*, qui est nécessaire pour la fermentation d'une quantité déterminée de trempé et pour la distillation d'un volume déterminé de masse fermentée.

Impôt sur le produit. — L'imposition du *produit* est sans contredit non-seulement le mode d'imposition le plus juste et le plus rationnel, mais encore le seul qui soit désormais possible, si l'alcool des distilleries venait à trouver un concurrent réel dans l'esprit obtenu par voie synthétique (au moyen du gaz d'éclairage) ou même dans l'alcool préparé avec la cellulose (comme celui que l'on obtient maintenant comme produit accessoire dans la fabrication du papier de bois). Elle n'apporte aucune difficulté dans l'exploitation de la distillerie, elle ne limite pas l'industriel dans le choix de ses matières brutes et en outre elle atteint tous les fabricants proportionnellement à la quantité qu'ils produisent. Mais elle a aussi son côté faible, elle ne pousse pas, comme les autres modes d'impôt, le distillateur à s'occuper d'apporter des perfectionnements à son industrie, tandis qu'il importe au distillateur dont la matière brute, la trempé et le temps sont imposés de produire dans le temps le plus court la plus grande quantité d'alcool et de perfectionner la méthode; comme toute augmentation ou diminution du rendement en alcool augmente ou diminue l'impôt, le distillateur dont le produit est imposé n'a aucun intérêt, relativement à la cote de l'impôt, à travailler rationnellement ou irrationnellement; si la quantité d'alcool qu'il obtient par sa méthode de distillation est faible, il paie un impôt moins fort et réciproquement. Un autre inconvénient de l'imposition du produit est la facilité avec laquelle la fraude peut être faite; les percepteurs des impôts sont par suite obligés de prendre également note de la fabrication dans toutes ses phases pour acquérir la certitude qu'il n'a été produit ni plus ni moins d'eau-de-vie que la quantité imposée. Ce mode d'imposition, très-parfait au point de vue théorique, devient pour le distillateur gênant et importun; en Angleterre, c'est le mode d'imposition légal. Dans la Confédération de l'Allemagne du Nord, on prélève (d'après la loi du 8 juillet 1868) un impôt de 1 *Silbergroschen* 9/16 (= 0 fr. 187) par *Quart* (= 1 lit. 145) d'eau-de-vie à 50° Tralles, si celle-ci a été préparée avec des pommes de terre et des céréales.

Impôt sur la matière brute. — L'imposition de la *matière brute*, pour être établie avec justice, offre de grandes difficultés, parce qu'alors il faut prendre en considération non-seulement la quantité en poids, mais encore l'élément qui forme l'alcool. Il faut tout d'abord déterminer exactement quel rendement en alcool est fourni par une quantité déterminée de la matière brute à mettre en œuvre. Comme maintenant il n'est pas possible, en se basant sur l'essai d'une petite portion de matière brute prélevée sur la masse totale, de tirer une conclusion exacte sur la qualité de cette masse, il en résulte que le contrôle du volume de la trempé

devient nécessaire. D'un autre côté ce mode d'imposition exige un personnel qui, le cas échéant, soit en état d'effectuer des essais de la matière brute (analyse chimique par les pesées ou la méthode volumétrique), même avec une grande exactitude. Comme la matière brute (les pommes de terre et les céréales, les betteraves moins facilement) peut être assez facilement soustraite à l'imposition, la fraude est ici également inévitable et l'autorité est forcée de surveiller aussi la fabrication. Bien que ce mode d'imposition ne soit encore nulle part en usage, il a cependant de l'avenir, parce qu'il s'accorde avec les exigences de la science, qui veut que l'on obtienne d'une quantité déterminée de matière brute le rendement maximum et qu'ainsi une vive impulsion est donnée pour les perfectionnements à apporter dans l'industrie de l'alcool. Dans la Confédération de l'Allemagne du Nord (loi du 8 juillet 1868), on prélève un impôt sur toutes les matières brutes non amylacées employées pour la fabrication de l'eau-de-vie ; cet impôt s'élève par *Eimer* (68 lit. 700) :

α. Pour le marc de raisins et les fruits à pépins à 4 *Silbergroschen* (48 centimes) ;

β. Pour le vin, le cidre, le poiré, la levûre et les fruits à noyau à 8 *Silbergroschen* (96 centimes).

Droit de brûlerie. — Le droit de brûlerie ou impôt du distillateur est basé sur l'imposition du temps. Si l'on connaît tous les appareils qui dans une distillerie sont nécessaires pour la fabrication de l'alcool, on peut facilement et avec une certitude assez grande, tirer des conclusions sur la quantité de l'alcool produit, ainsi que sur le temps qui a été nécessaire pour la distillation ; et ce temps peut être contrôlé tout aussi facilement et aussi exactement. En établissant un impôt fixe sur l'espace de temps pris pour unité, qui suffit exactement pour la distillation, on oblige le distillateur à séparer de la matière brute travaillée la plus grande quantité d'alcool dans le temps le plus court ; plus l'impôt est élevé, plus le problème devient important pour le distillateur, problème dont la solution est une récompense offerte par l'autorité pour la meilleure utilisation du temps si précieux. L'adage anglais, *times is money*, est dans l'industrie rarement démontré d'une manière aussi évidente que dans le cas précédent. Les fabricants d'alcool ont fait tout leur possible pour mériter la récompense, et les distilleries d'eau-de-vie auraient dû depuis longtemps entrer dans cette voie, si les autorités avaient veillé rigoureusement à l'application de l'impôt du temps.

Impôt sur la trempé. — Afin de pouvoir laisser subsister les distilleries d'eau-de-vie comme industries agricoles à côté des fabriques d'alcool du temps actuel, on a senti la nécessité d'un autre moyen pour la fixation de la quantité d'alcool produit. Ce moyen s'est trouvé dans la détermination du volume qu'occupe la trempé pendant la fermentation. Ce mode d'imposition porte le nom d'*impôt de la trempé*. Dans quelques pays du Zollverein c'est le mode d'imposition légal, et en réalité il existe des raisons importantes pour qu'on doive le préférer à d'autres. Une des raisons

principales, c'est la difficulté de faire la fraude avec la trempe en fermentation. Malheureusement l'intérêt fiscal est mis au second plan vis-à-vis des exigences de la science, car, dans tous les pays où l'impôt de la trempe est prélevé, le distillateur n'a plus pour but de produire avec une quantité donnée de trempe la plus grande quantité d'alcool, mais d'obtenir du plus petit volume de trempe le rendement le plus élevé en alcool. Mais la marche normale de la saccharification ainsi que de la fermentation de la trempe saccharifiée dépend d'un certain degré de dilution qui ne doit pas être dépassé sans qu'il en résulte une perte en alcool. Tandis que la pratique rationnelle exige une certaine dilution de la trempe, l'imposition force d'utiliser aussi complètement que possible le volume imposé, c'est-à-dire de travailler avec une trempe aussi concentrée que possible. Il résulte de là que dans la pratique c'est la méthode de la trempe épaisse avec toutes ses conséquences qui doit être préférée : « les appareils distillatoires recevraient de nombreuses améliorations et une disposition plus convenable, les progrès de l'industrie de l'alcool considérée dans toutes ses parties seraient cependant probablement plus grands, si l'immixtion de l'autorité dans l'exploitation, la division du temps, la durée de la fermentation, les dimensions des appareils, etc., n'étaient pas une source de grandes difficultés. » L'impôt de la trempe est plus avantageux pour la distillerie en grand que pour les petites distilleries agricoles. Non-seulement l'introduction d'appareils à vapeur pour le chauffage et la distillation, ce qui permet de travailler une trempe très-épaisse, ne peut avoir lieu que lorsque la distillerie a une certaine importance, mais encore l'installation de ces appareils devient moins coûteuse à mesure que les frais d'entretien et d'amortissement se répartissent sur une quantité d'alcool plus grande. Les distilleries à marche continue sont donc déjà pour cette raison plus avantageuses que celles qui ne brûlent que pendant l'hiver, comme les petites distilleries agricoles, qui ont seulement pour but essentiel d'utiliser plus avantageusement les pommes de terre qu'elles produisent elles-mêmes. En agriculture, les résidus des distilleries, la vinasse, ont comme nourriture pour les porcs et les bœufs une si grande importance, que fréquemment leur production occupe la première place comme produit principal, tandis que l'eau-de-vie ne constitue qu'un produit secondaire.

PRÉPARATION 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 être 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 tempé-

rature ordinaire une sorte de gâteau, qui contient inaltérés et à l'état insoluble les 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 présente 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 sucre de raisin, 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 p. 100 d'humidité dans la farine telle qu'on l'emploie ordinairement pour la préparation du pain.

Les matières brutes 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.....	1,34	1,56	1,20	1,24
Mucine.....	1,76	2,92	3,60	3,25
Caséine.....	0,37	0,90	1,34	0,15
Fibrine.....	5,19	7,56	8,24	14,84
Gluten.....	3,50	—	—	—
Gomme.....	6,25	4,10	6,33	2,81
Matière grasse.....	1,07	1,80	2,23	5,67
Amidon.....	63,64	64,28	53,15	58,13
Sucre.....	2,33	3,46	3,04	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 la farine de maïs, de pois, de haricots, etc.

Les principales phases de la préparation du pain sont les suivantes :

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 les 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), suivant que l'on veut préparer du pain noir ou du pain blanc.

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 qu'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'il s'agit de préparer du pain blanc, 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° cent.

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 nor-

male. 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 se lève de nouveau (apprêt). En général, cette fermentation s'effectue dans des corbeilles ou des toiles que l'on saupoudre avec un peu de rémouillage 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 0/0 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.

Pétrisseurs 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 y 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 *pétrisseurs mécaniques* ne soient pas d'un emploi général, ils ont cependant été adoptés dans toutes les boulangeries où ne se prépare qu'une seule espèce de pain. Parmi les nombreux pétrisseurs mécaniques proposés jusqu'à ce jour nous citerons seulement celui de *Clayton* (fig. 301). Les éléments de la pâte sont introduits dans le pétrin cylindrique A ; celui-ci repose sur le support *bb* au moyen des tourillons creux *c* et *d*, qui tour-

nent sur les coussinets *c*. A l'intérieur du cylindre se trouve un châssis *f*, 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

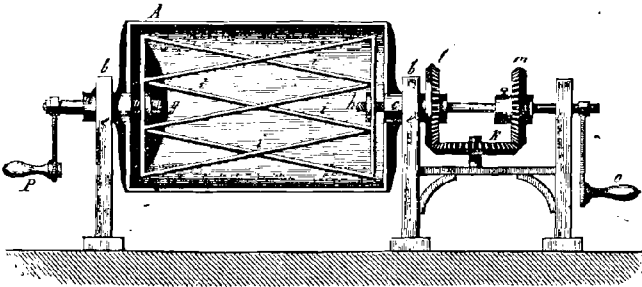


Fig. 301.

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.

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 de tôle ou de 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 302 montre la coupe verticale d'un four de ce genre dont la sole

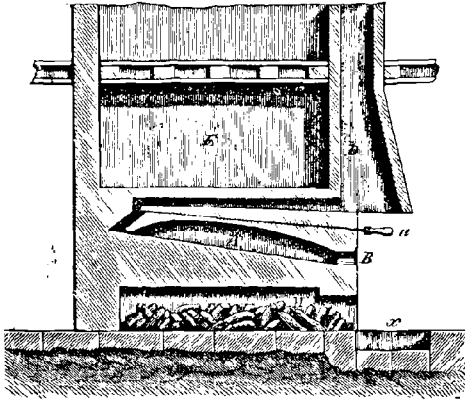


Fig. 302.

est représentée par la figure 303. La sole A, inclinée d'arrière en avant, a une largeur de 3 m. 10 et une longueur de 4 mètres et elle est recouverte d'une voûte qui s'élève à 50 centimètres au-dessus. La gueule est large de 80 centimètres ; e, e, e sont des carneaux par lesquels les gaz de la combustion sont amenés dans la cheminée D et qui peuvent être fermés par un tiroir u. Au-dessous du four se trouve un espace destiné 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°.

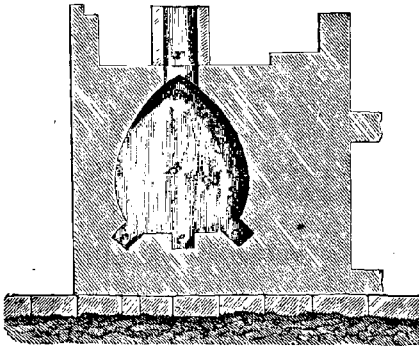


Fig. 303.

Avant l'enfournement on imbibé la surface des pains avec de l'eau dans laquelle 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 tempé-

rature 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.

Succédané 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 celluleux, 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 qui 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 aériforme 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'ammo-

nium, 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 kilogr. de farine on prend 1 kilogr. de bicarbonate de sodium, 4 kilogr. 250 d'acide chlorhydrique d'un poids spécifique de 1,063 (= 9°,5 Baumé = 13 0/0 ClH), 1 kilogr. 750 à 2 kilogr. de sel marin et 79 à 80 litres d'eau; on obtient 150 kilogr. de pain ¹. La poudre de *Horsford* (*yeastpowder*) 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 443 grammes de chlorure de potassium). Pour 100 kilogr. de farine on emploie 2 kilogr. 600 de poudre acide et 1 kilogr. 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 kilogr. de farine 10 à 12 0/0 de pain en plus de ce que donne au maximum 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 boulangé 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 *Daughish* et *Bonsfield* se sont occupés de la préparation du pain à l'aide de l'acide carbonique (pain aéré, *araeted-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 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

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 33 cent. cubes de l'acide; le pain doit conserver une réaction très-faiblement acide.

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 alcooliques de la fermentation, 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 kilog. de farine donnent, suivant la qualité de celle-ci, de 125 à 135 kilog. de pain.

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 kilogr. de farine de froment se combinent avec 50 kilog. d'eau et donnent 150 kilog. 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

D'après *Heeren*, 100 kilog. de farine de froment donnent au moins 125 à 126 kilog. de pain, et 100 kilog. de farine de seigle en fournissent 131 kilog. Le pain de froment frais contient 9 0/0 de dextrine 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 rassi. 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 rassi contient tout autant d'eau que le pain frais. Ce changement consiste seulement dans l'apparition d'un état moléculaire particulier qui se produit pendant que le pain devient rassi.

Altération de la pureté du pain. — 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 de 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 $C^2H^4O^2$ ou $\left. \begin{array}{l} 2H^3O \\ H \end{array} \right\} O$ à l'état très-concentré se compose pour 100 parties de

Carbone.....	24	40,0
Hydrogène.....	4	6,7
Oxygène.....	32	53,3
	60	100,0

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 très-concentré. 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 l'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 :

	Alcool.....	$C^2H^6O = 46$	} Les 2H sont convertis en H^2O par l'oxygène de l'air.
moins.....		$H^2 = 2$	
donne.....	Aldéhyde.....	$C^2H^4O = 44$	} qui, (emprunté à l'air),
avec.....		$O = 16$	
donne.....	Acide acétique....	$C^2H^2O^2 = 60$	

100 kilog. d'alcool exigent pour leur transformation en acide acétique 300 kilog. (= 2322 hectolitres) d'air, puisque ces 300 kilog. renferment exactement les 69 kilog. 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 qu'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 *Mycoderma 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), 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 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, de l'extrait de malt fermenté, de la bière ou de l'eau-de-vie, doit être suffisamment étendu; il ne doit pas contenir plus de 10 0/0 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 0/0 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 36° cent. et descendre au-dessous de 12° cent. A la température de 7° cent. 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 des 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 ferments du vinaigre, ferments acides, bien que la production du vinaigre aux dépens de l'alcool ne soit point le résultat d'une fonction physiologique. 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 la fleur du 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 de 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 protéiques mentionnées. Celles-ci n'agissent pas en tant que substances protéiques, 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 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 perd 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.

Ancienne méthode de préparation du 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 houblonné 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*. Les betteraves sont réduites en une pulpe

fine de laquelle on exprime le jus. Celui-ci est étendu avec de l'eau et cuit. Après le refroidissement on le mélange avec de la levûre et on le met d'abord en fermentation alcoolique, puis en fermentation acide. Le vase qui sert pour la fermentation acide communique avec un ventilateur. En faisant arriver une abondante quantité d'air et en maintenant la température uniforme, au bout de peu de jours l'alcool produit par la fermentation du jus est transformé à l'aide d'une addition de vinaigre en acide acétique ; enfin 6° le *vinaigre de table* préparé avec le vinaigre de bois.

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 1 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. — La méthode désignée sous le nom de *fabrication rapide du vinaigre* et qui a pour point de départ un ancien procédé de *Boërhaave* (1720), a été vendue en 1823 par *Schützenbach*, de Endingen en Brisgau, comme un secret de fabrique pour la somme de 1500 thalers à la condition « de ne la faire connaître à aucun autre

gratuitement ou pour de l'argent ». La méthode de préparation rapide du vinaigre 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 vinaigre 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 304 ; 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 sa largeur de 2 mètres à 1 m. 30. A 20 ou 30 centimètres au-dessus du fond on pratique autour du tonneau 6 trous 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 $\frac{1}{3}$ de mètre au-dessus du fond se trouve un faux-fond percé de trous, comme un crible, ou bien on place une claie 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 25 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 de vinaigre pénètre le plus possible le bois. 18 ou 24 centimètres au-dessous du bord supérieur se trouve une cloison de 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 qui sont munies de nœuds, à l'aide desquels elles sont retenues au-dessus de l'orifice supé-

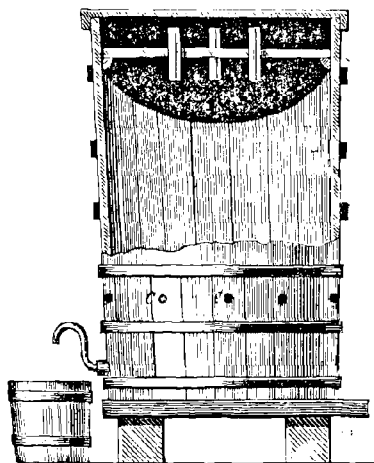


Fig. 304.

rieur 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 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 304), 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 de l'extrait de malt, de la bière ou du vin. Le liquide qui s'écoule des premiers tonneaux 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

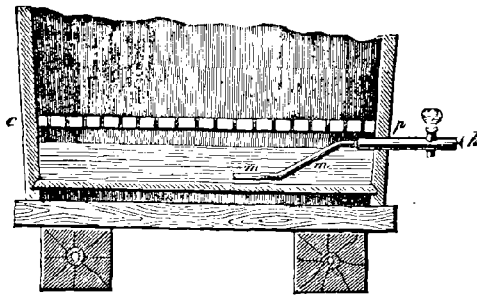


Fig. 305.

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 304, 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 fig. 305; *cc* est le faux-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 du tonneau.

Le générateur à vinaigre indiqué dernièrement (1868) par *Singer*¹ se compose essentiellement d'un certain nombre de vases de bois plats superposés, qui communiquent les uns avec les autres au moyen de tuyaux de 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° cent.; mais dans les tonneaux la température s'élève jusqu'à 36° et au-dessus, ce qui occasionne une perte d'environ 10 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 fournit :

13 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 de 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 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.

¹ Voyez Jahresbericht der chem. Technologie, 1868, p. 580, et *C. Thiel*, Gewerbeblatt für Hessen, 1870, p. 161.

Préparation du vinaigre au moyen du *Mycoderma aceti*. — *Pasteur*, s'appuyant sur cette opinion, 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 vinaigre¹ 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 le 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, et qui entraînerait la destruction de l'arome particulier qui caractérise le vinaigre de vin. En outre, la petite plante doit être employée aussi promptement que possible après son enlèvement du liquide, parce que, lorsqu'elle reste trop longtemps éloignée du contact de l'alcool, elle 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 10 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 de 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

¹ *Pasteur*, Études sur le vinaigre, Paris, 1868, et Études sur le vin, 2^{me} édit. Paris, 1873.

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 et 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 possède 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 décrirons ici un appareil qui peut servir dans ce but et qui est représenté par la figure 306. C'est une cage de verre munie intérieurement d'éta-

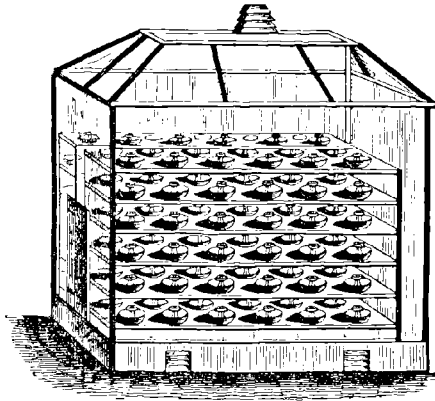


Fig. 306.

gères, 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 33°. Il se produit alors une lente évaporation de l'alcool, qui, aussitôt qu'il arrive en contact avec le platine, se transforme en acide acétique, dont les va-

peurs 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.

Propriétés et essai du 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 elle 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 une petite quantité de glycérine au vinaigre fait.

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 0/0 d'acide acétique, le vinaigre d'eau-de-vie de 3 à 6 0/0, le vinaigre de vin de 6 à 8 0/0. 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 1,030; 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° cent. (*Voir le tableau ci-contre.*)

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 ordinaire, imaginée par *Otto*, le vinaigre à es-

0/0	DENSITÉ.	DIFFÉR.	0/0	DENSITÉ.	DIFFÉR.	0/0	DENSITÉ.	DIFFÉR.
0	0,9992	+ 15	34	1,0459	+ 11	68	1,0725	+ 4
1	1,0007	15	35	1,0470	11	69	1,0729	4
2	1,0022	15	36	1,0481	11	70	1,0733	4
3	1,0037	15	37	1,0492	10	71	1,0737	3
4	1,0052	15	38	1,0502	11	72	1,0740	2
5	1,0067	16	39	1,0513	10	73	1,0742	2
6	1,0083	15	40	1,0523	10	74	1,0744	2
7	1,0098	15	41	1,0533	10	75	1,0746	1
8	1,0113	14	42	1,0543	9	76	1,0747	1
9	1,0127	15	43	1,0552	10	77	1,0748	0
10	1,0142	15	44	1,0562	9	78	1,0748	0
11	1,0157	14	45	1,0571	9	79	1,0748	0
12	1,0171	14	46	1,0580	9	80	1,0748	- 1
13	1,0185	15	47	1,0589	9	81	1,0747	2
14	1,0200	14	48	1,0598	9	82	1,0746	2
15	1,0214	14	49	1,0607	8	83	1,0744	3
16	1,0228	14	50	1,0615	8	84	1,0742	3
17	1,0242	14	51	1,0623	8	85	1,0739	5
18	1,0256	14	52	1,0631	7	86	1,0736	5
19	1,0270	14	53	1,0638	8	87	1,0731	6
20	1,0284	14	54	1,0646	7	88	1,0726	7
21	1,0298	13	55	1,0653	7	89	1,0720	8
22	1,0311	13	56	1,0660	6	90	1,0713	9
23	1,0324	13	57	1,0666	7	91	1,9 70	10
24	1,0337	13	58	1,0673	6	92	1,0696	12
25	1,0350	13	59	1,0679	6	93	1,0686	14
26	1,0363	12	60	1,0685	6	94	1,0674	14
27	1,0375	13	61	1,0691	6	95	1,0660	16
28	1,0388	12	62	1,0697	5	96	1,0644	19
29	1,0400	12	63	1,0702	5	97	1,0625	21
30	1,0412	12	64	1,0707	5	98	1,0604	24
31	1,0424	12	65	1,0712	5	99	1,0580	27
32	1,0436	11	66	1,0717	4	100	1,0553	
33	1,0447	12	67	1,0721	4			

sayer 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 36 cent. et d'un diamètre de 13 mill. ; 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 acide acétique. L'exactitude du résultat dépend du soin que l'on a mis à préparer la liqueur ammoniacale titrée; ce liquide doit contenir exactement 1,369 0/0 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 ($2C^2H^4O^2 - H^2O = \frac{102}{2} = 51$), et qui a ordinairement un poids 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 Wurzbourg
ont exigé.....	11,8 — de potasse;
il contenait, par conséquent.....	5,9 0/0 d'acide anhydre ou 6,7 0/0 d'acide acétique ($C^2H^4O^2$).
II.	10 cent. cubes d'un vinaigre composé en partie de vinaigre de bois
ont exigé.....	12,5 — de potasse,
qui correspondent à.	6,25 0/0 d'acide anhydre ou à 7,3 0/0 d'acide acétique ($C^2H^4O^2$).

b. PRÉPARATION DU VINAIGRE AVEC L'ACIDE PYROLIGNEUX OU VINAIGRE DE BOIS.

Vinaigre de bois. — Lorsqu'on soumet du bois à la distillation sèche, une partie du carbone reste à l'état de charbon et les autres éléments se dégagent, soit sous forme de gaz et de vapeurs — oxyde de carbone, acide carbonique, hydrogène, carbures d'hydrogène légers et lourds — soit sous forme de corps condensables, qui après leur condensation constituent un liquide épais, huileux, coloré en brun, au-dessous duquel se trouve une couche plus fluide. Cette couche (le *vinaigre de bois*) se compose essentiellement d'acide acétique hydraté impur, d'un peu d'acide propionique et d'acide butyrique, de petites quantités d'acide oxyphénique (pyrocatechine), ainsi que de créosote et d'*esprit de bois*

analogué à l'alcool (un mélange d'alcool méthylique, d'acétone et d'acétate de méthyle); la substance brune et épaisse, le *goudron de bois*, renferme un certain nombre de corps liquides et solides, parmi lesquels se rencontrent des résines pyrogénées encore incomplètement étudiées, de la paraffine, de la naphthaline, de la créosote et plusieurs hydrogènes carbonés liquides comme le benzol, le toluène, le xylène, etc. L'acide acétique que l'on peut extraire lorsque la carbonisation est bien conduite, s'élève tout au plus à 7 ou 8 0/0 du poids du bois. 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), 1000 kilogrammes de tourbe donneraient 6 kilogr. d'acide acétique et 1 kilogr. 450 d'esprit de bois. Le tableau suivant indique les produits les plus importants qui se forment dans la distillation sèche du bois :

Bois.	{	a. Masse du bois.....	}	α.	Gaz d'éclairage.	Acétylène.....	C^2H^2	Naphtaline.....	$C^{10}H^8$
						Elayle.....	C^2H^4	Oxyde de carbone.....	CO
						Trityle.....	C^3H^6	Acide carbonique.....	CO^2
						Ditétryle.....	C^4H^8	Hydruure de méthyle.....	CH^4
						Toluène.....	C^7H^8	Hydrogène.....	H^2
						Xylène.....	C^8H^{10}		
						Benzol.....	C^6H^6		
						Toluène.....	C^7H^8		
						Styrolène.....	C^8H^8		
						Naphtaline.....	$C^{10}H^8$		
						Rétène.....	$C^{18}H^{18}$		
						Paraffine.....	$C^{20}H^{42}$ ou $C^{12}H^{16}$		
						Phénols {	Acide carbolique.....	C^6H^6O	
							Acide crétylique..	C^8H^7O	
							Acide plorylique	$C^8H^{10}O$	
						Gaïacols.	Acide oxyphénique.....	$C^6H^6O^2$	
						Résines pyrogénées.	Créosotes {	$C^7H^8O^2$	Combinaisons de l'acide oxyphénique et d'acides homologues avec le méthyle I.
								$C^8H^{10}O^2$	
							$C^9H^{12}O^2$		
							$C^{10}H^{12}O^2$		
							C^8H^6O		
							$C^8H^6O^2$		
							C^8H^4O		
							Phénols, gaïacols et résines pyrogénées.		
						Charbon de bois.	Carbone.....	85 0/0	
							Eau hygroscopique.....	12	
							Cendre.....	3	

¹ D'après *S. Marasse* (1868), la créosote du goudron de bois de hêtre du Rhin est un mélange, à parties égales,

d'acide crétylique..... C^7H^8O (qui bout à 203°),
et de gaïacol..... $C^7H^8O^2$ (— 200°).

Mais ce dernier est l'éther méthylique acide de l'acide oxyphénique $\left. \begin{matrix} C^6H^6 \\ C^8H^8 \end{matrix} \right\} O^2$.

Le vinaigre de bois *brut* contient des proportions assez considérables de résine et, comme on l'a déjà mentionné, de petites quantités de phénols et de gaiacols; tous ces corps communiquent au vinaigre de bois une couleur brune et le goût et l'odeur empyreumatiques que l'on connaît, mais le vinaigre brut doit aussi à ces substances sa remarquable propriété antiseptique. Lorsqu'on a pour objet principal l'extraction du vinaigre de bois, on emploie pour la distillation du bois des cornues de fonte semblables à celles dont on se sert dans la fabrication du gaz d'éclairage; en France on emploie aussi quelquefois des cylindres verticaux en tôle (fig. 307). Un cylindre de ce genre A est muni dans sa moitié su-

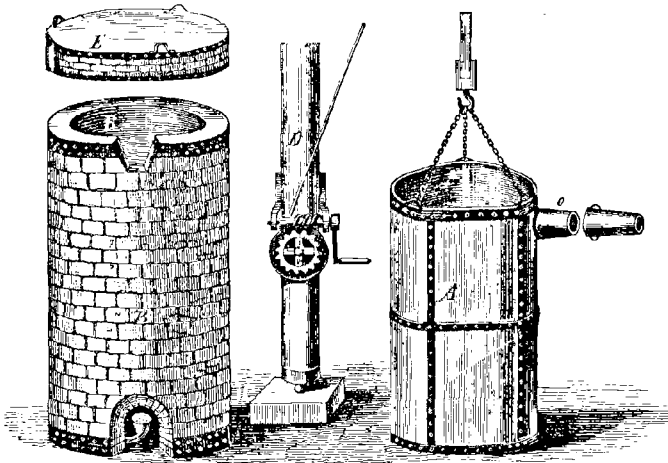


Fig. 307.

périeure d'une ouverture sur laquelle est vissée l'allonge *o*. Le cylindre est muni d'un couvercle, que l'on fixe solidement au moyen de vis lorsque l'appareil est rempli de bois; à l'aide de la grue *D* le cylindre est introduit dans le fourneau cylindrique *B*, que l'on ferme au moyen d'un couvercle de fer. Les produits qui se dégagent lorsqu'on chauffe le bois contenu dans le cylindre en passant par le tuyau *b* (fig. 308), qui communique avec l'appareil et qui est courbé en zigzag, traversent le réfrigérant *c* fixé au support *d*; ce réfrigérant reçoit de l'eau froide par *f* et l'eau échauffée s'écoule en *k*. Le vinaigre, le goudron et l'esprit de bois se condensent et arrivent dans la cuve *g*, où se dépose surtout le goudron; les liquides les plus légers passent par *m* dans la cuve *h*. Les gaz combustibles non condensés sont amenés par le tube *i* dans le foyer, où ils brûlent en donnant naissance à des produits inodores, et par la chaleur qu'ils produisent, ils contribuent beaucoup au chauffage du cylindre, de telle sorte que, lorsque la distillation est en train depuis déjà quelque temps, il n'est plus besoin d'ajouter de combustible. — Dans les grandes

fabriques on se sert, à la place des cuves de bois, de citernes creusées dans la terre et murées ou construites en ciment, qui communiquent entre elles au moyen de tuyaux fixés à leur partie supérieure. La majeure partie du goudron se rassemble dans la première citerne, tandis que

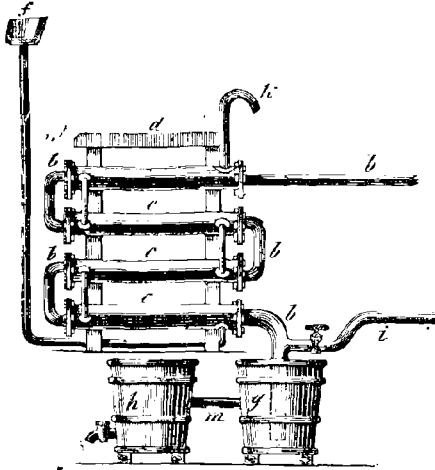


Fig. 308.

le vinaigre de bois, dépouillé du goudron qu'il renferme, passe dans la dernière citerne. Les fabriques de gaz au bois (établies d'après le brevet de *v. Pettenkofer*) produisent maintenant des quantités considérables de vinaigre de bois.

Purification du vinaigre de bois. — Le vinaigre de bois brut est un liquide brun foncé et d'une odeur et d'une saveur acidules de goudron et de fumée. On emploie une petite portion du vinaigre de bois brut pour la conservation de la viande, du bois d'ouvrage, pour l'habillage des peaux, etc.; la majeure partie sert soit pour préparer différents acétates, qui sont employés en grande quantité dans la teinture et dans l'impression des tissus, et qui, pour cet usage, peuvent servir à l'état impur comme le pyrolignite de fer et le pyrolignite d'aluminium (mordants de fer et d'aluminium), soit pour la préparation d'un acide acétique concentré (destiné aux usages industriels, par exemple pour la préparation de l'aniline avec le nitrobenzol) et de certains acétates (de l'acétate de plomb notamment), enfin et principalement pour fabriquer du vinaigre de table, qui cependant ne peut être introduit avec avantage économique que dans les pays où, comme en Angleterre, la production du vinaigre avec des liquides alcooliques est extrêmement coûteuse à cause du taux élevé de l'impôt.

Parmi les moyens usités pour purifier le vinaigre de bois, le plus simple, abstraction faite de la filtration à travers du charbon de bois cassé grossièrement recommandée par *E. Assmuss*, est celui qui consiste

à distiller le liquide dans un alambic en cuivre muni d'un réfrigérant de même métal. Il passe d'abord un liquide coloré en jaunâtre — *esprit de bois brut* — que l'on traite pour esprit de bois. Plus tard le liquide qui distille devient plus riche en acide acétique.

Les méthodes actuellement en usage pour enlever au vinaigre de bois les dernières portions des matières empyreumatiques se divisent en deux groupes :

α. D'après les méthodes du *premier groupe*, la purification du vinaigre s'effectue sans saturation avec une base ;

β. D'après les méthodes du *second groupe*, on transforme le vinaigre en acétate, et du sel obtenu on sépare l'acide acétique par distillation avec un acide plus fort.

Au *premier* mode de purification du vinaigre de bois appartient le procédé indiqué par *Stoltze*; d'après ce procédé, on soumet le vinaigre à la distillation, et, après avoir recueilli à part comme esprit de bois brut 10 0/0 du liquide, on en extrait 80 0/0, et dans le vinaigre ainsi obtenu, on détruit les matières empyreumatiques par oxydation (au moyen de l'ozone ou du chlore). Dans les fabriques la purification du vinaigre de bois est ordinairement effectuée d'après les méthodes du *deuxième groupe*; c'est *Mollerat*, qui, le premier, a indiqué le principe de ces méthodes. On prépare d'abord de l'acétate de sodium, en saturant le vinaigre avec de la chaux et en précipitant la solution avec du sel de Glauber; on purifie l'acétate de sodium par cristallisation, et, lorsqu'il est sec, on le chauffe de manière à ne pas le décomposer, mais bien à carboniser et à rendre insolubles les matières pyrogénées qu'il renferme; cela fait, on sépare le sel pur des particules de charbon en le soumettant à une lixiviation et on en isole l'acide acétique par distillation avec de l'acide sulfurique. En place de l'acétate de sodium, on emploie fréquemment aussi le *sel de calcium* pour la préparation de l'acide acétique avec le vinaigre de bois, sel que l'on prépare en saturant le vinaigre avec de la chaux et évaporant à sec. On grille le sel ainsi obtenu, afin de décomposer, de la même manière que pour le sel de sodium, les matières pyrogénées. Pour extraire l'acide acétique, on distille avec l'acide chlorhydrique (d'après l'excellente méthode de *C. Völckel*, de Solcure). La distillation peut être effectuée dans une cucurbite munie d'un chapiteau de cuivre et d'un réfrigérant de plomb, d'étain ou d'argent. Pour 100 parties d'acétate de calcium, on prend 90 à 95 parties d'acide chlorhydrique à 20° Baumé (= un poids spécifique de 1,16). L'emploi de l'acide chlorhydrique à la place de l'acide sulfurique offre cet avantage, qu'il n'y a aucun inconvénient à ce que l'acétate de calcium renferme des résines, etc., si seulement il a été desséché jusqu'à élimination de toutes les substances volatiles. Au contraire, en se servant d'acide sulfurique, on obtient un acide acétique d'une odeur désagréable, qui contient beaucoup d'acide sulfureux et des produits de décomposition des résines pyrogénées.

Esprit de bois. — Si l'on distille en grand le liquide acide obtenu

dans la distillation sèche du bois, il passe d'abord un liquide jaune, qui est plus léger que l'eau et qui a une odeur à la fois éthérée et empyreumatique. Ce liquide (*esprit de bois*) se compose essentiellement d'*esprit de bois* (alcool méthylique CH^4O ou $\left. \begin{array}{c} \text{CH}^3 \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{O}$), d'acétone et d'acétate de méthyle; il renferme en outre une série de corps, qui n'ont ici aucune importance. L'*esprit de bois* a été découvert en 1812 par *Taylor* et vendu pendant longtemps comme combustible pour les lampes à esprit de vin; 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 66°. 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 il donne beaucoup moins de chaleur¹. On l'emploie aussi dans la fabrication des vernis pour menuisiers et des vernis résineux; il doit cependant 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. Jusqu'à présent l'emploi de l'*esprit de bois*, malgré de nombreuses tentatives, n'a pas pu acquérir une grande importance en Allemagne, soit parce qu'il n'est produit qu'en petite quantité, soit parce que, lorsqu'il n'est pas purifié, il ne remplace qu'incomplètement l'alcool; il faudrait donc qu'il fût moins cher que celui-ci, mais cela n'est pas possible à cause des opérations compliquées qu'exige la purification de l'*esprit de bois*. Depuis quelque temps on emploie l'*esprit de bois* en grande quantité pour la préparation de l'iode et du bromure de méthyle, qui servent dans la fabrication des couleurs violettes et bleues de goudron.

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 châtaignier employé dans un endroit sec dure autant que le bois de chêne. En présence

¹ 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 5307.

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 de vue 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 bêche 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 crû 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'abatage. 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'abatage*, 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 le *Cerullus 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 tachelé. 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 *Cerullus vastator* se montre sur les troncs d'arbres morts, sur les planches et les 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 perfore. 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.

Le bois qui est exposé directement à l'influence de l'eau de la mer éprouve plus de dommages 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 36 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* ressemblent :

- 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.

1. 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 cet 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 y 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 et 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.

2. **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'abatage, 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. 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 bouillante; 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 en doit 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 de 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 0/0 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 plus élevée aurait déjà une action nuisible sur la fibre du bois, et que de la vapeur à 60 ou 70° 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.

3. 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 mis au moyen de soupapes en communication d'un côté avec l'air extérieur et de l'autre côté avec la cheminée.

4. 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*¹ 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 quatre suivantes, qui sont très-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 de 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 de 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 qui contient 1 kilogr. de sublimé pour 200 litres d'eau² :

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

¹ Jahresbericht der chem. Technologie, 1868, p. 707.

² Dans le grand-duché de Bade, on emploie encore annuellement pour cet usage environ 15,000 kilogr. de bichlorure de mercure (d'une valeur de 13,200 fr.) (1870).

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^r 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 elle 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. Dans tous les cas, les 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 $HgCl^2 + KCl$. On l'obtient en décomposant une solution de carnallite par le bioxyde demercure.

2° Le brevet de *Burnett* (1840) indique l'emploi d'un liquide composé de 1 kilogr. 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 du sulfate de cuivre et du pyrolignite de zinc (proposé par *Scheden*) pour la conservation du bois. 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.

3° Le procédé breveté de *Bethell* (1838) consiste à infiltrer dans le bois sous une forte pression un mélange livré au commerce sous le nom de *gallotine* et qui se compose de goudron, d'huile de goudron et d'acide carbolique. 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 imbibber le bois de la créosote de houille et de lignite, *Leuch* la paraffine. 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^o *Méthode de Payne.* *Payne* a pris deux brevets (le premier en 1841). 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 *V. Eichthahl* 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. 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 moi 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, etc., a donné en petit de bons résultats.

5. **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 peu à peu 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 a démontré récemment (1839) 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.

6. 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 vivant 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 inférieure 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. 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 de 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 toujours uniformément le 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 chiquer est fournie par différentes plantes annuelles du genre *Nicotiana* de la famille des solanées ; ces plantes sont cultivées jusqu'au 50° 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, de Varinas (Vénézuéla), de la Havane (Cuba), de Porto-Rico, etc. Parmi les tabacs d'Europe nous devons mentionner les tabacs hollandais, hongrois, turcs, français et du Palatinat. En Europe on cultive trois espèces 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 qualité 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 de l'Allemagne 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 :

<p style="text-align: center;"><i>Bases minérales.</i></p> <p>Potasse. Chaux. Magnésic. Oxydes de fer et de manganèse. Ammoniaque.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Base organique.</i></p> <p>Nicotine.</p>
<p style="text-align: center;"><i>Acides minéraux.</i></p> <p>Acide azotique. Acide chlorhydrique. Acide sulfurique. Acide phosphorique.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Acides organiques.</i></p> <p>Acide malique (acide tabacique ?). Acide citrique. Acide acétique. Acide oxalique. Acide pectique. Acide ulmique.</p>
<p style="text-align: center;"><i>Autres corps minéraux.</i></p> <p>Silice. Sable.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Autres corps organiques.</i></p> <p>Nicotianine. Résines jaune et verte. Cire ou matière grasse. Substances azotées. Cellulose.</p>

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* (C¹⁰H²⁴Az²) est une base organique et

¹ La nicotianine est peut-être une substance identique avec la *coumarine* (C⁹H⁸O²), qui se rencontre dans la fève Tonka (*Dipterix odorata*), dans l'*Asperula odorata*, dans le *Melilotus officinalis* et l'*Anthozanthum odoratum*, ainsi que dans les feuilles de Faham

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'esprit-de-vin, 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. *Schlesing* 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 fumer sec contient environ 2 0/0 de nicotine; lorsqu'il n'est pas sec, il renferme en moyenne 33 0/0 d'eau, ce qui abaisse la teneur en nicotine à 1,36 0/0.) La nicotine est contenue dans le tabac sous la forme d'un sel. L'acide caractéristique du tabac est l'acide tabacique $C^3H^4O^3$, 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 0/0 du poids des feuilles sèches. *Merz* a trouvé 23, 33 0/0 de cendres dans une sorte de tabac du pays situé entre Nuremberg et Erlangen. 100 parties de cette cendre contenaient 26,95 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. 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

(*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 mélilot mélangé avec le tabac à fumer, qui est fréquemment 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.

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 et comme tabac 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 que 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 12, on porte les tas dans un lieu sec, on les couvre avec une toile et on les abandonne à elles-mêmes, jusqu'à ce qu'elles 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. — 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. Le tabac filé non coupé porte le nom de *rôles*. 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*. La propriété qu'ont les cigares de gagner en qualité en vieillir

lissant, 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.

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 carbolique 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 les éléments nécessaires pour sa formation, l'acide carbonique, produit de la décomposition de la cellulose, et l'ammoniaque, se produisent en grande quantité pendant la distillation sèche), dont l'odeur, à l'état très-étendu, a avec celle de la fumée des bonnes sortes de tabacs une analogie qu'on ne saurait méconnaître.

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 rai-

son de ces faits semble être la suivante : les sels de potassium à acides organiques fournissent un charbon volumineux, 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 priser. — Les feuilles destinées à la fabrication du *tabac à priser* sont triées et mouillées de la même manière que celles qui doivent servir pour le tabac à fumer. Pour préparer la sauce, on emploie de préférence des sels ammoniacaux et des corps aromatiques. Les feuilles mouillées sont, après avoir subi une première fermentation, mises en *carottes* et celles-ci sont ensuite moulues (*rapées*). Le tabac râpé est tamisé et de cette façon trié en sortes grossières et fines. Après le tamisage, il est humecté et soumis à une deuxième fermentation. Dans le tabac à priser, la nicotine (dont la proportion est de 2 0/0 environ) se trouve partie à l'état libre, partie à l'état de sel neutre ou basique (probablement sous forme d'acétate); l'ammoniaque y est également unie avec un acide; le tabac à priser doit à ces deux sels l'action irritante qu'il exerce sur la muqueuse nasale. Pour empêcher le tabac à priser de se dessécher, on y ajoute quelquefois de la glycérine.

La fermentation, dans la fabrication du tabac à priser, paraît avoir pour objet : 1° la formation d'un éther, auquel le tabac doit son arôme; 2° la destruction d'une partie (des deux tiers) de la nicotine, destruction sans laquelle le tabac à priser exercerait sur l'organisme une action trop énergique; 3° la production de l'alcalinité du tabac par destruction partielle de ses acides organiques; 4° le développement de l'odeur spécifique de tabac par production des vapeurs de carbonate d'ammonium (et probablement d'ammoniaques composées comme l'éthylamine) et de nicotine; 5° la transformation des éléments azotés du tabac en ammoniaque — ce qui compense la perte d'ammoniaque par volatilisation — et en substances (corps humiques), qui donnent au tabac à priser sa couleur brun foncé.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES HUILES ESSENTIELLES ET DES RÉSINES.

Les *huiles essentielles* (huiles étherées, 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 les 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'argenture des miroirs (voyez t. I, page 524).

Préparation des essences. — Les huiles essentielles sont préparées 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 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. 309). On extrait de cette manière les essences d'anis, de camomille, de cumin, de lavande, de menthe poivrée, d'œillet, de cannelle, de romarin, etc. L'essence de térébenthine s'obtient en distillant la térébenthine avec de l'eau.

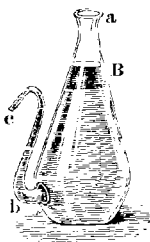


Fig. 309.

Préparation par expression. — 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 bergamote et d'oranges. 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; telle est aussi l'essence de moutarde, que l'on peut en outre préparer artificiellement en distillant de l'iodure de propyle, du sulfocyanure de potassium, etc.

Extraction par les huiles grasses. — 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, etc.

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* 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 *grasses parfumées* (*pommades*), etc. Les *eaux odorantes* sont des dissolutions de

différentes essences dans l'alcool. L'alcool employé pour cet usage doit être exempt d'huile odorante 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 bergamote, 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 avec 2 litres d'alcool. — On obtient l'eau de Cologne en dissolvant 32 grammes d'essence d'orange, d'essence de bergamote, d'essence de citron, d'essence de limette et d'essence de petits grains, 16 grammes d'essence de cèdre, d'essence de cédrat et d'essence de Portugal, 8 grammes d'essence de néroli et 4 grammes d'essence de romarin dans 6 litres d'alcool.

Les extraits d'odeur sont généralement préparés en traitant par l'alcool les huiles grasses et les graisses préalablement chargées du parfum de fleurs fraîches.

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 alcoolique d'acétate d'amyle sous le nom d'essence de poïres (*pear-oil*), du valérate d'amyle comme essence de pommes (*apple-oil*), de butyrate d'amyle comme essence d'ananas (*pine apple-oil*), du pélargonate d'éthyle comme essence de coings, du subérate d'éthyle comme essence de mûres. On rencontre, comme essence d'amandes amères artificielle, le nitrobenzol mélangé avec du nitrotoluol, 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 quantités plus grandes encore pour la fabrication de l'aniline.

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, c'est-à-dire en disposant les fleurs et la graisse par couches alternatives. Souvent on prépare aussi la pommade avec de la moelle de bœuf ou de l'axonge en fondant celle-ci et en y mélangeant après le refroidissement quelques gouttes de l'huile essentielle.

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 li-

queurs huileuses mélangées avec beaucoup de sucre se nommant *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 genièvre, 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'esprit-de-vin sur ces substances, puis on les laisse macérer à froid, 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. 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 0/0. 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. 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* (4 litres d'alcoolat de framboises, 1 litre $\frac{3}{4}$ d'eau de fleurs d'oranger, 1 litre $\frac{1}{2}$ de kirschenwasser, 9 kilogrammes de sucre, 9 litres d'esprit-de-vin à 89 ou 90 0/0). Les *liqueurs* ont beaucoup d'analogie avec les crèmes, mais elles contiennent un peu moins de sucre; exemple : *bitter anglais* (75 grammes de la partie jaune de l'écorce d'orange, 60 grammes d'écorce de quinquina, 60 grammes de gentiane, 120 grammes de chardon béni, 120 grammes de petite centaurée, 120 grammes d'ab-

sinthe, 60 grammes de racine de violette que l'on fait digérer avec 54 litres d'eau-de-vie à 50 0/0, et l'on mélange la teinture avec 6 kilogrammes de sucre); *cerises* (20 litres de jus de cerises, 20 litres d'esprit-de-vin à 85 0/0, 15 kilogrammes de sucre); *menthe poivrée* (45 grammes d'essence de menthe poivrée dissous dans un litre d'alcool à 80 0/0, la dissolution est ajoutée à 54 litres d'alcool à 72 0/0 et le mélange est sucré avec 30 kilogrammes de sucre dissous dans 26 litres d'eau; la liqueur est colorée en vert avec de la teinture d'indigo et de curcuma).

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*¹. 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 la *térébenthine*, 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 *gommes-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 elles 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 gommes-résines appartiennent l'*asa-fetida*, la *gomme-gutte*, etc.; le *caoutchouc* et la *gutta-percha* terminent la série de cette classe de corps.

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 silice terreuse. Pour préparer de la cire à cacheter exempte de boursouffures, on fond dans une bassine de 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 Voyez J. Wiesner, Die technisch verwertheten Gummiarten, Harze und Balsame. Erlangen, 1869.

	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.....	—	100	380	300	300
Cinabre.....	130	220	340	300	300
Essence de térébenthine....	—	—	—	20	25

Lorsque la masse est refroidie, on la roule en cylindres sur une table de marbre ou on la coule dans des moules de 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 cacheter des 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 acaroïde (du *Xanthorrhœa hastilis*).

Asphalte. — L'*asphalte* (bitume de Judée) est une résine noire, brillante, fragile, qui probablement est un produit de l'oxydation graduelle du pétrole et que l'on trouve en grande quantité dans l'île de la Trinité, sur la côte nord de l'Amérique du Sud, à l'embouchure de l'Orénoque, à la surface de la mer Morte, en France, en Suisse, etc. L'asphalte est peu soluble dans l'alcool, mais il se dissout facilement dans le pétrole, l'essence de térébenthine, le benzol et le photogène. Il entre dans la composition de la laque noire, du fond employé par les graveurs en taille-douce, on s'en sert comme couleur brun foncé transparente dans la peinture à l'huile, etc. On emploie en outre l'asphalte mélangé avec du sable et de la chaux pour la confection des trottoirs et des chaussées, 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 confectionner les trottoirs, on prend du *mastic bitumineux de Seyssel*¹, on chauffe celui-ci

¹ A Seyssel, dans le département de l'Ain, se trouve un calcaire qui renferme jusqu'à 18 0/0 d'asphalte. Avec ce calcaire, on prépare à Seyssel le mastic bitumineux de la manière suivante : avec de l'eau bouillante on extrait l'asphalte, on mélange 7 parties de l'asphalte ainsi obtenu avec 90 parties du calcaire asphaltique pulvérisé, et l'on réduit en poudre la masse sèche. Des roches asphaltiques analogues se trouvent à Limmer, près de Hanovre, à Lobsann dans la basse Alsace, dans le nord du Tyrol, à Val-de-Travers dans le canton de Neuchâtel.

dans une chaudière de manière à ce qu'il se délite et l'on ajoute ensuite du sable, dans une proportion telle qu'il y ait dans le mélange de 20 à 60 0/0 d'asphalte pour 30 à 40 0/0 de chaux. Avant de s'en servir, on fait fondre la masse et on la verse sur l'endroit qui doit en être recouvert ; on l'étend ensuite avec une palette de fer, on la saupoudre de sable chaud et on la pilonne avec une planche, afin de l'aplanir. 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.

Caoutchouc. — Le *caoutchouc* ou la *gomme élastique* se trouve dans le suc laiteux d'un grand nombre de plantes, notamment dans celui des urticées, des euphorbiacées et des apocynées. Il existe en grande quantité dans le suc du *Siphonia cahucu*, d'où on l'extrait dans l'Amérique du Sud. Le caoutchouc des Indes orientales provient de *Urceola elastica*. On le rencontre dans le *Ficus religiosa* et le *Ficus indica*. Pour extraire le caoutchouc, on fait aux arbres des incisions et avec le suc laiteux visqueux et crémeux qui s'écoule on recouvre à plusieurs reprises des moules en argile représentant des animaux, des pieds humains, ou ayant la forme de poires, etc. Lorsque le suc a été desséché au soleil ou au feu, on enlève 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*. 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'élire, 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 il 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° cent. 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 (caoutchine, hévène, etc.), qui conviennent particulièrement comme dissolvants du caoutchouc. Le caoutchouc a pour formule C^8H^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. Le caoutchouc se combine avec le soufre et il forme avec lui le *caoutchouc vulcanisé* (voyez 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^5) ; le liquide jaune ainsi obtenu laisse le caoutchouc parfaitement élastique et non visqueux. La solution dans l'*huile éthérée de goudron* légère (appelée benzol), ainsi que dans les portions du pétrole, du photogène et l'*huile sédérale* 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 elle 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 une 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 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 cémentation, 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 a 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 3°; 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 0/0); 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 (voyez t. I, page 374) 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 le chlorure de calcium. Il n'est pas probable que le procédé de *de Claubry* ait été appliqué. Le procédé de *Gérard* 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* paraît noir et il 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 le 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 gaz, des tuyaux de clyso-pompes, des tuyaux de pipes flexibles, des porte-cigares, des tampons de chemins de fer, des bandes de billards, etc.

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 poignées de parapluies et de cannes, des cannes, des baleines de parapluie, des buscs, 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, etc. La préparation du caoutchouc durci est semblable à la fabrication du caoutchouc vulcanisé. Le caoutchouc peut être durci en augmentant la quantité du soufre (pour 100 parties de caoutchouc on prend de 30 à 60 parties de soufre) sans rien ajouter autre chose; 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, qui en changent aussi la couleur et qui 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 0/0 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 silix pyromaque, de l'émeri, etc., sert depuis quelques années pour fabriquer des pierres à aiguiser artificielles pour les faux et les faucilles.

Production et consommation du caoutchouc. — La *production* du caoutchouc s'élève annuellement (1870) à environ 6,000,000 de kilogr. ainsi répartis :

Java.....	3,000,000 kilogr.
Para.....	1,750,000 —
Guatemala, Carthagène.....	1,150,000 —
Vénézuéla, Nouvelle-Grenade, Afrique.....	100,000 —
	<hr/>
	6,000,000 kilogr.

La consommation se répartit dans les pays suivants :

Amérique du Sud.....	1,750,000 kilogr.
Angleterre.....	1,250,000 —
France.....	1,750,000 —
Allemagne.....	1,250,000 —
	<hr/>
	6,000,000 kilogr.

Gutta-percha. — La *gutta-percha* ou *gomme plastique* est un suc laiteux desséché qui offre beaucoup d'analogie avec le caoutchouc et qui est formé par l'*Isonantia gutta*, arbre croissant sur les côtes du détroit de Malacca, à Bornéo, à Singapour 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 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'apocrénates de magnésium et d'ammonium, 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 $C^{20}H^{60}$. 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. Avant de la mettre en œuvre, on purifie la gutta-percha en la ramollissant, la pétrissant entre des cylindres et la comprimant. La masse purifiée 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 kilogr. 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 que, 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, dans l'esprit-de-vin, dans 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 gutta-percha 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 analogue à celui qui sert pour la purification du caoutchouc. 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 con-

fectionnés 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 poyau 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 le benzol.

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 moules 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.

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

de l'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.

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 vernis à l'huile, on emploie ordinairement de l'huile de lin, plus rarement et seulement pour quelques cas de l'huile de pavot et de 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 vernis à l'huile n'a pas lieu par évaporation, mais parce que le vernis absorbe de l'oxygène et se transforme en une substance solide; plus cette oxydation se produit avec rapidité, meilleur est le vernis. 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 vernis, 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. La manière la plus avantageuse de préparer le *verniss à l'huile de lin*, 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 vernis 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 vernis ne paraît pas avoir l'utilité qu'on lui supposait. Les croûtes de pain, les oignons, les carottes, que l'on ajoute fréquem-

ment 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 coccion 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 de tôle ou mieux de plomb, haute d'environ 10 centimètres et suffisamment longue et large, et on l'y 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 neutre de plomb et on agite fortement ; au bout de quelque temps, la litharge s'est déposée avec l'acétate neutre 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 1000 parties d'huile.

Vernis des tapisseries. — Le vernis employé pour fixer de l'or, de la bourre 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 neutre 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 0/0 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.

Vernis gras. — Les *verniss gras* (laques à l'huile) sont des dissolutions de résines dans le vernis d'huile de lin, qui sont ordinairement étendues avec de l'essence de térébenthine, du benzol 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 de vernis d'huile de lin bouillant 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, 20 ou 30 parties d'huile, 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 de vernis 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 sèchent un peu lentement et sont toujours plus ou moins colorés.

Vernis à l'alcool. — Les *verniss à l'alcool* (laques à l'alcool) sont des dissolutions alcooliques de certaines résines, comme la sandaraque, 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 la gomme laque, la résine la plus employée, a été appliqué à tous les vernis résineux. On emploie un alcool fort, marquant au moins 92 0/0. 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 *verniss de sandaraque* en dissolvant 10 parties de sandaraque, 1 partie de térébenthine de Venise dans 10 parties d'alcool. Le *verniss de gomme laque* est plus durable; on l'obtient en dissolvant 1 partie de gomme laque dans 3 ou 4 parties d'alcool. Le *verniss 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. Le *verniss 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 à l'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 kilogr. de copal concassé dans un vase fermant bien et contenant un mélange de 6 kilogr. d'alcool à 90°, de 4 kilogr. d'essence de térébenthine et de 1 kilogr. d'éther et l'on chauffe doucement. La dissolution du copal a lieu immédiatement et le vernis obtenu se clarifie spontanément par le repos.

Vernis à l'alcool colorés. Les vernis à l'alcool colorés, auxquels on donne le nom de *verniss 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 *verniss 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 ils 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 vernis 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 vernis 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 léviguée, ensuite avec du tripoli lévigué et 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 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-prompement, 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.

Généralités. — 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 s'y attache solidement et qu'après le durcissement il acquière 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 additionné 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 siccatrice, qu'il est convenable d'employer sous forme de vernis (d'huile cuite). Ces mastics résistent pour la plupart à l'action de l'eau.

Le vernis d'huile de lin, 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 sèchent 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 au vernis d'huile un mélange de 10 parties de litharge et 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 du vernis d'huile de lin bouillant. En dissolvant du savon d'aluminium (obtenu en précipitant une solution d'alun avec un savon de sodium) dans du vernis d'huile de lin chauffé, 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 du vernis d'huile de lin, 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 der-

niers 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 fondue; 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.

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 poids 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 glu marine, 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 farine fossile 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 de 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 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 la fécule employée 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 310 montre un fragment d'un poil de brebis des landes à côté d'un morceau de laine *non-plus-ultra* de Saxe (fig. 311), 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 *feutrante*.

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 moutons 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 Électorale). 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 appartient le *mouton des lan-*



Fig. 310.



Fig. 311.

des, 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, Teerwater et Romney-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 30 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 fils de laine de mouton et de fils de coton);

c. La laine d'*alpaca* est le poil long, duveteux, blanc, noir ou brun de l'alpaca (*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 finesse¹;

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 poils 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 souillé par de la sueur, de la poussière, etc. Nos connaissances relativement à la composition de la laine du mouton se sont beaucoup accrues dans ces derniers temps par suite des travaux 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.....	6,3	16,8	0,94	1,3	1,0	1,2
Suint et graisse.	44,3	44,7	21,00	40,0	27,0	16,6
Poil de laine pur.....	38,0	28,5	72,00	56,0	64,8	77,7
Humidité.....	11,4	7,0	6,06	2,7	7,2	3,5
	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0
Laine pure séchée à l'air 0/0..	94,4	35,5	78,06	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 diffi-

¹ Les caractères microscopiques de ces espèces de poils ont été étudiés dans ces derniers temps par *J. Wiesner* (Einleitung in die technische Mikroskopie, Vien, 1867, pages 172 et suiv.).

lement soluble; *e.* laine de Hongrie, remarquable par sa mollesse; *f.* du Wurtemberg, moins molle. *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 (<i>laines en suint</i>)....	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 *Märcker* 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 dissoute contient le sel de potasse 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 kilgg. de laine brute s'élève à 7 ou 8 kilogr. (voyez, t. I, page 225). D'après *Märcker* et *Schulze*, la cendre du suint se compose de :

Carbonate de potassium.....	86,78
Chlorure de potassium.....	6,18
Sulfate de potassium.....	2,83
Silice, alumine, chaux, magnésie, oxyde de fer, acide phosphorique, etc.....	4,21
	<hr/> 100,00

D'après *P. Havrez* (1870), il est plus avantageux de traiter le suint en même temps pour carbonate et prussiate de potassium, 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 :

¹ D'après *Reich* 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 valériannique.

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'alpaca 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 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 substance 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*. En Allemagne, le lavage de la laine s'effectue sur le corps du mouton, avant que celui-ci soit tond. 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 0/0 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, à la Pentecôte (*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'*écouvilles* 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 donnent 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, celle du ventre et du front sont encore d'une moindre qualité; la laine de la partie postérieure des cuisses est la plus mauvaise. En mettant 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-electa* et d'*electa*. 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 0/0 d'eau. Même lorsqu'elle a été conservée pendant longtemps à l'air sec, elle renferme encore de 7 à 10 0/0 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 laine foulée* 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 *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° *Lavage de la laine, dessuintage* ou *dégraissage*. La laine triée, 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 deuxième lavage, que l'on nomme *dessuintage* ou *dégraissage*. 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 dessuintée 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 dessuintage 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 lavage de la laine. 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 0/0, mais qui s'élève souvent jusqu'à 12 0/0 ;

3° *Louvetage.* La laine lavée 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'olive et d'huile d'arachide, pour la laine brute 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 kilogr. d'huile, et 12 à 15 kilogr. 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 en-

suite 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 houdineuses, 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 *semi-self-acting*, le départ avec l'allongement et la torsion des fils soit produit 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 *étrirage 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 le filage en gros, le fil en gros se détord d'abord et se tord ensuite en sens opposé. De cette façon l'étrirage 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 gram. ou 1 kilogr.). 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 kilogr.

Laine artificielle. — La *laine artificielle* ou *laine de chiffons* 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 par 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 kilogr. de chiffons de drap donnent environ 30 kilogr. de cuir, d'os, etc. Les 70 kilogr. de chiffons bruts qui restent donnent en définitive 50 0/0 de mungo, après avoir reçu de 4 à 10 0/0 d'huile d'olive avant le défilage sur la machine ; 100 kilogr. de chiffons de bas bruts fournissent en moyenne de 40 à 50 kilogr. 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 carde briseuse ordinaire, traitement pour lequel elle reçoit de 4 à 10 0/0 d'huile d'olive.

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 un peu plus fine que la chaîne. Pour les lisières on emploie toujours des fils de chaîne plus grossiers et de laine plus commune.

Lavage et foulage du drap brut. Le tissu de 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'*épincage* ou *épincetage* et le *lavage* du drap brut précèdent le foulage. L'épincetage 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 carbonate de potassium ou de sodium que l'on mélange dans une auge avec de l'eau, où 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 ainsi 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, dont on augmente l'action soit avec du savon (souvent du savon mou), soit avec de la terre à foulon (voyez t. I, page 560). 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 de 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 coupe ensuite celles-ci régulièrement à la longueur qui convient pour l'usage auquel le drap est destiné. 1° Le *lainage* a pour but de désagréger 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 brosser*; 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 20 centimètres sur une table matelassée et la partie qui repose sur la table est tondue 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 de 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 de 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 broser* 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 soies 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 broser, 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 tondu, 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 filoselle, 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'olive 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 tondue un peu long prennent le nom de *sibérienne*, de *kalmouck* (ou *castor*) et de *duffel*. Le *cuir-laine* est une étoffe pour pantalons; il est croisé, non lainé, mais tondue ras à l'endroit; les espèces légères portent le nom de *doeskine*. 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 être interposé 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 lissage, et qui il y a environ vingt ans fit beaucoup de bruit, est maintenant pour ainsi dire disparu. La laine destinée au feutrage, est d'abord dégraissée, comme pour la confection du drap tissé, puis nettoyée et louvetée; 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 304, 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 passementerie, 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'alpaca, 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 de la calandre, 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 appartiennent, 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'alpaca, de mohair, de coton, de soie, comme, par exemple, un tissu d'alpaca avec chaîne 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 lisses forment les *serges*. La *calamande* et le *lastings* (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 *plaids*, *tartans*, *kabyles* sont surtout fournis par l'Angleterre et le Zollverein;

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 ve-

lours, 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 serré, 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.

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 de printemps, sort une chenille, le *ver à soie* (fig. 312), qui, à mesure qu'il grossit, change

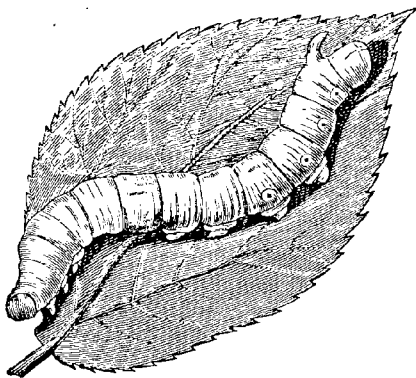


Fig. 312.

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 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 *chrysa-*

vide 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 0/0 du poids total. Au bout de 15 ou 21 jours la chrysalide qui se trouve dans le cocon est devenue 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 fullo-num*), 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 ceeropia* (sur l'orme, l'épine blanche, le mûrier sauvage) ;

f. *Bombyx platensis* (sur une espèce de mimosa, le *Mimosa platensis*) ;

g. *Bombyx leuca*.

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 50,000 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 de 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° cent., 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 de 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 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 filoselle), 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 0/0 de carbonate de potassium. Cette sécrétion, dont on ne connaît pas l'usage, s'élève à environ 15 ou 20 0/0 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 récentes 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 $C^{15}H^{23}Az^5O^6$. L'enduit gonmeux 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 $C^{15}H^{25}Az^5O^8$. 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 quan-

tité de cendre, *Guinon* a trouvé avec une soie brute piémontaise 0,64 0/0 de cendre, qui contenait 0,526 de chaux, et 0,418 d'alumine et d'oxyde de fer. *Mulder* a trouvé dans 400 parties de soie brute :

	SOIE JAUNE de Naples.	SOIE BLANCHE du Levant.
Fibroïne.....	53,4	54,0
Substance gélatigène.....	20,7	19,1
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 6 opérations : 1° Le *trriage 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 moisissés, 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 de chrysalides, etc. Le tirage 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° 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 trouée, 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 réunis 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 gr. 16 à 0 gr. 20 ou tout au plus 0 gr. 25 de soie grège. Pour avoir 1 kilogr. de soie grège il faut en moyenne 10 kilogr. de cocons récemment étouffés, ou 7 ou 8 et même 12 kilogr. 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 bonnetterie, 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 semblables à celle d'une mèche de fouet, est moulinée avec trois fils de la soie grège la plus blanche, puis teinte sans dégraissage

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 torsus; 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 0/0. Dans certaines circonstances elle peut même absorber jusqu'à 30 0/0 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 qu'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 déterminée par l'autorité, qui essaie un échantillon de cette soie. Les établissements dans lesquels s'effectue le conditionnement portent le nom de *conditions publiques des soies*.

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, du 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 alors non-seulement la mollesse nécessaire, l'éclat 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'olive dans de l'eau chaude, on chauffe la dissolution jusqu'à 85° cent., 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 0/0 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 16 kilogr., et l'on porte les sacs dans un bain de savon semblable au précédent. 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 de l'indigo (dissolution d'indigo lavé). 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 *grége* 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 *grége*, la soie *souple*. On obtient celle-ci en traitant les écheveaux par de l'eau bouillante contenant très-peu de savon (1 kilogr. de savon pour 23 kilogr. 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 0/0. Pour blanchir la soie *grége* 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 0/0. Après neutralisation du liquide restant avec de la craie, on peut extraire par distillation la majeure partie de l'alcool.

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 318, 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 ou du fil de laine à peigne, de l'alpaca 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 de 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 en différentes 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 : 1° étoffes unies; 2° étoffes croisées; 3° étoffes façonnées; 4° gaze ou crêpe; 5° velours.

a. Aux *étoffes de soie unies* appartiennent : 1° 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; 2° 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.

b. Parmi les *étoffes croisées*, se rangent : 1° les différentes *serges* (*croisé*, *levantine*, *drop de soie*, *bombasin*), dont l'endroit est le côté qui laisse voir la plus grande partie de la chaîne; 2° le *satin* avec ses variétés : le satin simple, le satin double, le demi-satin sergé.

c. Aux *étoffes façonnées* appartiennent tous les tissus de soie historiés, à carreaux et à fleurs (droguet, chagrin, satinet, reps, damas de soie, brillant, péquin).

d. Les *étoffes veloutées* comprennent : 1° le *velours* vrai (ciselé ou non ciselé); 2° la *peluche*.

e. Parmi les *gazes de soie* ou *crêpes* on range : 1° le marli; 2° la gaze de soie; 3° le crêpe; 4° la gaze à bluteau et 5° le barége (étoffe 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'é-

toffe 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 alpaca, 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, à la solidité, à l'élasticité, etc., constituent des propriétés qui permettent de grandes variations et modifications dans la confection des étoffes.

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 des fibres 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, alpaca) 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 ils 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 métallique ; 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 fuchsine* 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 filasse 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 qualitatif approximativement exact des deux matières. Le plommate de sodium en solution aqueuse peut aussi servir pour distinguer les fils de 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 nitro-prussiate 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 17) 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 30 diamètres apparaissent sous forme de lignes transversales placées les

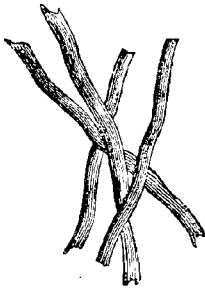


Fig. 313.



Fig. 314.

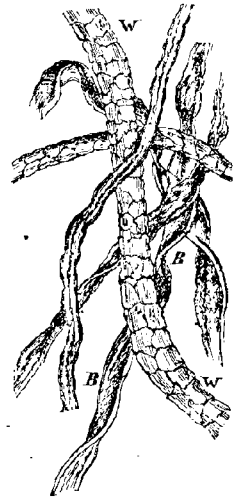


Fig. 315.

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 (alpaca 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. 313) est lisse, cylin-

drique, 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. 314 S) se distingue immédiatement du poil de laine (fig. 314 et 315 W) d'un diamètre inégal et recouvert d'écaillés, et de la fibre de coton (fig. 315 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 filoselle).

TANNAGE DES PEAUX.

Généralités. — Le *tannage* a pour but de transformer la peau (surtout la peau des grands animaux) 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 très-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, on le doit en majeure partie aux recherches lumineuses de *Fr. Knapp* et de *Rollet*.

La peau n'est pas, à proprement parler, la substance que travaille le tanneur, c'est la *peau nettoyée* ou *cuiret*, 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° il doit détruire autant que possible la tendance de la peau à se putréfier ; 2° il doit communiquer à la peau la propriété de se présenter, après la des-

siccation, 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 cuir), 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° L'acide tannique dans le *tannage véritable* ou *au tan* ;
- 2° L'alun ou le sel marin dans la *mégisserie* ou *tannage à l'alun* ;
- 3° 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* A (fig. 316), est

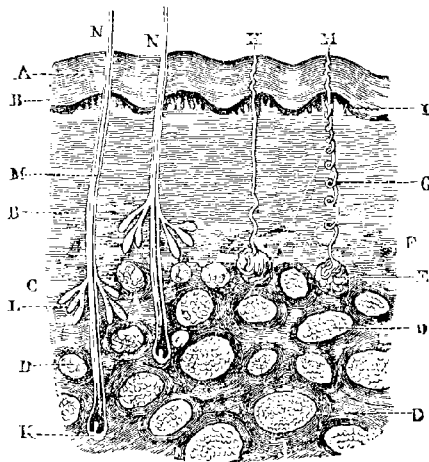


Fig. 316.

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 Malpighi*) B ; 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 NN 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 subitement 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 matériaux 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 qui transforme la peau animale en cuir. On sait que le tannin de la noix de galle, qui du reste n'est *jamais* 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 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.

Écorce de chêne. — L'*écorce de chêne* est la matière tannante la plus importante, elle ne peut être remplacée par aucune autre substance ; on comprend sous cette dénomination la couche corticale interne, qui se trouve entre l'écorce extérieure et l'aubier de plusieurs espèces de chênes (*Quercus robur* et *Quercus pedunculata*). Il existe dans l'ouest et dans le midi de l'Allemagne des forêts de chênes dont on coupe les pousses à l'âge de 9 à 15 ans, afin de les dépouiller de leur écorce mince, qui est la meilleure et que l'on désigne dans ces contrées sous le nom de *Spiegelborke*. L'écorce de chêne moulue porte le nom de *tan*. D'après les déterminations de *E. Wolff*, l'écorce de chêne renferme les quantités suivantes de tannin :

	Tannin.	Age des tiges en années.
Écorce rugueuse et grossière avec couche corticale externe.....	10,86 0/0	41 à 53
Couche du liber de la vieille écorce.....	14,43	41 à 53
Couche interne.....	13,23	41 à 53
Couches externe et interne.....	11,69	41 à 53
Couche du liber et couche externe.....	13,92	41 à 53
Couche interne.....	13,95	14 à 15
Couche interne.....	15,83	2 à 7

D'après les recherches de *Büchner* (1867), la richesse en tannin des meilleures espèces d'écorces de chênes ne dépassait pas 6 ou 7 0/0. 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'abatage 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 0/0 de tannin (je n'ai trouvé que 7,3 0/0). 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 0/0 de tannin) ; dans la Hongrie et les Frontières militaires on se sert de l'écorce d'aune (avec 3 ou 5 0/0 de tannin) et dans les États-Unis de l'Amérique du Nord on emploie l'écorce du pin du Canada (*Abies canadensis*)¹. L'écorce d'orme (avec 3 ou 4 0/0 de tannin), l'écorce des jeunes marronniers d'Inde (avec environ 2 0/0 de tannin) et l'écorce de hêtre (avec 2 0/0 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 0/0 de tannin). En Russie l'écorce du saule des sables est employée pour 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 22 0/0 (?) de tannin.

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, 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*), qui dans les pays que l'on vient de nommer croît 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 de 22 à 26,5 0/0 de tannin ; dans le *sumac*

¹ Dans l'extrait de l'écorce du pin du Canada importé d'Amérique en Europe, *Nessler* (1867) a trouvé 11,3 0/0 de tannin.

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 la quercitrine.

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, *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 cette substance les peaux de chèvre, de mouton et de veau, et dans ce pays on donne à sa poudre le nom de *Rausch*.

Dividivi. — 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 *Cæsalpina* ou *Poinciana coriaria*, croissant à Caracas et à 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 0/0, d'après Müller, à 32,4 0/0, d'après H. Fleck et à 19 — 26,7 0/0, d'après R. Wagner) fait des dividivi une matière tannante utile, mais d'un prix élevé ; ils sont quelquefois employés dans la teinture. Il en est de même du *bablah* ou *galle des Indes*, qui 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 0/0 de tannin et R. Wagner 14,5 0/0. Les *algarobillas*, capsules du *Prosopis jalhida* 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.

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 0/0 de tannin. V. *Fehling* a trouvé dans les noix de galle d'Alep 60 à 66 0/0 de tannin, H. *Fleck* 58,71 0/0, plus 5,9 0/0 d'acide gallique.

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. Leur richesse en tannin s'élève à environ 45 0/0. 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) ont été aussi nommés *vallonées*, *gallons du Levant*, *avélanèdes*; ce n'est pas des ex-

croissances produites par des piquûres d'insectes, mais les 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 0/0 ; dans de la poudre de vallonées, 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 0/0. Les écailles de vallonée se trouvent dans le commerce sous le nom de *drillot* ; elles sont plus riches en tannin que les vallonées elles-mêmes (*Rothe y a* trouvé 43 à 45 0/0 de ce corps).

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 *semlata* ; elles sont généralement allongées, cylindriques, quelquefois aussi aplaties, piriformes 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 3 à 10 centimètres et leur épaisseur de 1 centimètre $\frac{1}{2}$ 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 0/0.

Cachou. — Depuis environ cinquante 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 Coromandel, 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 serait préparé avec les noix de l'*Areca 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 qui présentent intérieurement des couches claires et foncées, et, en outre, ils 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 de l'*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 0/0 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 catéchique ($C^{16}H^{14}O^6$), 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.

e 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>Coccoloba avifera</i> ,
Le kino de la Nouvelle-Hollande, par.....	l' <i>Eucalyptus resinifera</i> .

Le kino se présente ordinairement sous forme de petits pains anguleux, cassants et donnant une poudre brun-rouge, d'un noir brillant, 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 0/0 d'un tannin analogue à l'acide cachoutannique. 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 tannique ¹ : 1° l'acide tannique 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

¹ Voyez, pour la description détaillée de ces différentes méthodes : *Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, trad. de l'allemand par *L. Gautier*, p. 677, Paris, 1869.

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*)¹. L'acide tannique est précipité de sa dissolution par de la cinchonine, dont la solution est colorée en rouge avec un peu de fuchsine. Pour précipiter 1 gramme d'acide quercitanique, il faut 0 gr. 7315 de cinchonine, ce qui correspond à 4 gr. 523 de sulfate de cinchonine neutre cristallisé (*R. Wagner*).

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 pelletterie, 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'abatage; plus sa laine est épaisse et longue, plus la peau est mince et moins elle est 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 abattoirs les plus voisins (une peau de bœuf fraîche, telle qu'elle est fournie par le boucher, pèse 25 à 30 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

¹ Les matières qui accompagnent le tannin dans l'écorce de chêne étant attaquées par le permanganate de potassium et rendant par suite le résultat défectueux, *Neubauer* (*Zeitschrift für analytische Chemie*, t. X, p. 1, 1871) a proposé récemment de titrer d'abord toutes les matières oxydables, puis d'opérer un second titrage après avoir enlevé le tannin à la décoction de l'écorce par le charbon animal. (Note du traducteur.)

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'elles 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 du 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 ramollissage ou trempage des peaux ;
- 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 *trempage* ou *ramollissage 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. Pendant le trempage les peaux sont retirées de l'eau et de nouveau 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*. 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 antérieure, 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 fer-

mentation 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 poignée.

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° centigr., 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 de 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 *sulphhydrate 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 *sulphhydrate 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.

Débouillage. — 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*. 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 celle-ci 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 0/0 de son poids.

4° *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 se composent essentiellement des acides propionique, lactique et butyrique. 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 ou le carbonate calcaire, et les acides qu'on met 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 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 et propionique) sont les éléments actifs, *Macbride* et *Seguin* ont proposé d'employer pour le gonflement de l'acide sulfurique étendu (1 : 15,000); 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 on y place le cuiret.

B. Tannage du cuiret gonflé. — Le derme proprement dit, après avoir subi le nettoyage, le planage 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*).

1. *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 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 30 à 35 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 à ce 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 kilogr., cette quantité de tan se répartit de la manière suivante :

1 ^{re} fosse.....	40 kilog.
2 ^e	35 —
3 ^e	30 —
	<hr/>
	105 kilog.

La peau tannée pèse après la dessiccation environ 22 kilogr. (par conséquent 10 à 120/0 de plus que la peau brute sèche¹). 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*.

2. *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 un 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 gagne beaucoup de temps, si l'on compare cette manière d'opérer avec pénétration de la peau par le tan qui, dans l'autre procédé, 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 abrégé le temps nécessaire pour le tannage peuvent être

¹ En général, les tanneurs bavaois emploient par 50 kilog. de cuir à semelles 250 kilog. d'écorce de chêne, 180 kilog. pour le cuir à œuvre, 170 kilog. pour le veau. 50 kilog. d'écorce de chêne coûtent 2 florins 1/3 à 4 florins (de 6 à 10 francs).

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 abréger 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 des 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 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 le 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 *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, il les étend sur une planche percée de trous et il 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 *Hera-path*, 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 à ce 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. A l'aide 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 si-tupeuse est complètement tanné en une heure tout au plus. 8° *Knowly* et *Knesburg* 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.

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, ils 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 l'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 le 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 mus par l'eau et la vapeur. Depuis environ vingt 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 sont généralement soumises les espèces de cuirs que l'on vient de nommer 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 drayoire 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 veau destinées à la cordonnerie. La peau tannée est, après la dessiccation, attachée à un châssis, la *herse*, de manière à ce 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 quioissage.

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 de 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 lissées ; c'est pourquoi elles sont mouillées après le drayage, puis lissées avec un couteau et ensuite polies des deux côtés à plusieurs 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 agénéralement 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 emploie ordinairement de l'huile de poisson ou un mélange d'huile de poisson et de suif, ou mieux 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. 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 du cuir et le 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 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* (en allemand *Juften* ou *Juchten*) 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 *Juften* que l'on donne en Allemagne au cuir de Russie est tiré du mot russe *jufti*, 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 de 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, râclées sur le cheval et modérément séchées, après quoi elles sont imbibées d'huile de bouleau. En Russie on obtient cette huile en fabricant du goudron avec l'écorce du bouleau blanc (d'après d'autres 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, quioossées, rebrous-sées 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, chassent les insectes et les vers ; on s'en sert aussi pour confectionner des bottes, des ouvrages de gainerie, des ceintures, des portefeuilles, etc.

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 mouton, 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 teintes et corroyées. Sous le nom de *Meschinleder* (expression qui équivaut au nom français de *cuir en croûtes*)

elles arrivent dans cet état à Vienne et à Leipzig pour être teintes, lustrées et apprêtées par les 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 α . à l'*auge* (pour les maroquins véritables), ou β . à la *brosse* (pour les maroquins faux). α . La teinture 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 à ce 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. β . 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 ¹.

Le *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 et 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.

¹ *Boelsche*, Referasim amtlichen Berichte über Pariser Ausstellung, 1867. Berlin, 1868, v^e partie, p. 376.

Le cuir verni 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° cent., 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 celle-ci s'effectue à une température moins élevée.

La préparation des cuirs vernis lisses 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 et les ailes de crotte des voitures.

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 rennes ; 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-bourreliers 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. A 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 (*écouvilles, 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 *ramollissage* 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 *enchaussage* pour ne pas faire perdre de la valeur à la laine.

Dans ce but les peaux sont étendues sur la terre le côté de la chair tourné en haut et enduites d'une bouillie préparée avec parties égales 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 à ce 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 râclées 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 gram. d'alun, 300 gram. 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'étoffe. On considérait les sulfates alcalins contenus dans l'étoffe 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'étoffe, 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 récentes de *Knapp*, 1866, ont même appris qu'en employant 1 atome d'alun de potasse et 3 atomes 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.

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 *palisson* et elles sont alors propres à être livrées 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-bourreliers, 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 kilog. 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 être employé. 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° Cuir 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 mégit), 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 3 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 simple étirage, 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.

4° **Cuir de Knapp.** — La *préparation du cuir avec des savons insolubles*,

découverte par *Knapp*, semble devoir acquérir une certaine 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 solution 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 correspondante 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 qui 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 qui 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 potassium, 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 et 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 sa-

vonneuse 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 4-7 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 chorian 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 ratatiner 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 portions 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 pelotes, 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, sur le plancher de laquelle est étendue 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 (30 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 345, est employée pour le corroyage du cuir tanné au tan. Les cuirs dégraissés 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 à ce 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, et 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 que les Français nomment *vêlin* ou *parchemin vierge* et les Anglais *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 moutons 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) râclées 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 râclée 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 râclés 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 râclé 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 dédouble. Le parchemin, après avoir été desséché sur le châssis, est souvent enduit avec de la craie, râclé 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, sagrel) 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 toutes 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 râclées 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 sur le 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, 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, etc. 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) 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 glutine 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 0/0 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.

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* et de *colle albuminoïde*.

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 0/0 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 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 gelée;

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 kilog. de colle-matières une lessive préparée avec 5 kilog. de carbonate de sodium calciné et 7 kilog. $1/2$ 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 elles 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 arrosées avec de l'eau tiède, de manière à ce 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 colle-matières augmentent de volume, elles deviennent transparentes et fondent peu à peu. Aussitôt que toutes les colle-matières sont 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 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 il 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, ou mieux, de houblon a fourni, dans des expériences en petit, d'excellents résultats.

Coction fractionnée. Si l'on emploie la méthode plus convenable de la *coction 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 de 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 colles-matières non recouvertes par l'eau et les transforment en colle. Lorsque au bout d'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 colles-matières. 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. L'expérience a appris que la colle obtenue avec la première décoction possède une force adhésive beaucoup plus grande que celle fournie par les dernières. On emploie quelquefois pour la dissolution des colle-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 colle-matières sont déposées sur ce fond. Lorsque pendant la cuisson les vapeurs se dégagent trop rapidement pour pouvoir traverser les colle-matières, elles compriment la solution et la font passer dans le tube, de telle sorte que le liquide passe sans interruption sur les colle-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 de bois par des moules de zinc ou de tôle. Lorsque les moules ont été placés bien horizontalement, on les remplit jusqu'au bord avec la solution de colle encore tiède et ensuite 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 un plan humide, et ensuite on l'enlève. Le bloc qui reste sur le plan 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, livre la colle au commerc sous forme de *gelée*. Il est vrai qu'il est prouvé que la force adhésive de la colle est considérablement améliorée par la dessiccation à l'air.

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 crévaissent 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 sèchent 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, produite aux dépens de l'osséine, qui forme presque le tiers (32,17 0/0) du poids des os, 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 de fonte ou de cuivre. La graisse des eaux 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 dégraissage et l'égouttage, on introduit les os dans des corbeilles et celles-ci dans des cuves de 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 (= au poids spécifique de 1,5 = 10,6 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. *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 de 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 la 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 de 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 indirecte 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*.

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 déjà généralement répandu 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 36° 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 *Knaffl*, on prépare une colle liquide excellente en chauffant pendant 10 ou 12 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 ne se liquéfie pas 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 ténacité 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 blanc 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 glutine et de l'absence de corps étrangers, qui affaiblissent sa force adhésive, *Graeger* a déterminé la quantité de la glutine en précipitant la solution de la colle avec le tannin. Du poids du tannale de gélatine (sa composition pour 100 parties étant supposée représentée par 42,74 parties de glutine et 57,26 parties de tannin), il déduisait la richesse de la colle en glutine pure. *Risler-Beunat* 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 20 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 essaye 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° cent., elle gonfle considérablement et elle 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 18° cent., afin qu'il se prenne en gelée sur les bords d'un gobelet de verre (fig. 317), 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

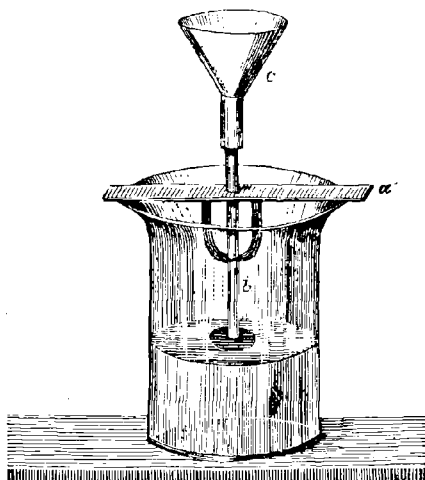


Fig. 317.

d'une capsule. Le fil avec la capsule pèse 5 grammes et il se meut librement 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'enfoncer dans la gelée; 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 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 seulement dans le cas où

la colle se séparerait de la colle. *Weidenbusch* voit dans le gypse 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 qu'il déshydrate à 120 ou 150° cent. 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 gypse sont imbibées avec des solutions de différentes sortes de colles, des charges différentes sont nécessaires pour les briser, et si le poids dont le gypse 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 de colle 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 à ce 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 gypse va être recouvert, et l'on met ensuite les baguettes de gypse 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 (*ichthyocolle*). — La membrane interne pulpeuse et vasculaire de la vessie nataoire des poissons de l'ordre des Ganoïdes, auquel appartient le *grand esturgeon* (*Accipenser huso*), l'*esturgeon commun* (*Accipenser sturio*), le *Wardick* (*Accipenser Guldenstaedti*) 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 *russe*s (la meilleure est celle d'Astrakan), de l'*Amérique du Nord* (provenant du *Gadus mertucius*), des *Indes orientales* (extraite du *Polynemus plebejus*, elle se rencontre sous forme de feuilles ou de bourses formées de la vessie nataoire tout entière), de la *baie d'Hudson* (fournie par des esturgeons communs), du *Brésil* (cette sorte est, paraît-il, extraite

d'espèces du genre *Silurus* et *Pimeladus*, et elle se rencontre sous forme de tubes, de boules et de disques), et enfin les 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 gelée 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 nataoire. 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 la 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, de l'emplâtre anglais, etc. Depuis quelques années le Français 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 première 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 connaît 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 une toile de lin ou de métal ; on les transporte de nouveau avec celle-ci 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 suivant l'usage que l'on veut en faire. On peut employer la colle végétale 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, etc. ; 3° pour coller le cuir, le papier, le carton, etc. ; 4° pour l'encollage dans la fabrication des tissus ; 5° pour clarifier des 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 et 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 élastique 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 désagrèger 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 celle d'Amberg et de

Redwitz en Bavière et dans celle de Diez dans le duché de Nassau ¹⁾, ainsi que dans les os en quantité assez considérable pour qu'il soit possible de l'extraire de ces matières.

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 0/0 de phosphore, la sombrérite² 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.

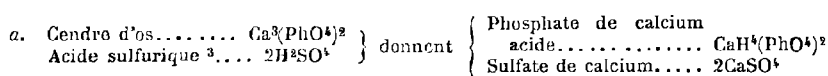
Les os, tels qu'il sont livrés au fabricant, contiennent :

à l'état sec, mais non calcinés.....	11 à 12 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	84,39
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 :



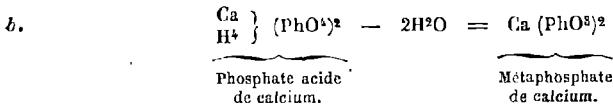
et le phosphate acide de calcium mélangé avec du charbon est chauffé

¹ D'après une analyse de *Th. Petersen* (1866), la staffélite de Diez contient 36,78 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 1868 à 30,000,000 de kilogr. (3 fr. 80 à 5 fr. les 100 kilogr.).

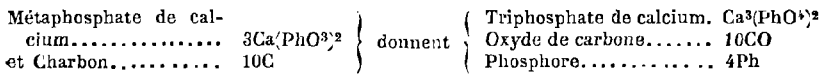
² La sombrérite, minéral qui se trouve en grande quantité aux Antilles, notamment dans l'île de Sombrero, se compose essentiellement de phosphate et de carbonate de calcium. Elle est maintenant apportée en Europe où on l'emploie pour fabriquer des engrais artificiels et du phosphore. D'après *F. Sandberger*, 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.

³ Le poids moléculaire technique de l'acide sulfurique anglais = 106.

dans des vases appropriés, où il se transforme en métaphosphate de calcium en abandonnant de l'eau :



Si l'on continue de chauffer jusqu'au rouge-blanc, le métaphosphate de calcium est réduit de telle sorte que l'on obtient les 2/3 du phosphore du phosphate de calcium, tandis que l'autre tiers reste dans le résidu :



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 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 366), 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° Calcination des os et pulvérisation de la cendre ;
- 2° Décomposition de la cendre par l'acide sulfurique et évaporation du phosphate acide de calcium avec du charbon ;
- 3° Distillation du phosphore ;
- 4° Raffinage et conservation du phosphore.

1° Calcination des os. — Les os employés pour la fabrication du phosphore sont en majeure partie fournis par les ateliers d'équarrissage qui se 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 de fours à chaux à cuisson continue. La figure 318 représente un four de ce genre. Sur la sole du four on place une couche de bois, puis les os, on allume le bois et l'on entretient le feu en ajoutant du charbon frais. Les os calcinés sont extraits par les canaux *b* ; ils sont remplacés par des os frais. Les gaz à odeur extrêmement désagréable qui se dégagent pendant la calcination

sont conduits dans une cheminée tirant bien. Il est encore mieux de brûler ces gaz aussi complètement que possible, ce qui produit en même temps une économie de combustible.

100 kilog. d'os frais fournissent de 50 à 55 kilog. d'os calcinés qui au

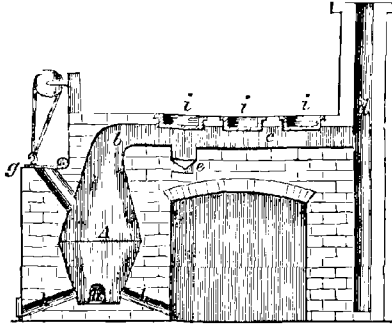


Fig. 318.

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. — Les os calcinés et concassés sont décomposés par l'acide sulfurique concentré. 100 kilog. de cendre d'os (contenant environ 80 kilog. de biphosphate de calcium) exigent pour leur décomposition :

106,73 kilogr.	d'acide sulfurique	d'un poids spécifique de	1,52
85,68	—	—	1,70
73,63	—	—	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 revêtues de plomb ou dans des baquets de sapin goudronnés (ou enduits intérieurement d'asphalte de goudron). La lessive séparée du précipité a un poids spécifique de 1,05 à 1,07, ce qui correspond à 8 ou 10° Baumé. Le résidu est épuisé avec de l'eau et la lessive faible ainsi obtenue (elle marque 3 ou 6° Baumé) est versée dans les chaudières de plomb où doit s'effectuer la concentration. Le liquide obtenu par un lavage du résidu dans les cuves est employé au lieu d'eau pour être mélangé avec l'acide sulfurique, qui sert pour la désagrégation d'une nouvelle quantité de cendre d'os. La concentration du liquide acide à 45° Baumé (= un poids spécifique de 1,45) s'effectue dans de petites chaudières, 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. 318, ii). La lessive amenée à la consistance nécessaire est mélangée avec du charbon de bois concassé en

fragments gros comme une lentille (pour 100 parties de lessive 20 ou 25 de charbon) et desséchée sur le feu dans des chaudières de fonte.

La masse desséchée 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 ($\text{CaH}^3, {}^2\text{PhO}^4$); 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 argile réfractaire, ayant une grande analogie avec celles qui sont employées pour la préparation de l'acide sulfurique de Nordhausen. 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. La partie postérieure et inférieure des cornues repose sur un des côtés du foyer; la partie antérieure ou le col passe dans une ouverture pratiquée dans le côté opposé, qui n'est muré que lâchement. Par cette ouverture on met les cornues en place dans le four et on les en retire quand l'opération est terminée. Il reste entre les cornues un espace libre de 12 à 15 centimètres afin que la flamme puisse passer entre celles-ci. 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 ($\text{Ca}^3, {}^2\text{PhO}^4$).

Les récipients en argile vernie au plomb, dont on se sert en Allemagne, se composent de deux parties : l'une est un vase cylindrique ouvert supérieurement, l'autre pénètre dans la première à une profondeur de quelques pouces et lui forme une sorte de couvercle; supérieurement elle se termine par un tube ouvert qui forme un col court. Entre ce col et le bord, qui plonge dans le vase inférieur, se trouve un tuyau ne faisant qu'une seule pièce avec cette partie; à son extrémité extérieure ce tube

a un diamètre assez grand pour pouvoir admettre commodément le col des cornues; à l'intérieur du vase il fait une saillie d'environ 10 centimètres, de sorte qu'il peut être bouché par l'eau, et il plonge dans celle-ci, lorsque l'autre partie du récipient est pleine d'eau.

Les cornues sont chargées avec 6 ou 9 kilog. de la masse à distiller et disposées dans le four chacune dans une niche spéciale faite en briques lutées avec de l'argile, et pendant que l'on chauffe lentement le four à l'aide d'un feu doux, on met en place les récipients remplis avec de l'eau. Dans chaque récipient on place une petite cuiller de tôle fixée à un fil de fer, qui lui sert de manche. 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. A cette période on lute avec de l'argile les joints entre les cornues et les récipients, de manière à ce qu'il ne reste qu'une petite ouverture, qui sert pour le dégagement des gaz et que l'on maintient toujours libre en y passant de temps en temps un fil de fer. 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 botte en forme de toit, au milieu de laquelle se trouve une cheminée de bois qui conduit les gaz au dehors. La distillation du phosphore commence dès qu'une petite quantité d'une masse rouge (phosphore amorphe) se dépose sur le col des cornues dans l'espace maintenu ouvert entre ce col et le tube des récipients, et à ce moment on peut observer dans ceux-ci des bulles gazeuses, qui s'enflamment spontanément. Dès que les gaz inflammables s'échappent par les joints, on introduit dans les récipients les cuillers de tôle, de manière à ce que le phosphore qui se condense dans le tube des récipients y tombe goutte à goutte. On se rend un compte exact de la marche de la distillation d'après la quantité de phosphore qui tombe dans les cuillers en un temps donné; on retire de temps en temps celles-ci, de manière à en voir le contenu et à le vider au-dessous de la surface de l'eau, et l'on continue de toujours recueillir à part le phosphore qui distille; on est par suite en état de se rendre un compte exact de la quantité qui passe à la distillation. Après que le dégagement des gaz combustibles a commencé, il ne cesse pas un instant pendant toute la durée de l'opération; si l'on maintient ouverts les joints dont il a été déjà parlé, ou si l'on emploie à la place des récipients des pots munis d'une ouverture pour laisser échapper les gaz, on observe pendant toute la durée de l'opération une petite flamme bleue. Pendant la distillation on maintient l'eau des récipients à une basse tem-

pérature. 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 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 de fer, après quoi on les charge de nouveau ainsi que le four.

100 kilog. de 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 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,

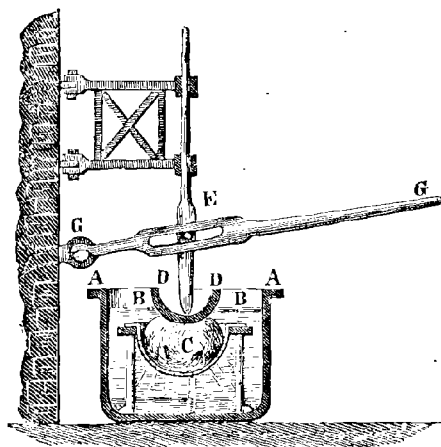


Fig. 319.

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.

4° 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 (fig. 319) ainsi obtenue dans une passoire en cuivre contenue dans un vase qui renfermait de l'eau chauffée à 50 ou 60°. Aussitôt que tout le phosphore était fondu, on appliquait sur la bourse une capsulc de 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 main-

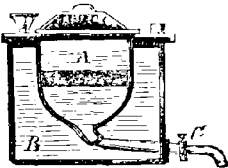


Fig. 320.

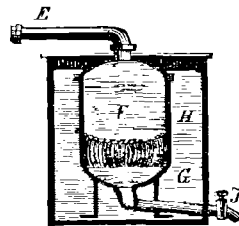


Fig. 321.

tenant 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 terre du vase A et l'on remplit celui-ci aux deux tiers avec de l'eau, dont la température est maintenue à 60° au moyen du bain-marie B (fig. 320 et 321). 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. 321) 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 lequel passe le phosphore comprimé par la pression de l'eau. Le phosphore épuré coule par le robinet J.

D'après un deuxième procédé, on se sert de plaques poreuses faites avec de la pâte de briques réfractaires; ces plaques sont disposées dans des cylindres de 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 de fonte. Chacune de ces cornues est

placée dans un fourneau où elle repose sur un trépied de 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 de 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 de 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 de cuivre établie dans une maçonnerie (fig. 322), et au fond de laquelle est soudé un canal de cuivre 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 deux tubes de verre *aa*. Le canal ouvert est partagé par une cloison de bois étanche *cc*, qui empêche la com-

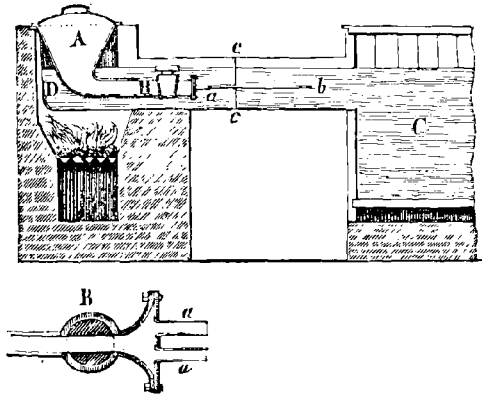


Fig. 322.

munication 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 *a, b*, 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 de *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.

On conserve le phosphore moulé dans une caisse revêtue de fer-blanc qui contient environ 300 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 hachée 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 de 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 de 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 *Donovan*, 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 *Donovan* 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 de pierre appropriés à cet usage. D'après la théorie, 156 parties de triphosphate de calcium ($\text{Ca}^3,2\text{PhO}^4$) exigent 73 parties d'acide chlorhydrique anhydre, et il en résulte 100 parties de chlorure de calcium, 100 parties de phosphate de calcium acide et 18 parties d'eau. En outre, il se forme par calcination de 100 parties de phosphate acide de calcium et de 20 parties de charbon 21,2 parties de phosphore, 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 1/4 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 immédiatement 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 1837 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 à coke et employé de nouveau; les phosphates sont ainsi précipités à l'état insoluble. — Enfin *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'azolite 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 pen-

durant 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 phosphorique 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 on en mélange avec certains alliages métalliques (métaux des canons et des cloches).

Phosphore rouge ou amorphe. — *V. Schrötter*, de Vienne, découvrit en 1848 que la propriété (déjà observée par *E. Kopp*, en 1844) que possède le phosphore ordinaire de prendre une couleur rouge sous l'in-

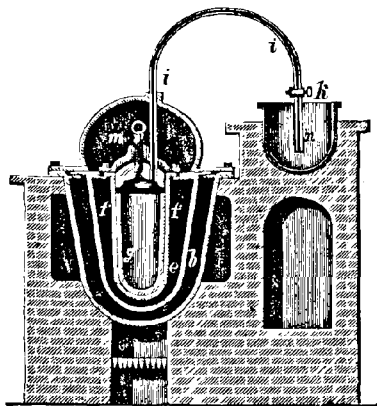


Fig. 323.

fluence 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 le prépare en grand dans l'appareil recommandé par *A. Albright*, de Birmingham, et qui est représenté en coupe par la figure 323.

g est un vase de verre ou de porcelaine dont on remplit les $5/6$ environ avec des petits morceaux de phosphore et que l'on chauffe à 230 ou 250° . Le vase *f* est placé dans un bain de sable, qui est chauffé par un bain métallique *b*. Le vase *g* est fermé par un couvercle vissé *m*. Du couvercle

part un tube recourbé 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. Après le refroidissement de l'appareil, on retire le phosphore amorphe du vase *g*, on le broie sous l'eau de manière à faire une bouillie claire et éliminer le 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 phosphore 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 dissout 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. II, page 271). Broyé avec du peroxyde de plomb, il détone

faiblement; mais, lorsqu'on chauffe, il donne lieu à une forte explosion.

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 dix 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.

La production du phosphore est représentée actuellement à peu près par les chiffres suivants :

Angleterre.....	75,000 kilogr.
France et Italie.....	100,000 —
Zollverein et Autriche.....	100,000 —
	<hr/>
	275,000 kilogr.

pour la fabrication desquels il faut 3,300,000 kilogrammes d'os.

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 *Neuwied*¹, par exemple, est encore fréquemment employé par les tourneurs pour carboniser le bois superficiellement

¹ *Darwin's Reisen*, t. II, p. 182; v. *Neuwied*, *Reise nach Brasilien*, t. II, p. 18.

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 1823, *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 fut 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'enflammait 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 sucre de canne (coloré avec du cinabre), qui, en détonant, lorsqu'on le trempait dans 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'acide sulfurique imbibé d'amiante. 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 1830, sous le nom de *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, conduisent 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 1803 pour confectionner des briquets. En 1809 *Derepas* chercha à diminuer la grande inflammabilité du phosphore en le mélangeant avec de la magnésic qui avait pour effet de le diviser. *Derosne* serait au contraire le premier (1816) qui aurait préparé des allumettes phosphoriques à friction. Vers 1833 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 allumecigares, etc. A peu près dans le même temps *Fr. Moldenhauer*, de Darmstadt, fabriqua aussi des allumettes phosphoriques ¹. 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 1833 le chlorate de potassium fut partielle-

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.

ment remplacé par *Trévany* par un mélange de minium et de peroxyde de manganèse ; en 1837 *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 gigantesques¹.

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 arrivée 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 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

¹ 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 2,617,000 florins (= 6,618,100 fr. environ). L'état florissant de cette industrie en Autriche est dû principalement à trois hommes, *Stephan Romer*, *Johann Reshel* et le chevalier *von Pollack*. Le premier a perfectionné le débitage du bois en tiges, *Reshel* la pâte inflammable, et le dernier a ouvert les débouchés à la marchandise autrichienne.

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 à l'exposition internationale de 1867, il semble qu'un grand rôle soit 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 trans-

versale 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 *Anthon*, de Darmstadt, qui a été rapidement adopté dans l'Allemagne sud-ouest, 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 Norvège) 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 de 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 3 centimètres de diamètre donne 400 baguettes, qui avec une longueur de 1 mètre fournissent chacune 15 allumettes. La fabrication

de ces 6000 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 (1831), 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 de 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 830 petits copeaux fournissant chacun 45 allumettes.

Depuis quelques années on parle beaucoup de la machine à raboter de *Wrana*. Cette machine imite, comme celle de *Neukrantz*, le rabotage à la main, mais d'une manière beaucoup plus parfaite parce que 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, qu'il faut 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 *Wrana*, 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 *Long* 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 le bloc 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 : la colle ou la gomme du Sénégal, ou la matière collante quelle qu'elle soit, 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 1/10 ou 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 le sulfure de carbone 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 dernier, l'emploi de ce dissolvant indiqué, par *Wagner* en 1835, est encore possible même si on laisse perdre les vapeurs de sulfure de carbone. L'usage de la solution du phosphore dans le sulfure de carbone offre en outre, cet avantage, que l'on peut travailler à *froid*, parce que la dissolution n'a besoin que d'être incorporée 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 Ph^2S . Il a préparé des pâtes inflammables avec 3,5 0/0 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 em-

ploie 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 elle 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 du benzol.

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.....	1,5 pp.	
Gomme du Sénégal.....	3,0	
Noir de fumée.....	0,3	
Minium.....	5,0	}
Acide azotique à 40° Baumé.....	2,0	
II.		
Phosphore.....	8,0 pp.	}
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	

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 *minium oxydé*.

Dissous dans la quantité nécessaire de sulfure de carbone.

On ne peut mettre en doute que la pâte ne soit encore susceptible de nombreuses améliorations.

3. **Chimicage 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 lon-



Fig. 324.

gues 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. 324). Une ouvrière place une allumette 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 flanelle 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 munies 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. 325 et 326). Une ouvrière 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. Watch*, de

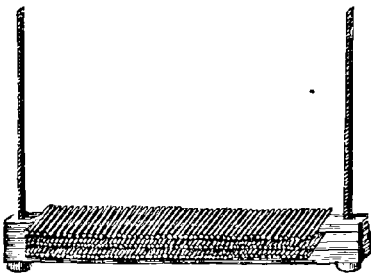


Fig. 325.

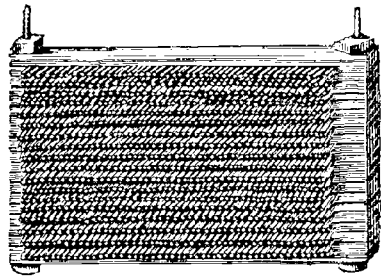


Fig. 326.

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 qu'elles 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 parfaite-

ment horizontale (ordinairement en calcaire de Solenhofen ; on emploie aussi quelquefois dans ce but des glaces dépolies).

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 goutelette, 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.

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 *Warra*, 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, 3 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 1000 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 *H. Wara*, de Vienne, 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* a proposé, en 1861, une pâte qui mérite d'attirer l'attention et qui a été souvent imitée; elle est composée de la manière suivante :

Chlorate de potassium.....	7,8 parties.
Hyposulfite de plomb.....	2,6 —
Gomme arabique.....	1,0 —

Parmi les pâtes sans phosphore jusqu'à présent connues, celle de *Wiederhold* est la meilleure. *Jettel* (de Gleiwitz) indique les mélanges suivants pour pâtes sans phosphore :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	<i>d.</i>
Chlorate de potassium.....	4	7	3	8
Soufre.....	1	1	—	—
Bichromate de potassium.....	0,4	2	—	0,5
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. Enfin nous ne devons pas passer sous silence, les expériences faites par *H. Fleck*¹, dans le but d'appliquer le *sodium* à la fabrication des allumettes.

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 masse en excès. À 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. L'industrie des allumettes-bougies s'est concentrée en Autriche et à Marseille. Cette dernière ville a maintenant pour ainsi dire le monopole de cette industrie pour une grande partie de l'Europe centrale.

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. — Avant de carboniser les os, il faut les faire bouillir avec de l'eau pour éliminer la graisse et les faire ensuite

¹ Voyez *Jahresbericht der chem. Technologie*, 1868, p. 820.

sécher, ou bien les traiter par le sulfure de carbone. La graisse ainsi obtenue (5 à 6 0/0 du poids des os) constitue un produit secondaire de la fabrication du noir ayant une certaine valeur. On carbonise les os soit en recueillant les produits volatils, soit en faisant brûler ceux-ci. Dans le premier cas on introduit les os dans des cornues ou des cylindres de 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 327, les cylindres sont placés verticalement; les os sont introduits par l'ouverture M, et, lorsque la calcination est achevée, on enlève l'obturateur H qui ferme le fond du cylindre; celui-ci se vide et le noir tombe dans l'étouffoir V, où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Les expériences faites en Allemagne ont appris que le noir animal ainsi obtenu a des propriétés déco-

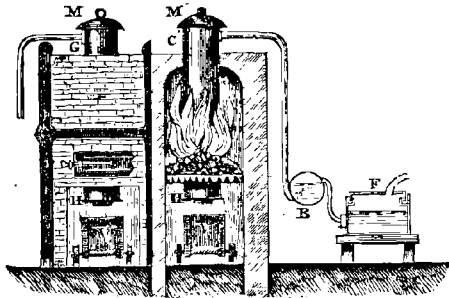


Fig. 327.

lorantes moins développées que lorsqu'on carbonise les os dans des pots de fonte en laissant brûler les produits volatils. C'est pourquoi on se sert maintenant généralement en Allemagne de l'ancienne méthode (au contraire, d'après *Lunge*, ce sont des cornues que l'on emploie le plus souvent en Angleterre et en Écosse), qui est pratiquée de la manière suivante : on remplit des pots de fonte avec des os concassés, on place les pots les uns sur les autres, on garnit avec de l'argile les joints entre les ouvertures des pots, et l'on met ceux-ci dans un four, où ils sont chauffés par la flamme d'un foyer adjacent. Au bout de quelque temps, les vapeurs qui s'échappent par les joints des pots s'enflamment spontanément et produisent la carbonisation ultérieure des os, dont on reconnaît la fin à la cessation du dégagement des vapeurs. On obtient de cette manière de 55 à 60 0/0 de charbon d'os, dans lequel le charbon proprement dit est mélangé presque avec 10 fois son poids d'éléments minéraux. 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 de 7 à 10 0/0 d'humidité. Les os carbonisés sont granulés à l'aide de machines spéciales;

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.

Propriétés du noir animal. — Le noir animal possède à un haut degré la propriété d'absorber les matières organiques et inorganiques 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 *Anthou*) 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.

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. *Poyen* 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 le liquide. Le noir qui donne le liquide le plus clair est le meilleur ¹. *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.....	1
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

¹ Voyez, pour plus de détails : *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, p. 469, trad. de l'allemand par le D^r *L. Gautier*. Paris, 1869.

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 sa structure capillaire est moins prononcée, que celle-ci ait été modifiée par division mécanique ou par dissolution des sels calcaires dans des acides. *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.

Revivification du noir animal. — Comme on le sait, le noir animal est surtout employé pour éliminer les sels et la chaux des jus sucrés. Lorsqu'une certaine quantité de ces jus a été filtrée sur du charbon, celui-ci a perdu sa faculté absorbante pour les sels; on peut, à l'aide de différents moyens, lui restituer une partie de cette faculté. Les moyens que l'on emploie pour la revivification du noir animal sont la calcination, le lavage, la fermentation ou l'action de la vapeur d'eau. On effectue maintenant presque généralement la revivification du noir en le dépouillant d'abord par l'eau de toutes les parties solubles et en décomposant ensuite les matières organiques par calcination. Le charbon ayant déjà servi peut être revivifié de cette manière 20 ou 25 fois. Cette méthode présente cet inconvénient, que pendant la calcination les substances organiques sont incomplètement décomposées et restent sous forme de charbon dans les pores du noir, ce qui diminue le pouvoir décolorant de ce dernier. Il est plus avantageux de laisser d'abord fermenter le charbon, puis de le traiter par l'acide chlorhydrique étendu, de le laver et enfin de le calciner. On emploie dans les fabriques de sucre (voyez page 93), pour la revivification du noir animal épuisé, des quantités considérables d'acide chlorhydrique.

Succédané 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. 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 varech* proposé récemment mérite peut-être plus d'attirer l'attention.

LAIT, BEURRE, 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 pour fournir en quantité suffisante pour l'accroissement tous les éléments nécessaires aux jeunes animaux. Les principaux éléments du lait sont le sucre de lait (lactose), la caséine, le beurre, des sels minéraux, comme le chlorure de potassium, le chlorure de sodium, le phosphate de calcium, etc., et l'eau. La composition centésimale moyenne du lait de vache est la suivante :

Beurre.....	3,288	} 12,524 0/0
Sucre de lait et sels solubles.....	5,129	
Caséine et sels insolubles.....	4,107	
Eau.....		87,476
		<hr/>
		100,000 †

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 dans laquelle se trouvait le beurre, mais on sait maintenant, d'après les travaux 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*¹, qui décompose le caséinate de sodium et met 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. 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

¹ L'*acide lactique* (C³H⁵O³) 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 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.

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°. Au bout de deux heures, celui-ci est coagulé. 21 parties de présure sont suffisantes pour produire la coagulation de 1800 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 1000 d'une substance protéique particulière (désignée par *Millon* et *Commaille* sous le nom de *lactoprotéine*¹), est employé en Suisse 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, il 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 Giesmansdorf, en Silésie (b), contenaient les substances suivantes (1868) :

	a.	b.
Sels.....	0,03	0,16
Substances insolubles.....	0,03	0,05
Corps organiques étrangers.....	1,14	1,29
Sucre de lait.....	98,80	98,50
	100,00	100,00

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

¹ Le lait de vache contient 2 gr. 9 à 3 gr. 49 de lactoprotéine par litre, le lait d'ânesse 3 gr. 24, le lait de femme 2 gr. 77, le lait de brebis 2 gr. 53, et le lait de chèvre 1 gr. 52 (Voyez *L. Gautier*, Des matières albuminoïdes, Paris, 1865).

conservation du lait, parce qu'elle restreint l'accès de l'air. On peut encore empêcher le lait de devenir aigre ou arrêter le phénomène lorsqu'il est commencé en ajoutant une petite quantité d'un carbonate alcalin ou de borax. On peut arrêter la coagulation du lait, mais non son acidification, en y ajoutant du salpêtre, du sel marin et en général des sels à base alcaline.

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 mouton ¹. 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. Gopelsröder*, 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 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 *galactoscope* 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 galactoscope permet de regarder à travers une couche de lait dont la longueur peut être augmentée, 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

¹ Voyez pour ces différentes falsifications, ainsi que pour l'essai du lait : *P. Bolley*, *Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc.*, p. 651, traduit de l'allemand par le Dr *L. Gautier*. Paris, 1869.

la solution éthérée. Le beurre qui reste est pesé. Du lait non falsifié donne de 3,1 à 3,56 0/0 de beurre et de 10,6 à 11,02 0/0 de crème. *C. Reichelt* a tenté récemment avec succès d'appliquer l'essai halimétrique (voyez page 190) à la détermination de la richesse du lait en eau.

Usages du lait. — Le lait sert soit comme aliment, soit pour la fabrication du beurre et 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'alcanna, et qui plus tard est décoloré avec du lait. L'*extrait de lait* obtenu dans ces derniers temps (par une compagnie américaine établie à Cham, près Zug en Suisse, à Kempten dans l'Algau et à Hildburghausen) par évaporation du lait dans le vide et addition de sucre de canne, paraît être la meilleure forme (d'après les recommandations de *v. Liebig* et *Trommer*) sous laquelle le lait puisse être conservé. Ce lait condensé se compose (en moyenne) de :

Eau.....	22,44
Substance solide.....	77,56
	<hr/>
	100,00

Le sucre ajouté forme la moitié des substances solides; le reste se compose de beurre (9 à 12 0/0), de caséine et de lactoprotéine (12 à 13 0/0), de sucre de lait (10 à 17 0/0) et de sels minéraux (2,2 0/0). 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.

Beurre. — Le *beurre* est préparé avec le lait de la manière suivante : dans un endroit frais on laisse reposer le lait, afin que la crème se sépare, on enlève celle-ci à l'aide d'une cuiller et on la verse dans des pots, où on l'abandonne à elle-même, jusqu'à ce qu'elle soit devenue épaisse et légèrement aigre, et pendant ce temps on a soin de la brasser fréquemment. On introduit ensuite la crème dans les barattes, où on la soumet à un battage non interrompu (*barattage*) ayant pour effet de réunir en pelotons les globules de graisse, qui ne se trouvent plus dans la crème à l'état liquide, mais à l'état solide, tandis que la caséine reste suspendue dans le liquide avec une petite quantité de beurre. 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 à ce 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 à ce 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*.

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, l'opération du barattage est terminée. Le beurre est pétri avec de l'eau froide, que l'on change jusqu'à ce qu'elle s'écoule claire. Le liquide séparé du beurre porte le nom de *babeurre*; il contient sur 100 parties 0,24 de beurre, 3,82 de caséine, 90,80 d'eau et 5,14 de sucre de lait et de sels; une grande partie du sucre de lait y est déjà transformée en acide lactique. 18 parties en poids de lait donnent en moyenne une partie en poids de beurre. Le beurre lui-même considéré à l'état frais se compose des corps suivants :

	I.	II.	III.	IV.
Beurre.....	94,4	93,0	87,5	78,5
Caséine, sucre de lait, substances extractives.....	0,3	0,3	1,0	0,3
Eau.....	5,3	6,7	11,5	21,2

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 dans les différents pays de *saler* le beurre (dans l'Allemagne méridionale et dans l'Allemagne occidentale on consomme le beurre sans le saler) 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 4 parties de chlorure de sodium, de une partie de salpêtre et 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; on élimine ainsi l'eau et la caséine, et par conséquent les causes de l'altération. 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.

Composition chimique du beurre. — Le beurre consiste en un mélange de différents glycérides, qui par la saponification se dédoublent en glycérine et en un certain nombre d'acides de la série des acides gras. Les acides non volatils sont : l'acide palmitique ($C^{16}H^{32}O_2$) et l'acide oléobutyrique ($C^{17}H^{30}O_2$), les acides volatils : l'acide butyrique¹ ($C^4H^8O_2$), l'acide capronique ($C^6H^{12}O_2$), 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.

Fromage. — Le *fromage* se prépare avec la caséine. On se sert du lait écrémé ou bien on emploie le lait avec la crème. 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*. En Allemagne, pour préparer le *fromage maigre*, on verse dans un linge le lait aigre duquel on a séparé la crème en vue de la fabrication du beurre. En pressant le linge, le petit-lait s'écoule, tandis que le caséum (caillebotte, fromage mou, fromage blanc) reste sous forme d'une bouillie, que l'on introduit à l'aide de la main dans les moules circulaires en osier (jonchée, fromage à la main) et que l'on expose ensuite à l'air. Pour préparer le *fromage gras*, on emploie ordinairement du lait doux, qui a été coagulé avec de la présure à la température de 30 ou 40°. Lorsque le lait a été transformé en une masse gélatiniforme par suite de la précipitation de la caséine, on coupe la masse à l'aide d'un couteau de bois et l'on presse le fromage. En répétant plusieurs fois cette opération, on élimine assez complètement le petit-lait. Dès que le fromage commence à devenir solide, on le malaxe avec du sel marin et on le presse en lui donnant la forme voulue. On le plonge ensuite pendant quelque temps dans du petit-lait chaud, jusqu'à ce qu'il se forme une croûte à sa surface, et après l'égouttage on le comprime de nouveau. Cela fait, on le frotte avec du sel marin, on le place sur une étagère pour le faire sécher et à l'aide de soins convenables, qui varient avec l'espèce du fromage, on le conduit à maturité. Les bulles que renferment certains fromages (le fromage de Suisse, 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

¹ L'acide butyrique ne prend pas seulement naissance dans la saponification du beurre, il se trouve aussi dans la sueur acide, dans le suc gastrique, et il se forme dans la fermentation et la putréfaction du sucre, de l'amidon, de la fibrine, de la caséine, etc.

de la température et de la disposition du milieu où on le conserve jusqu'à ce qu'il soit fait. (Dans l'Algau, on compte pour 50 kilogr. de fromage suisse de 1^{re} qualité 600 litres de lait, et 720 à 750 litres pour la même quantité de fromage de 2^e qualité.) 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 *Hallies*, le fromage frais est rempli de nuclei (noyaux) de ferment. Sans celui-ci il ne peut pas se produire de 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 de 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 noyau 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 généralement 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'amyamine); 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 (acides 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.....	36	44
Caséine.....	29	45
Graisse.....	30,5	6
Cendre.....	4,5	5
	<hr/>	<hr/>
	100,0	100

Des analyses récentes effectuées par *Payen*, sur des espèces de fromages consommées à Paris, ont donné les résultats suivants: 1^o le fromage de Brie, 2^o le camembert, 3^o le roquefort, 4^o le fromage double à la crème, 5^o le vieux fromage de Neufchâtel, 6^o le fromage frais de Neufchâtel, 7^o le chester, 8^o le gruyère, 9^o le fromage de Hollande ordinaire, et 10^o le parmesan contiennent pour 100 parties :

	I.					II.				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Eau.....	45,2	51,9	34,5	9,5	34,5	36,6	35,9	40,0	36,1	27,6
Substances azotées...	18,5	18,9	26,5	18,4	13,0	8,0	26,0	31,5	29,4	44,1
Azote.....	2,93	3,0	4,21	2,92	3,31	1,27	4,13	5,0	4,8	7,0)
Matière grasse.....	25,7	21,0	30,1	59,9	41,9	40,7	26,3	24,0	27,5	16,0
Sels.....	5,6	4,7	5,0	6,5	3,6	0,5	4,2	3,0	0,9	5,7
Substances organiq. non azotées et perte.	5,0	4,5	3,9	5,7	7,0	14,2	7,6	1,5	6,1	6,6

Les fromages qui se trouvent sous le n° I ont été obtenus à froid et avec formation de végétations cryptogamiques, et ils ont tous une réaction alcaline par suite de l'ammoniaque qu'ils renferment; ceux qui sont compris sous le n° II sont des fromages cuits, dans lesquels la production des cryptogames est empêchée et ils ont, comme les fromages frais, une réaction acide. Une partie de la matière grasse se dédouble, dès le commencement de la formation du fromage, en glycérine et acides gras.

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 ont 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 récemment (1869) par E. Hornig :

	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	17,05	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.....	6,17	6,78	6,01	3,51	3,71	5,58	6,17	5,45
Perte.....	0,13	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 Liptau dans le comté de Zypse, 7. fromage de Schwarzenberg, 8. fromage de Limbourg.

La caséine fraîchement coagulée (caillé) et mélangée avec de la chaux est employée comme ciment et comme mordant et épaississant dans l'im-

pression des indiennes ¹. 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.

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.....	16
Graisse et tissu cellulaire.....	3
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 muscle, 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

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'Iter, 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*.

expériences, la richesse en eau est représentée par les chiffres suivants :

	Agneau.	Mouton.	Bœuf.	Porc.
Viande non engraisée.....	62	58	—	56
— demi-engraisée.....	—	50	54	—
— tout à fait engraisée.....	49	40	46	39
— grasse.....	—	33	—	—

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 0/0 en plus de substance animale sèche que dans la viande non engraisée, et la différence peut même s'élever jusqu'à 60 0/0, 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.....	36,65	30,81
	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
Différence.....	+ 48	+ 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 change-

ment, 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 de l'albumine. On peut éviter cette perte en substance nutritive, 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'hémato-sine). 100 parties de viande de bœuf donnent un extrait qui contient 2,95 parties d'albumine et 3,03 parties d'autres éléments non coagulables. *Chevreul* a obtenu de 500 gram. de viande de bœuf, qui contenait 77 0/0 d'eau, 27,25 d'extrait; en retranchant les 3,25 de graisse, qui s'y trouvaient, cela fait 4,8 0/0. La quantité du bouillon obtenu avec les 500 gram. précédents de viande s'élevait à environ 1 litre $\frac{1}{4}$. Le litre pesait 1013 gram. et contenait les substances suivantes :

Eau.....		991,30
Matières organiques..	{ solubles dans l'alcool.....	9,44
	{ insolubles dans l'alcool.....	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 3 parties d'éléments solides. Dans les circonstances les plus favorables on obtient, par coction, de 100 gram. de viande de bœuf :

Substances solubles dans l'eau froide.	{ Albumine coagulée.....	29,5	} 60
	{ — en dissolution.....	30,5	
Substances insolubles dans l'eau froide.	{ Gélatine.....	6,9	} 170
	{ Fibrine musculaire.....	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 ensuite 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 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, 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 l'on évapore au bain-marie, on obtient une masse molle brun foncé, dont 17 gram. suffisent pour transformer 500 gram. d'eau additionnée de sel maria 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 par *Buchsenthal et Compagnie* à Montevideo (Uruguay) ².

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 110°.....	15,23 0/0
Cendre.....	4,75
Graisse.....	0,22
Azote.....	10,57
Substances solubles dans l'alcool à 80 0/0.....	38,09

Voy. Jahresbericht der chem. Technologie, 1869, p. 488.

² La fabrique du Hambourgeois *Giebert*, fondée à Fray-Bentos, dans l'Uruguay, est pas-

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 quantité en Europe ¹. Les caractères distinctifs de la pureté de l'extrait de viande sont sa solubilité dans l'alcool à 80 0/0, sa richesse en eau et l'absence dans ce produit d'albumine et de graisse. Au moins 80 0/0 de l'extrait doivent se dissoudre dans l'alcool, la richesse en eau s'élève à environ 16 0/0, celle en azote à 10 0/0 environ, et la teneur en cendre varie de 18 à 22 0/0 (la cendre se compose essentiellement de phosphate de calcium, de phosphate de magnésium et de chlorures alcalins; parmi ces derniers, c'est le chlorure de potassium qui doit prédominer).

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.

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

sée 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 sont transformés en engrais. La maison *Benitos y Hijo de Buenos-Ayres* a établi en 1869, dans le lieu appelé Gualaguaychu (Entre-Ríos), une deuxième fabrique d'extrait de viande.

¹ Les dépositaires de l'extrait de viande australien sont pour l'Europe *W. J. Co'emann* et C^{ie} de Londres.

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 tel qu'elles ne puissent plus subir aucune altération.

Méthode d'Appert. — D'après la méthode d'*Appert*, on procède de la manière suivante : La viande préparée (volailles, ragoûts, etc.), qui dans ce cas doit être aussi cuite que possible, est introduite dans des boîtes de fer-blanc de grandeur déterminée et que l'on remplit presque entièrement ; 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 des 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 dans un lieu chauffé à environ 30°. 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 autant à redouter pour plus tard une altération spontanée. Le procédé de *Redwood*, qui consiste à recouvrir la viande d'une couche de paraffine, repose 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 de l'acide carbonique sec.

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 l'altération, 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 leurs 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 impu-trescible, qui est nommée *pemmikan* dans l'Amérique du Nord, *tassaço* dans l'Amérique du Sud et *biltongue* dans l'Afrique méridionale; cette masse est roulée et comprimée et dans cet état elle est facile à transpor-

ter. 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 que l'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 Borden*, 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. 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 hâchée 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-Brod* 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 au pain de viande très-nourrissante, 1 kilogr. de pain d'extrait de viande correspondant à 4 kilogr. de viande de bœuf. Il est livré en tablettes de 125 gram. munies de rainures qui permettent de les diviser en dix portions ; chaque tablette correspond par conséquent à 500 gram. de viande et donne 5 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'arome 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 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 aussi 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 ¹.

Salage de la viande. — 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 salée 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 et 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 défectueux et nuisible à la santé. L'expérience a en outre appris que, par l'usage prolongé de la viande salée, un individu ne peut

¹ 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.

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.

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 de la viande. — 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 (dont la découverte est due à *v. Reichenbach* et qui consiste essentiellement, d'après les recherches de *Hlasiwetz*, de *v. Gorup*, de *Marasse*, etc., en un mélange des combinaisons homologues : $C_7H^8O^2$, $C^8H^{10}O^2$ et $C^9H^{12}O^2$), 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 très-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 carboli-que) 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 *vinaigre* est un excellent moyen pour préserver la viande pendant quelque temps de la putréfaction (rôti vinaigré, volailles dans le vinaigre).

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.

Dans ces derniers temps, le Français *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 kilogr., 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, 2 ou 3 immersions sont suffisantes.

On sait généralement qu'une *basse température* constitue un des meilleurs moyens de conservation que nous possédons. De la viande conservée dans des glaciers ne se putréfie pas. La conservation des mamouths, 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 plusieurs 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-Pétersbourg de grands entrepôts où sont enfouis, dans la glace, des gélinoites, 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*. L'importation en Europe de la viande congelée provenant de Sydney, dans la Nouvelle-Galles du sud, acquerra peut-être une certaine importance au point de vue économique ; la viande dont il s'agit est congelée à l'aide de la machine à glace de *Carré* et maintenue dans cet état sur les grands navires qui l'amènent en Europe.

CHAPITRE VI

TEINTURE ET IMPRESSION DES TISSUS ¹.

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 ces fibres. 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.

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 Berlin ou bleu de Paris, l'hydrate de sesquioxyde de fer (couleur de rouille), l'hydrate de sesquioxyde de manganèse (couleur bistre) 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

¹ On consultera avec fruit le *Traité pratique du blanchiment, de la teinture et de l'impression sur étoffes*, par Michel de Vinant. 1872. in-8° de 876 p. avec 52 fig. Paris, F. Savy.

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* les corps auxquels certaines plantes ou certaines parties de celles-ci doivent leur coloration particulière. Il semble résulter de recherches récentes qu'un grand nombre des 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 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 substances organiques généralement incolores. Ces dernières matières colorantes 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, le benzol, le toluène, l'acide carbonique, 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, jaune de Martius ou de Manchester, orange d'aniline et acide picrique, brun d'aniline et brun Bismark, coralline, alizarine d'anthracène, rouge de Magdala, 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, etc.; il en est de même pour le produit de la décomposition de l'acide urique, la murexide. 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), 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 Berlin, 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 adragant, 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 séve, les laques et les couleurs pour la peinture en bâtiments. Les *couleurs de séve* 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 Berlin soluble.

A. MATIÈRES COLORANTES DÉRIVÉES DU GOUDRON DE HOUILLE ¹.

Goudron de houille. — Le *goudron (goudron de houille)*, 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 (benzol, toluène, cumène, cymène, anthracène, naphthaline), avec des acides (acide carbolique ou phénolique, acide crésylique, acide phlorique, 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). D'une manière générale, la composition du goudron peut être représentée de la manière suivante pour 100 parties, abstraction faite de la petite quantité des bases qu'il renferme :

Benzol	1,5
Naphte	35,0
Naphtaline	22,0
Anthracène.....	1,0
Acide carbolique.....	9,0
Brai ou asphalte	31,5
	100,0

¹ Voyez pour plus de détails : *E. Kopp-Bolley*, Traité des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, etc. Traduit de l'allemand par le Dr L. Gautier. Paris, 1873.

En soumettant le goudron à la distillation et en recueillant les produits séparément, on obtient, d'une part, des huiles légères, desquelles on sépare le benzol de ses homologues, et, d'autre part, de l'huile lourde de goudron, que l'on traite pour acide carbolique. De l'asphalte ou brai on extrait l'anthracène.

Les indications suivantes peuvent servir pour l'évaluation approximative de la *proportion* des différents *produits* intermédiaires qui se forment pendant la distillation sèche du goudron de houille.

100 kilog. de houille donnent	3 kilog. de goudron,
100 — de goudron —	0 ^h .75 à 1 kilog. d'anthracène,
100 — — —	3 kilog. de benzol brut,
100 — — —	1 ^h .5 de benzol pur,
100 — — —	3 kilog. de nitrobenzol,
100 — — —	2 ^h .25 d'aniline brute,
100 — — —	3 ,37 de rouge d'aniline brut,
100 — — —	1 ,12 de fuchsine pure.

Il faut, par suite, pour préparer 1 kilogr. de fuchsine pure, 3000 kilogr. de houille.

Benzol. — Le *benzol* (benzine) est, au point de vue chimique, un carbure d'hydrogène liquide de la formule C^6H^6 . Il a été découvert, en 1825, par *Faraday*, parmi les produits de la distillation sèche des huiles grasses, et *L. Mitscherlich* l'a trouvé, en 1833, en distillant l'acide benzoïque avec un excès de chaux. *Leigh*, de Manchester, le découvrit, en 1842, dans le goudron de houille, mais ce fut *Mansfield* qui, le premier, fit remarquer, en 1847, la grande quantité de benzol renfermée dans le goudron et qui, en outre, indiqua le moyen d'isoler ce produit. — Le benzol du *commerce* est un mélange de benzol (point d'ébullition 80°,4), de toluène C^7H^8 (point d'ébullition 108°), de xylène C^8H^{10} (point d'ébullition 130°), de cumène C^9H^{10} (point d'ébullition 151°), et de cymène $C^{10}H^{12}$ (point d'ébullition 175°). Les éléments prédominants 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 benzol exactement déterminée; un benzol à 30 ou 40 0/0 (c'est-à-dire avec une richesse en benzol, C^6H^6 , de 30 ou 40 0/0, le reste de 60 ou 70 0/0 est du toluène et du xylène) convient pour la fabrication du rouge d'aniline; un benzol à 90 0/0 est convenable pour préparer de l'huile d'aniline pour bleu ou noir. Le point d'ébullition des benzols propres à la fabrication des couleurs se trouve entre 80 et 120°; leur poids spécifique varie entre 0,85 et 0,89.

La préparation du benzol s'effectue avec les huiles *légères* de goudron (avec cette partie du produit liquide de la distillation du goudron qui bout au-dessous de 150°). *Mansfield* employait dans ce but l'appareil représenté par la figure 328. L'huile de goudron se trouve 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 aussitôt que l'eau du vase C a été échauffée à une certaine température, les parties les plus volatiles de l'huile

de goudron 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

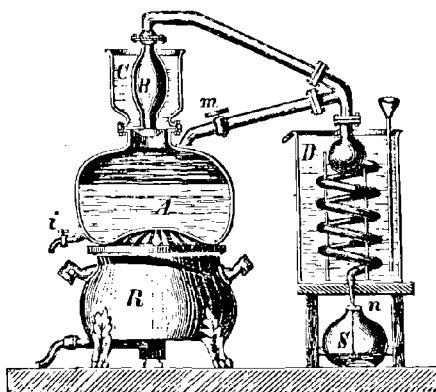


Fig. 328.

par *n* s'écoule du serpent 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

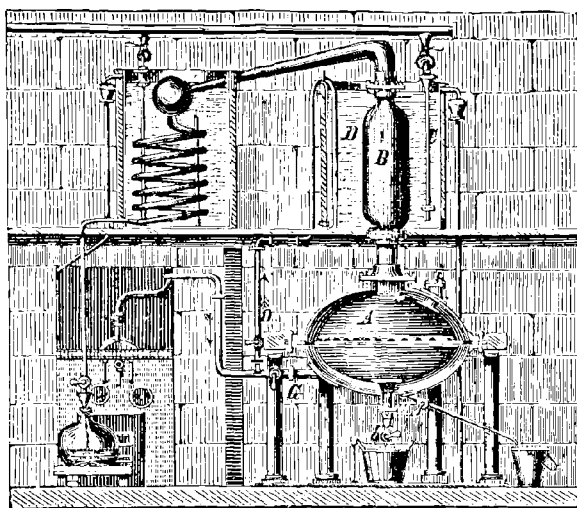


Fig. 329.

peut, après que le benzol a passé à la distillation, rectifier les carbures d'hydrogène entrant en ébullition au-dessus de 400°. Le robinet *i* sert pour vider la chaudière. — Dans les fabriques de benzol, on emploie maintenant pour l'extraction de ce corps l'appareil représenté par la figure 329.

A est la chaudière, B le condensateur, C le réservoir à eau. Au commencement de la distillation, on chauffe l'eau de C à l'aide du tube à vapeur D, qui communique avec un générateur. Le tube G amène la vapeur destinée au chauffage de la chaudière. *i* sert pour remplir celle-ci et *b* pour la vider. L'eau de condensation est entraînée par H. Pour purifier complètement le benzol, on peut le faire congeler et comprimer ensuite rapidement la masse solide obtenue.

Dès 1860, *E. Kopp* (de Zurich) fit connaître les avantages de l'emploi pour la préparation du benzol d'un appareil imitant les appareils distillatoires actuellement 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 partout où le benzol est préparé en grand. Comme le montre la figure 330, il se compose de la chaudière A,

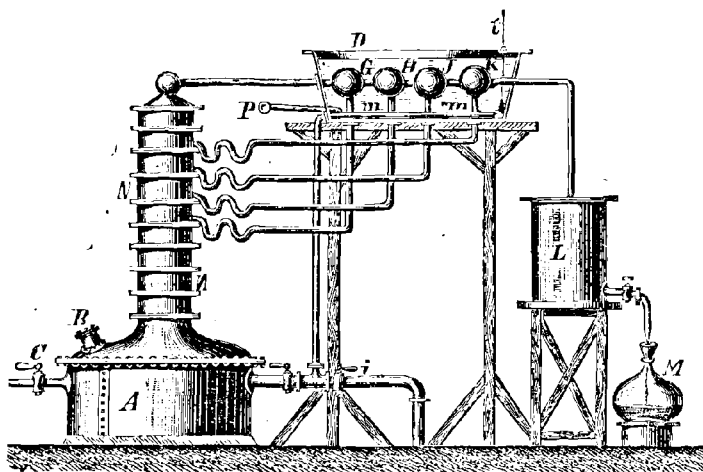


Fig. 330.

dans laquelle on introduit par l'ouverture B les benzols à soumettre à la distillation fractionnée. Cette chaudière est chauffée par de la vapeur qui arrive par le tube C. Les vapeurs qui se dégagent du liquide bouillant arrivent dans la colonne N faisant fonction de déphlegmateur et où il se produit un premier fractionnement. Les portions les plus volatiles des vapeurs qui ne se sont pas condensées en N se rendent dans l'appareil D rempli avec une solution de chlorure 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 l'on veut préparer du benzol pur, on chauffe la solution de chlorure de calcium à 80°. Les vapeurs qui arrivent en G sont un mélange de benzol, 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 volatils, 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 déphlegmation, tandis que les produits de condensation de K sont dirigés vers la partie supérieure de la colonne. Si l'on ne veut pas préparer du benzol, mais du toluène, on élève la température de l'appareil à chlorure de calcium jusqu'à 108 ou 109°.

Un procédé particulier pour la préparation du benzol 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 la séparation, les huiles peuvent être de nouveau employées pour l'absorption du benzol. En présence du besoin de benzol 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 benzol, perd notablement de sa force éclairante, mais on peut remédier à cet inconvénient en saturant le gaz après la séparation du benzol avec des vapeurs de pétrole.

Nitrobenzol. — Le benzol est transformé par l'action de l'acide azotique en *nitrobenzol* (qui est un mélange de nitrobenzol $C^6 \begin{Bmatrix} H^5 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$, de nitrotoluène $C^7 \begin{Bmatrix} H^7 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$ et de nitroxylène $C^8 \begin{Bmatrix} H^9 \\ AzO^2 \end{Bmatrix}$). Le nitrobenzol a été découvert, en 1835, par *E. Mitscherlich*, et préparé 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 du nitrobenzol 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 le benzol. 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 des-

tiné ¹. 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 d'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 sont entraînées les vapeurs nitreuses; 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. Le benzol à nitrer est introduit 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 la chaudière condense le benzol 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. Le nitrobenzol est purifié par des lavages à l'eau, etc. ². On emploie maintenant quelquefois (d'après la proposition de *E. Kopp*) pour la préparation du nitrobenzol, un mélange de nitrate de sodium et d'acide sulfurique. 100 kilogr. de benzol donnent 135 à 140 kilogr. de nitrobenzol.

Aux différents benzols correspondent des nitrobenzols différents, ce sont : 1° le nitrobenzol *léger*, qui bout entre 205 et 210°. Il 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° le nitrobenzol *lourd*, qui distille entre 210 et 220°. Son odeur de graisse particulière s'oppose à son emploi dans la parfumerie; poids spécifique = 1,19 (= 23° Baumé); c'est avec ce nitrobenzol que sont préparées les anilines pour rouge; 3° le nitrobenzol *très-lourd* distillant entre 222 et 235°; poids spécifique = 1,167 (= 21° Baumé), son odeur est désagréable. Ce nitrobenzol 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 C^6H^7Az , de toluidine C^7H^9Az et de pseudotoluidine (base découverte par *Rosenthal* 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

¹ Dans les tonneaux où s'effectue le lavage, on trouve avec l'acide nitrobenzoïque son isomère l'acide *paranitrobenzoïque*.

² L'acide sulfurique contenant de l'acide azotique qui a servi à la préparation du nitrobenzol 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.

distillation de l'indigo et elle a été trouvée en 1833 par *Runge* (d'Oranienbourg) 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 *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*, nom portugais de l'indigo). Enfin *Zinin* trouva en 1842 que lors du traitement du nitrobenzol 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*, la *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 0/0 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 du nitrobenzol, que l'on met en contact avec des agents réducteurs. 1 molécule de nitrobenzol $C^6H^5AzO^2 = 123$ donne 1 molécule d'*aniline* $C^6H^7Az = 93$. Dans la pratique on admet que 100 parties de nitrobenzol donnent 100 parties d'*aniline*.

Bien que l'hydrogène sulfuré produise la réduction complète du nitrobenzol en *aniline*, dans la pratique on donne cependant la préférence au procédé indiqué par *Béchamp*, procédé qui consiste à traiter le nitrobenzol par la limaille de fer et l'acide acétique. L'appareil employé dans ce but est celui qui a été construit par *Nicholson* (fig. 331). Il se compose essentiellement d'un cylindre de 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 40 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 kilogr. de nitrobenzol, et l'on fait marcher l'agitateur. La réaction se produit immédiatement avec élévation de température et dégagement de vapeur. On introduit peu à peu de nouveau fer, jusqu'à ce que la quantité du fer ajouté s'élève à 180 kilogr. Les vapeurs qui se dégagent pendant la réduction du nitrobenzol 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 réduc-

tion 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

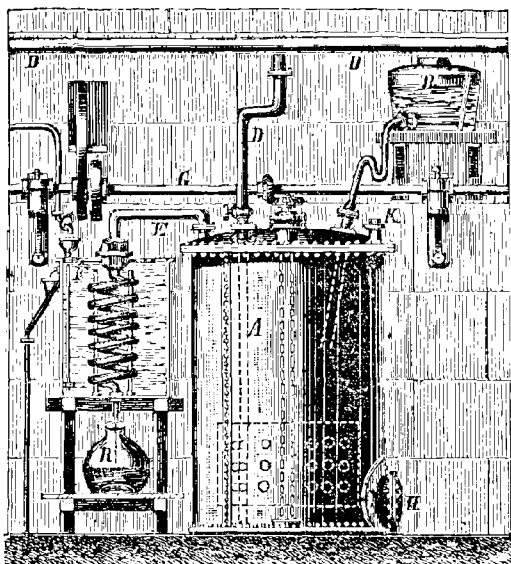
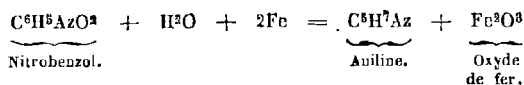


Fig. 331.

abstraction de l'acide acétique, 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. Le produit, qui se compose d'acétone, d'acétate d'aniline, d'aniline, de nitrobenzol, etc., est distillé de nouveau et la partie qui passe entre 115 et 190° est seule recueillie. 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 du nitrobenzol, 60 kilogr. de fer en poudre et de l'eau acidulée (contenant en acide chlorhydrique 2-2,5 0/0 du poids de benzol), on abandonne le tout en contact pendant trois jours et ensuite on extrait par distillation l'huile

d'aniline produite. Dans la fabrique d'aniline des frères *Coblentz* à Paris on réduit le nitrobenzol par de la limaille de fer, sur laquelle on a fait déposer une quantité de cuivre égale à la moitié de son poids, en la faisant séjourner dans une solution de vitriol bleu.

La composition de l'*huile d'aniline*, qui consiste essentiellement en un mélange d'aniline, de toluidine et de pseudotoluidine, dépend de la nature du benzol et du nitrobenzol employés pour sa préparation. L'huile d'aniline, qui bout entre 180 et 195° (poids spécifique = 1,014 — 1,021 = 2°-3° Baumé), est préparée avec les nitrobenzols qui entrent en ébullition à 210-220°; l'huile lourde d'aniline pour bleu est préparée, comme on l'a dit plus haut, avec du nitrobenzol très-lourd. L'aniline pour rouge s'obtient avec du nitrobenzol bouillant à 210 ou 220°; l'huile d'aniline pour violet avec du nitrobenzol qui bout à 210-225°. 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 :

Benzol.....	80°	Nitrotoluène...	225°
Toluène.....	108°	Aniline.....	182°
Nitrobenzol.....	213°	Toluidine.....	198°

Il résulte de ce qui précède qu'un grand nombre des benzols, des nitrobenzols et des anilines du commerce pourraient avec autant de raison être aussi nommés toluènes, nitrotoluènes et toluidines.

La *production de l'aniline* a actuellement (1871) des proportions extraordinaires. D'après les indications de *J. Gessert*, d'Elberfeld, on consomme annuellement 4,750,000 kilogr. d'huile d'aniline, dont 4,000,000 de kilogr. en Allemagne et le reste en Suisse, en Angleterre et en France.

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.

1. Rouge d'aniline.— Le *rouge d'aniline* ou la *fuchsine* (qui se rencontre aussi sous les dénominations d'azaléine, de mauve, de solférimo, 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 chlorhydrique ¹. La base elle-même

¹ En Allemagne et en Suisse, la fuchsine est le *chlorhydrate* de rosaniline $C^{20}H^{19}Az^3$, ClH ; en Angleterre, c'est ordinairement l'*acetate* de la formule $C^{20}H^{19}Az^3$, $C^2H^3O^2$, qui constitue cette matière colorante.

est incolore, tandis que ses sels, qui cristallisent tous facilement, sont colorés. Sa composition est représentée par la formule $C^{20}H^{19}Az^3, H^2O$. Elle s'est produite de la manière suivante : 2 atomes de toluidine se sont unis avec 1 atome d'aniline en perdant 4 atomes d'hydrogène qui s'oxydent ($2 C^7H^9Az + C^6H^7Az + 3O = 2 H^2O + C^{20}H^{19}Az^3, H^2O$). La constitution de

la rosaniline serait représentée par $2 \left. \begin{array}{l} C^6H \\ C^7H^6 \\ H^3 \end{array} \right\} Az^3 = C^{20}H^{19}Az^3$. D'après les

recherches de *Rosensthiels* (1869), on trouve dans toutes les sortes de fuchsine du commerce la base isomère de la rosaniline, la *pseudorosaniline*.

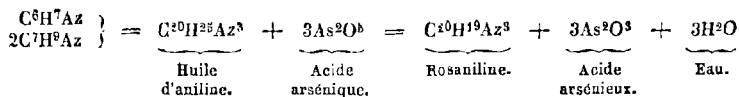
Le rouge d'aniline peut se former aux dépens de l'huile d'aniline de différentes manières : avec le chlorure de zinc (d'après *Verguin*), le perchlorure de carbone (*Hofmann* et *Natanson*), l'azotate de mercure (*Gerber-Keller*)¹, le bichlorure de mercure (*Schnitzer*), l'acide azotique (*Lauth* et *Depouilly*), l'acide antimonique (*Smith*), l'acide arsénique (*Medlock*, *Girard* et *de Loire*) et enfin avec l'huile d'aniline, le nitrotoluène, l'acide chlorhydrique et le fer métallique (*Coupiér*). Avec 100 parties d'huile d'aniline on obtient 25 ou 33 parties de fuchsine cristallisée.

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 *de Loire*, on chauffe pendant 4 ou 5 heures, à une température qui ne doit pas dépasser 170 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 arsenicales². 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

¹ La fuchsine préparée avec 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 confectionnerie.

² 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.

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 du bichlorure de mercure. 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 violet ou du bleu, avec l'iodure 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 :



2. Violet d'aniline. — Le *violet d'aniline* ou le *pourpre d'aniline* (aniléine, indisine, phénaméine, harmaline, violine, rosolane, mauvéine) a été découvert le 26 août 1856, par *W. H. Perkins* de Londres, et préparé en faisant agir le bichromate de potassium et l'acide sulfurique sur l'huile d'aniline. Plus tard il a été aussi obtenu par d'autres moyens : ainsi en traitant un sel d'aniline par une solution de chlorure de chaux (*Bolley, Beale et Kirkam*), par le peroxyde de manganèse (*Kay*) ou le peroxyde de plomb (*Price*) en présence de l'acide sulfurique, par le permanganate de potassium (*Williams*), par le ferricyanure de potassium (*Smith*), par le chlore (*Smith*), par le chlorure de cuivre (*Caro et Dale*), etc. De tous ces procédés le traitement par le bichromate de potassium a seul de l'importance au point de vue industriel.

Le violet, obtenu d'après ce procédé, a pour base la *mauvéine* $\text{C}^{27}\text{H}^{24}\text{Az}$. Le *violet impérial*, obtenu par *Girard et de Laire*, diffère du violet d'aniline précédent; on le prépare 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 chauf-

fer, en rosaniline triphénylée = bleu d'aniline. Il résulte de là que :

la rosaniline		qui est rouge.....	= C ²⁰ H ²¹ Az ³ O
— monophénylée	—	violet-rouge.	= C ²⁰ H ²⁰ (C ⁶ H ⁵)Az ³ O
— diphénylée	—	violet-bleu.	= C ²⁰ H ¹⁹ (C ⁶ H ⁵) ² Az ³ O
— triphénylée	—	bleue.....	= C ²⁰ H ¹⁸ (C ⁶ H ⁵) ³ Az ³ O

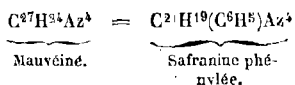
Le violet précédent porte maintenant le nom de *violet non-pareil* (*violet ancien*). Indépendamment de ce violet, il y a encore les *violet nouveaux* ou *violet à l'iode* (*violet Hofmann* ou *dahlia*), qui se distinguent des précédents, parce qu'ils ne sont pas substitués avec le phényle, mais avec les radicaux alcooliques l'éthyle, le méthyle et l'amyle. On les obtient, en chauffant à 100 ou 140° cent. 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 éthylée est bleu-violet, et les moins éthylées offrent des nuances rougeâtres. Les violets méthylés et éthylés ont sur les violets substitués avec le phényle l'avantage de posséder un grand brillant. Le *violet de Paris*, inventé par *Poirrier* et *Chappat*, est le produit de l'action du chlorure d'étain et d'agents analogues sur la méthyl-aniline et l'éthyl-aniline.

3. Safranine. — La *safranine*, préparée pour la première fois par *Perkins* 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. On obtient la safranine en traitant 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, et elle a pour formule C²¹H²⁴A⁴z.

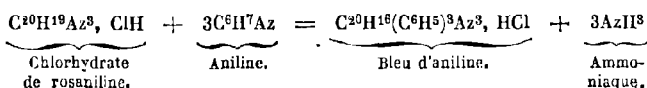
La safranine se rapproche beaucoup de la mauvéine, et elle se forme aussi (d'après *Perkins* — 1868) comme produit secondaire dans la préparation de la mauvéine. On pourrait être tenté de considérer la mauvéine comme de la safranine phénylée :



4. Bleu d'aniline. — Le *bleu d'aniline* (*azuline*, *azurine*) a été obtenu le 2 janvier 1861 par *Gérard* 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° cent. 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*. 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 *Schäffer*), 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 :



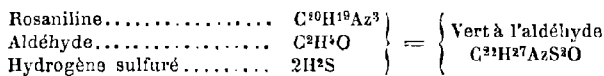
Le bleu d'aniline préparé avec la rosaniline et l'huile d'aniline est de la

rosaniline $2 \text{C}^7\text{H}^7 \left. \begin{array}{l} \text{C}^6\text{H}^4 \\ \text{H}^3 \end{array} \right\} \text{Az}^3$, 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 $\text{C}^{38}\text{H}^{32}\text{Az}^3\text{Cl}$. Si l'on chauffe un sel de rosaniline avec de la toluidine, on obtient un corps analogue, le *bleu de toluidine* (tritoluylrosaniline) $\text{C}^{41}\text{H}^{37}\text{Az}^3 = \text{C}^{20}\text{H}^{16}(\text{C}^7\text{H}^7)\text{Az}^3$. Si l'on chauffe le bleu d'aniline, il se trouve parmi les produits de la distillation sèche de la *diphénylamine* $\text{C}^{12}\text{H}^{11}\text{Az}$, 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 $\text{C}^{13}\text{H}^{13}\text{Az}$, qui se forme dans la distillation sèche de la *bleuine* $\text{C}^{39}\text{H}^{33}\text{Az}^3$. *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 amylé (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 naphhtyle*) en combinant le naphhtyle 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 deux variétés différentes, le vert à l'aldéhyde et le vert à l'iode. Le *vert à l'aldéhyde* (émeraaldine) a été obtenu, en 1863, 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 vert foncé. Le vert à l'aldéhyde contient du soufre. 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 le 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 a pour formule $C^{22}H^{27}Az^3S^2O$, d'après *A. W. Hofmann*. 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 1863, 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 saturé 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 $C^{25}H^3Az^3OI^2$. En desséchant le vert à l'iode, il ne faut pas élever la température au-dessus de 50 à 60°, parce que à une température plus élevée il se décompose et se dédouble en violet à l'iode et en acide iodhydrique.

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 colore la laine et la soie en beau jaune. La chrysaniline est une base et elle a pour formule $C^{20}H^{17}Az^3$. 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 du 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. Ce dernier jaune d'aniline a pour formule $C^{20}H^{19}Az^2O^6$ et il est soluble dans l'alcool, mais insoluble dans l'eau.

7. **Noir d'aniline.** — Le *noir d'aniline* $C^6H^7AzO^6$ (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 préparation 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. D'après *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*. 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 C^{ie}* 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.

8. **Brun d'aniline.** — D'après *de Laire*, on prépare le *brun d'aniline* (brun Havane) en chauffant à 240° cent. 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.

II. Couleurs d'acide phénique.

Acide phénique. — L'*acide phénique* (acide carbolique, phénol) constitue les portions de l'huile lourde de goudron de houille qui distillent à 150 — 200°. Tel qu'il est livré au commerce par *E. Sell* d'Offenbach, par *C. Calvert* and C^o. de Bradford et par *Ch. Lowe* and C^o. de Manchester, il se présente sous forme d'une masse cristalline, qui rougit légèrement à l'air, qui fond à 34° cent. et qui bout à 186°. Il se compose (lorsqu'on le prépare d'après la méthode de *Laurent* en traitant l'huile lourde de goudron par des alcalis) d'un mélange de trois corps homologues ou phénols :

Acide phénique.....	C ⁶ H ⁶ O
Acide crésylique.....	C ⁷ H ⁸ O
Acide phlorylique.....	C ⁸ H ¹⁰ O

Il se dissout dans 33 parties d'eau. L'acide phénique de *Calvert*, tel que l'emploient les fabricants de couleurs, se prépare en refroidissant un mélange de l'acide de *Laurent* et d'eau à + 4° cent. il se sépare de l'hydrate d'acide phénique C⁶H⁶O + H²O, qui se transforme par soustraction d'eau en acide phénique *pur* fondant à 41°. Il est en outre employé comme moyen conservateur (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. 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. | | |

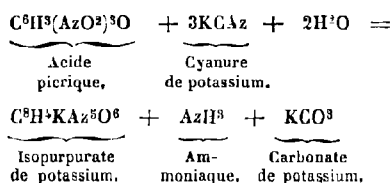
1. Acide picrique. — L'*acide picrique* (acide trinitrophénique) C⁶H³(AzO²)³O, obtenu en faisant agir l'acide azotique sur l'acide phénique ou mieux en traitant le sulfophénylate de sodium cristallisé par l'acide azotique, se présente sous forme d'une masse composée de lamelles jaunes qui se dissolvent difficilement dans l'eau froide, facilement dans l'eau bouillante et l'alcool. 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 Berlin pour teindre la soie et la laine en vert¹.

¹ A la place de l'acide picrique pur (non explosible) on a livré au commerce dans ces

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. 265). Le sel ammoniacal de l'acide trinitrocrésylique, homologue de l'acide picrique, se rencontre dans le commerce sous le nom d'*orange Victoria* ou de *jaune anglais*. Sous l'influence du cyanure de potassium l'acide picrique donne l'acide isopurpurique et l'acide trinitrocrésylique l'acide crésylpurpurique (*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 l'*isopurpurate de potassium* découvert il y a déjà longtemps par *Hlasiwetz*, 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*) :

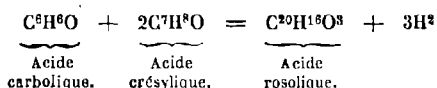


Comme le brun-grenat fait explosion sous l'influence d'un faible frottement, il est livré en pâte au commerce. Pour empêcher la dessiccation de la pâte, on mélange celle-ci avec un peu de glycérine.

4. **Coralline.** — La *coralline* (ou *péonine*), matière colorante rouge-écarlate, prend naissance lorsque, d'après *Kolbe* et *R. Schmidt*, 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.

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.

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 $C^{20}H^{16}O^3$ prendrait naissance (absolument comme la rosaniline se formerait aux dépens de l'aniline et de la toluidine) aux dépens de l'acide carbolique et de l'acide crésylique d'après l'équation suivante :

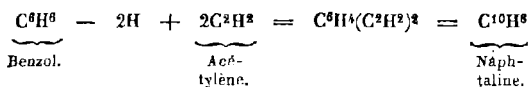


5. Azuline (bleu de phényle). — Si l'on chauffe de la coralline avec de l'huile d'aniline, on obtient, d'après *Persoz* et *Guinon-Marnas*, une matière colorante qui a reçu le nom d'azuline (azurine).

Érythrobenzine. — On a également essayé de préparer directement des matières colorantes avec le *nitrobenzol*. D'après *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 nitrobenzol, 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.

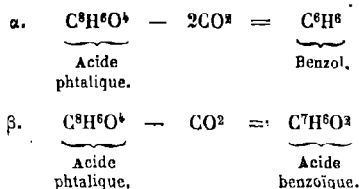
III. Couleurs de naphthaline.

Naphtaline. — La *naphthaline* a été découverte en 1820 par *Garden* dans le goudron de houille et elle a été plus tard étudiée par *Faraday*, *A. W. Hoffmann*, *M. Ballo*, etc. D'après *Berthelot*, elle peut être préparée synthétiquement, si dans le benzol on remplace 2 atomes d'hydrogène par 2 atomes d'acétylène (C^2H^2) :



La naphthaline se présente sous forme de lamelles rhomboïdales minces, 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 entre 78 et 80° et elle entre en ébullition à 216 ou 218° cent. 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 benzol, soit en acide benzoïque ¹.

¹ L'acide benzoïque, qui est maintenant employé en quantité considérable pour la fabrication de certaines couleurs de goudron et d'autres préparations chimiques indus-



Il y a entre les dérivés du benzol 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 :

Benzol (hydrure de phényle) C^6H^6	Naphthaline (hydrure de naphtyle) $C^{10}H^8$
Nitrobenzol $C^6H^5(AzO^2)$	Nitronaphtaline $C^{10}H^7(AzO^2)$
Aniline C^6H^7Az	Naphtylamine $C^{10}H^9Az$
Rosanilino $C^{20}H^{18}Az^3$	Base du rouge naphthaline $C^{20}H^{21}Az^3$

La base correspondant à l'aniline, la *naphtylamine* $C^{10}H^9Az$, est préparée exactement comme l'aniline avec le benzol ; 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* (voy. p. 431). 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 elle est presque insoluble dans l'eau.

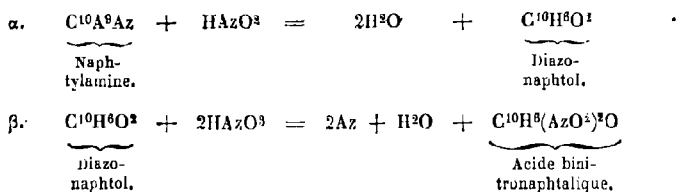
La naphtylamine sert pour la préparation des couleurs suivantes :

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Jaune de Martius. | 3. Violet de naphthaline. |
| 2. Rouge de Magdala. | 4. Bleu de naphthaline. |

1. Jaune de Martius. — Le *jaune de Martius* (jaune de Manchester, jaune de naphthaline, jaune d'or) 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 li-

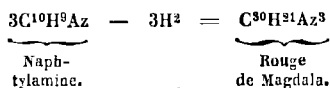
trielles, n'est plus retiré de la résine de benjoin, c'est soit un produit de la transformation de l'acide hippurique de l'urine de cheval, soit un dérivé de la naphthaline. L'acide benzoïque peut être préparé avec la naphthaline de deux manières différentes : 1° on transforme la naphthaline en acide 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 $C^8H^5AzO^2$, qui par distillation avec de la chaux se change en benzonitrile C^7H^5Az , 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* $C^{14}H^8O^2$, retiré du cyanure de naphtyle par *Méry* (1868), mérite aussi d'attirer l'attention. (Voyez Jahresbericht der chem. Technologie, 1868 et 1870.)

quide 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. La transformation de la naphtylamine en acide binitronaphtalique (binitronaphtol) peut être représentée par les équations suivantes :

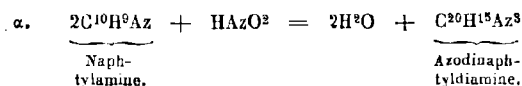


Comme *M. Ballo* l'a montré, ce dernier acide peut cependant se former directement par l'action de l'acide azotique sur la naphtylamine. Le jaune de *Martius* teint sans mordant la laine et la soie dans toutes les nuances, depuis le jaune-citron clair jusqu'au jaune d'or foncé. Avec 1 kilogr. de la combinaison calcique ou sodique on peut encore 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 picrique se volatilise avec les vapeurs aqueuses. En Angleterre il est fréquemment employé pour nuancer le magenta.

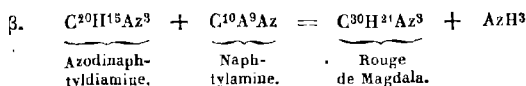
2. Rouge de Magdala. — Le rouge de Magdala (rouge de naphthaline) $\text{C}^{30}\text{H}^{21}\text{Az}^3$, a été découvert par *Schiendl*, de Vienne, en 1867 et étudié par *Durand*, *Ch. Kestner*, *A. W. Hofmann* et d'autres; il prend naissance lorsque à 3 molécules de naphtylamine on enlève 3 molécules d'hydrogène :



La préparation en grand du rouge de Magdala se divise en deux phases. Dans la première la naphtylamine est transformée en azodinaphthylidiamine par l'action de l'acide azoteux :



Dans la deuxième phase, où l'on traite l'azodinaphthylidiamine par la naphtylamine, le rouge de Magdala prend naissance :



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 perchlorure d'une base ayant la composition précédemment indiquée. 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.

3 et 4. 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. Kilmeyer* 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 439) ¹.

IV. Couleurs d'anthracène.

Alizarine artificielle. — L'anthracène (paranaphthaline, photène) $C^{14}H^{10}$, qui se trouve dans le goudron de houille dans la proportion de 0,75 à 1 0/0, a été découvert en 1831 par *J. Dumas* et employé pour la première fois en 1869 par *C. Graebe* et *C. Liebermann* pour la fabrication du rouge d'anthracène (alizarine artificielle). L'anthracène se rencontre dans les derniers produits de la distillation du goudron de houille et on le trouve principalement dans les produits épais qui passent en dernier lieu à la distillation, et qui autrefois étaient très-employés en Angleterre pour le graissage, sous le nom *green grease* (graisse verte). La *green grease* se compose d'huiles lourdes, d'un peu de naphthaline et d'environ 20 0/0 d'anthracène ; à l'aide de la force centrifuge et d'une forte pression on obtient l'anthracène brut (avec 60 0/0 d'anthracène pur), que l'on transforme en anthracène pur par traitement à chaud avec du naphte de pétrole, turbinage, fusion et sublimation.

L'anthracène se présente sous forme de petites lamelles blanches ino-

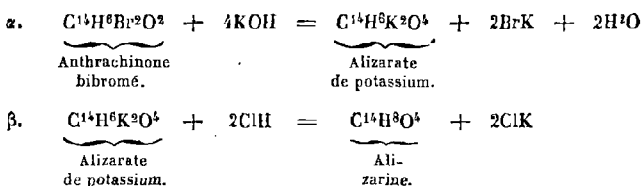
¹ Il est évident que par l'union de combinaisons convenables d'aniline, de naphtyle et de cétyle, on peut préparer les espèces les plus variées de bleu et de violet ; ainsi on avait déjà obtenu, pendant l'été de 1867, dans des expériences de laboratoire (faites après les travaux de *J. Wolff* dans la même direction), des matières colorantes bleues : 1° avec la fuchsine et le bromure de naphtyle ; 2° avec la fuchsine et le bromure de cétyle ; 3° avec la naphtylamine-fuchsine et l'huile d'aniline ; 4° avec la cétylamine-fuchsine et l'huile d'aniline ; 5° avec la naphtylamine-fuchsine et la cétylamine ; 6° avec la cétylamine-fuchsine et la naphtylamine.

dores et insipides, qui fondent à 215° et qui distillent sans se décomposer à une température plus élevée ; l'anthracène est peu soluble dans l'alcool et le benzol, il se dissout plus facilement dans le sulfure de carbone ; avec l'acide picrique il forme une combinaison cristalline rouge-rubis ; sous l'influence des agents oxydants il se transforme en anthrachinone (oxanthracène, oxyphotène) $C^{14}H^8O^2$, qui par voie indirecte est converti en *alizarine* (rouge d'anthracène, dihydroxylantrachinone)

$C^{14}H^8O^4 = C^{14}H^6 \left\{ \begin{array}{l} O^2 \\ (OH)^2 \end{array} \right.$. Bien que, comme l'a montré V. Wartha (1870),

il soit possible de transformer l'anthrachinone 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'*alizerine*, l'anthrachinone $C^{14}H^8O^2$, obtenu par l'action d'agents oxydants comme l'acide azotique sur l'anthracène, était transformé en anthrachinone bibromé $C^{14}H^6Br^2O^2$ et ce dernier chauffé avec de la potasse ou de la soude caustique à la température de 180 à 200° cent. était converti en alizarate de potassium, duquel on précipitait l'alizarine par l'acide chlorhydrique :



On prépare maintenant l'alizarine en traitant l'anthrachinone par l'acide sulfurique (poids spécifique = 1,84), à une température de 260° ; l'acide sulfanthrachinonique ainsi obtenu est ensuite neutralisé par le carbonate de calcium, le sulfate ainsi formé est séparé par filtration et le liquide est ensuite 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 potasse caustique, on la transforme en alizarate de potassium, duquel on sépare l'alizarine par des acides. D'après un autre procédé, on évite la formation de l'anthrachinone et l'on se sert directement de l'anthracène, que l'on convertit en *acide sulfanthracénique* $C^{28}H^{18}SH^4O^3$, en le chauffant avec de l'acide sulfurique concentré. L'acide sulfanthracénique 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 ; enfin l'acide sulfanthracénique oxydé est chauffé avec de la potasse caustique, et il se forme comme précédemment de l'alizarate de potas-

sium. Il n'est pas douteux que non-seulement l'anthracène puisse être d'une autre manière transformé en alizarine, mais encore que l'on réussira à préparer l'anthracène et le rouge d'anthracène avec les hydrogènes carbonés du goudron de houille (benzol, toluène, naphthaline).

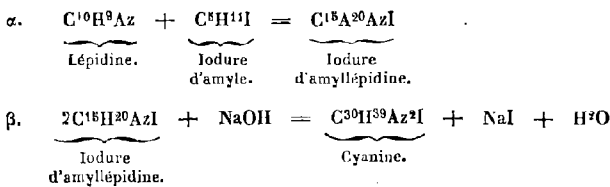
La fabrication en grand de l'alizarine artificielle, dont se sont occupés, outre les inventeurs *Graebe* et *Liebermann*, *J. Gessert*, d'Elberfeld, *Bronner* et *Gutzkow*, de Francfort-sur-le-Mein, *Brüning*, de Höchst, *Greiff*, de Cologne, *Perkins*, de Londres, et autres, forme une des plus belles pages dans l'histoire de la technologie chimique, et l'on peut prévoir que dans un certain nombre d'années elle fera une concurrence redoutable à la culture de la garance et à la fabrication de la garancine. Mais il est évident que le rouge d'anthracène n'est pas encore capable de faire concurrence à la matière colorante de la garance.

V. 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 0/0 de chinoline brute (huile de chinoline), qui est un mélange de trois bases analogues :

Chinoline	C ⁹ H ⁷ Az
Lipidine	C ¹⁰ H ⁹ Az
Cryptidine ou dispoline	C ¹¹ H ¹¹ Az

La lépidine est le principe dominant. Si l'on chauffe l'huile de chinoline avec de l'iodure d'amyle, il se forme une combinaison des deux corps, l'iodure d'amyllépidine, 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) C³⁰H³⁹Az²I. 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. La formation de la cyanine peut être représentée par les équations suivantes :

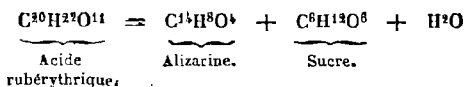


B. MATIÈRES COLORANTES DÉRIVÉES DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX.

Matières colorantes rouges.

Garance. — La *garance* est la racine d'une plante vivace appartenant au genre *Rubia* (*Rubia tinctorum* dans l'Europe méridionale, moyenne

et occidentale, *Rubia peregrina* en Orient et *Rubia mungista* [mungeet] aux Indes orientales et au Japon) et qui croit 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. La garance provient le plus souvent de l'Alsace (Strasbourg, Haguenau, Geisselbrun) et de la Provence (Avignon). Sous le nom de *garance mulle* on désigne une sorte qui se compose de poussière et de débris. La racine de la garance renferme, outre les matières colorantes, une quantité notable de sucre ¹. Autrefois on n'admettait dans la garance pas moins de cinq matières colorantes, mais il semble résulter des nouvelles recherches que cette racine ne contient à l'état frais que deux principes colorants, l'*acide rubérythrique* (nommé autrefois xanthine) et la *purpurine*. Le premier se dédouble sous l'influence d'une substance azotée particulière contenue dans la garance (d'après *Rochelder*) en *alizarine*, le pigment propre de la garance, et en sucre :



D'après les recherches de *Graebe* et *Liebermann*, l'alizarine est un dérivé de l'anthracène $\text{C}^{14}\text{H}^{10}$ et elle a pour formule $\text{C}^{10}\text{H}^8\text{O}^4$. Les chimistes que l'on vient de nommer ont réussi récemment (1869) à convertir artificiellement l'anthracène en alizarine (voy. page 445). L'alizarine est jaune, mais elle est colorée en rouge par les alcalis et les terres. On trouve en outre dans la garance un corps rouge, la *purpurine* ou rubiacine ($\text{C}^{14}\text{H}^8\text{O}^5$), qui par elle-même est dépourvue de pouvoir colorant, mais qui avec l'alizarine joue cependant un rôle dans la teinture.

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

¹ *W. Stein* a trouvé (1869) dans la racine fraîche de garance jusqu'à 8 0/0 de sucre de canne.

ou le borax ; le précipité est ensuite lavé et desséché. On obtient la *fleur de garance* en lavant et en laissant fermenter la garance moulue : 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 semble avoir pour effet de produire l'élimination de cette substance (une substance pectique ?), qui dans ces dernières circonstances devient insoluble. 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 d'*azalée* (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. L'alizarine brute, que l'on obtient en épuisant de la garance ou de la garancine, se rencontre depuis quelques années dans le commerce sous le nom de *pincoffine*.

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, 3 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 1/3 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.

Colorine. — 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. Depuis quelques années *E. Kopp* prépare à l'état pur (au point de vue industriel) les matières colorantes de la garance en épuisant celle-ci par une solution aqueuse d'*acide sulfureux*. Ces préparations sont déjà très-répandues ; on distingue l'*alizerine verte*, que l'on extrait de la garance d'Alsace dans la proportion de 3 0/0 et qui outre l'alizerine renferme une substance résineuse verte, l'*alizerine jaune*, de laquelle cette matière verte a été séparée, la *purpurine* et la *fleur de garance*. Le pouvoir tinctorial de la purpurine 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.....	1,15 0/0
Alizarine verte.....	2,50
Alizarine jaune.....	0,32
Fleur de garance.....	39,00

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 Brésillet* (*Cæsalpina vesicaria*) ont encore moins de valeur. Dans tous ces bois se trouve une matière colorante, la *brésiline* (ayant pour formule, d'après *Bolley*, $C^{42}H^{40}O^{14} + 3H^{2}O$), 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 solide¹. On l'emploie en outre pour la préparation de la laque en boules, bien que pour cet usage il soit fréquemment remplacé par les couleurs de goudron rouges et violettes.

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 clair 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. Weidel* en 1869, il se trouve dans ce bois un corps incolore, le *santal* $C^8H^6O^3$, qui par oxydation se transformerait en santaline. 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 ma-

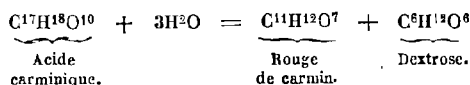
¹ On emploie le bois de Brésil pour la préparation de l'*encre rouge*. On prend dans ce but 250 gr. de bois rouge, 30 gr. d'alun, 30 gr. de crème de tartre et 2 litres d'eau, on fait bouillir jusqu'à ce que le liquide soit réduit à 1 litre et l'on ajoute ensuite au liquide passé 30 gr. de gomme arabique et 30 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 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.

tière colorante se trouve dans le *barwood* ou *camwood*, qui est fourni par le *Baphia nitida*, arbre croissant en Afrique. Ce bois contiendrait 23 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* (synanthérées), 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* (C¹⁴H¹⁶O⁷) 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.

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 a 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 mestèque*, qui se récolte principalement à Mestèque dans la province de Honduras sur les nopals cultivés, et la *cochenille sauvage* ou *silvestre* 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 forme 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.

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 lacæ*), qui se rencontre aux Indes orientales, pique les branches de certains figuiers; des piqûres 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.

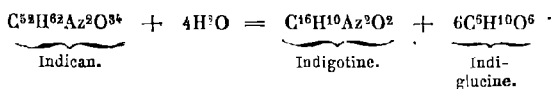
Orseille et persio. — Sous les noms d'*orseille* (archil), de *persio* et de *cudbear* on désigne des matières colorantes rouges qui se rencontrent dans le commerce sous forme de masses pâteuses. On obtient l'orseille en transformant en une poudre fine plusieurs espèces de lichens (*Rocella tinctoria*, *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 azotées en *orcéine* $\text{C}^7\text{H}^8\text{O}^2$, qui par absorption d'azote et d'oxygène passe à l'état d'*orcéine* $\text{C}^7\text{H}^7\text{AzO}^3$, laquelle doit être considérée comme le principe colorant essentiel de l'*orseille*. Cette dernière 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 îles Canaries et dans les Pyrénées ou ils étaient apportés 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. Il y a dix ans on rencontrait dans le commerce deux préparations d'orseille, qui contenaient dans un grand état de pureté les principes colorants de l'orseille et qui portaient 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 de tarmala* tiré des graines du *Peganum tarmala*, le *rouge de chica* ou *carajuru* extrait des feuilles du *Bignonia chica*, arbre qui croît à Vénézuéla, et la *murexide*¹ obtenue en traitant l'acide urique par des oxydants, comme l'acide azotique, et ensuite par l'ammoniaque.

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 d'*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'*indican*, qui par fermentation, ainsi que sous l'influence des acides forts, se dédouble en indigotine et en un sucre particulier, l'indiglucine :



¹ Voyez *E. Kopp-Bolley*, Traité des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, traduit de l'allemand par le D^r *L. Gautier*. Paris, 1873.

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. Lorsque les plantes sont convenablement développées, on les coupe tout près du sol avec une faucille et ensuite on les transporte dans la *fabrique d'indigo* (*indigoterie, factorie*), dans laquelle on prépare la matière tinctoriale de la manière suivante : Il y a ordinairement dans le lieu de la fabrication deux grandes cuves en maçonnerie superposées. Les plantes sont d'abord mises dans la *cuve à fermentation* (le *trempoir*), qui est la plus élevée et dans laquelle on verse de l'eau froide de manière à ce que le liquide s'élève de quelques pouces au-dessus des plantes. Dans cette cuve les plantes éprouvent une fermentation, par suite de laquelle il se dégage une grande quantité de gaz et une odeur particulière. Le liquide prend d'abord une couleur verte, qui passe bientôt au bleu. A la température de 30° la fermentation est terminée en 12 ou 13 heures. On fait ensuite écouler par un robinet le liquide dans la deuxième cuve, la *cuve à transvaser* (la *batterie*), on débarrasse la première cuve des plantes épuisées, que l'on fait sécher et que l'on emploie comme combustible, et on la charge avec des plantes fraîches que l'on traite de la même manière. Cette opération est continuée sans interruption jusqu'à la fin de la récolte. Le liquide qui se trouve dans la batterie est clair, de couleur jaune verdâtre et il contient en dissolution la matière colorante. Pour séparer celle-ci, on brasse la liqueur avec des bâtons ou des pelles. Ce brassage a pour but d'offrir au liquide de nombreux contacts avec l'air atmosphérique, qui colore l'indigo en bleu, et en outre de favoriser la séparation de l'indigo formé. Le brassage ne doit être ni trop long, ni trop court. Dès que l'ouvrier s'aperçoit que les particules bleues se rassemblent et se séparent du liquide, il cesse de brasser, afin de donner à la matière colorante le temps de se déposer au fond de la cuve. On favorise quelquefois la précipitation des particules colorées en ajoutant une lessive de potasse ou de l'eau de chaux. La quantité de l'indigo précipité est égale à un demi ou trois quarts de millième du poids de la liqueur. Lorsque tout l'indigo s'est séparé, on décante le liquide qui surnage; on transporte la bouillie dans des cuves collectrices, où elle est débarrassée de l'eau en excès, on l'introduit ensuite dans des sacs afin de faire sortir toute l'eau à l'aide d'une presse, puis on la verse dans des caisses de bois et on la fait sécher.

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 la richesse en ce dernier principe, qui varie de 20 à 75 et 80 0/0 et qui est en moyenne de 40 à 50 0/0. 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 0/0. 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 0/0.

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*. On emploie le plus souvent l'*essai par le chlore*. D'après *Schlumberger*, on dissout dans 10 ou 12 parties d'acide sulfurique de Nordhausen une partie de deux espèces d'indigos dont on veut déterminer la valeur par comparaison et l'on ajoute à chaque dissolution une égale quantité d'eau. Dans chacune des liqueurs étendues et contenues dans des éprouvettes, on verse une solution de chlorure de chaux titrée, jusqu'à ce que la couleur bleue de l'indigo ait disparu. Afin de pouvoir tirer de cet essai une conclusion sur la richesse en indigotine pure, on effectue d'abord une expérience avec de l'indigotine extraite par sublimation de l'indigo et à l'aide des résultats obtenus on calcule la valeur réelle des espèces d'indigos essayées. — La valeur de l'indigo peut aussi être déterminée avec le *permanganate de potassium* (d'après *Mohr* et *Elbers*). — Le procédé suivant recommandé par *Berzelius* donne les résultats les plus exacts. On prend 5 gram. de la poudre de l'indigo à essayer, un poids égal de chaux caustique pure et un volume d'eau du poids de 3 kilogr. environ. Avec une partie de cette eau on éteint la chaux, on triture ensemble l'hydrate de chaux et l'indigo et l'on fait tomber dans un flacon la bouillie obtenue en la poussant avec le reste de l'eau. Après avoir laissé reposer le flacon pendant quelques heures, on ajoute 2 gram. de sulfate de fer et on laisse le précipité se déposer. Du liquide qui surnage, on prend un volume qui correspond au quart de l'eau employée, on mélange le liquide décanté avec un peu d'acide chlorhydrique et on l'expose ensuite à l'air, jusqu'à ce que l'indigo réduit se soit de nouveau transformé en indigotine

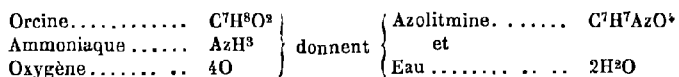
et qu'il se soit séparé sous cette forme. On rassemble l'indigotine sur un filtre, on la lave, on la dessèche et on la pèse. La quantité obtenue est le quart de la quantité qui était contenue dans les 5 gram. d'indigo essayés. D'après l'excellente méthode de *Fritzsche*, qui de même que celle de *Berzelius* repose sur la réduction de l'indigotine, suivie de son oxydation, on réduit l'indigo avec de la glycose et un alcali caustique.— D'après *Bolley*, on emploie pour l'essai de l'indigo une solution titrée de chlorate de potassium, que l'on ajoute à la solution d'une quantité pesée d'indigo dans de l'acide sulfurique qui a été mélangé avec un peu d'*acide chlorhydrique*. Comme on connaît le volume de solution de chlorate de potassium qui est nécessaire pour décolorer 100 parties d'indigotine (c'est-à-dire la transformer en isatine $C^{16}H^{10}Az^2O^4$), la quantité de chlorate de potassium employée indique la quantité de l'indigotine contenue dans l'indigo. — D'après *Lindenlaub*, on obtient des résultats encore plus exacts si l'on emploie l'*acide sulfureux* pour la décomposition du chlorate de potassium, parce que alors il n'y a que le chlore de ce dernier qui agisse comme décolorant, tandis que avec l'acide chlorhydrique le chlore de cet acide fait également sentir son action. On dissout 100 gram. de carbonate de sodium cristallisé dans 500 gram. d'eau et l'on sature la solution avec de l'acide sulfureux. Pour préparer la dissolution de chlorate de potassium, on dissout 4 gram. de ce sel dans une quantité d'eau suffisante pour que la liqueur ait un volume de 400 centimètres cubes. D'un autre côté, on dissout 1 gram. d'indigo dans 10 centimètres cubes d'acide sulfurique fumant et l'on étend la solution avec de l'eau de manière à porter son volume à 200 centimètres cubes. A l'aide d'une pipette on mesure 50 centimètres cubes de cette dissolution, que l'on verse dans une capsule de porcelaine et que l'on étend avec 200 centimètres cubes d'eau; on ajoute 50 centimètres cubes de solution d'hyposulfite de sodium et enfin on verse goutte à goutte dans le liquide, jusqu'à décoloration, le chlorate de potassium contenu dans une burette.— Le procédé décrit par *Penny* pour déterminer la valeur de l'indigo repose sur l'emploi du *chromate de potassium* et de l'*acide chlorhydrique*. On fait digérer pendant 12 heures à une température, qui ne doit pas dépasser 25°, 10 parties d'indigo pulvérisé avec 12 fois leur poids d'acide sulfurique fumant. Lorsque la dissolution est complète, on verse le liquide dans 568 centimètres cubes d'eau, on ajoute 24 gram. d'acide chlorhydrique concentré, on chauffe doucement et l'on titre avec une dissolution aqueuse de bichromate de potassium, que l'on verse jusqu'à ce qu'une goutte du liquide prélevée avec une baguette de verre produise sur le papier à filtrer une tache brun clair ou jaune d'ocre, sans aucune trace de vert ou de bleu (8 parties 1/2 de $K^2Cr^2O^7$ sont suffisantes pour décolorer 10 parties d'indigotine pure). — L'indigotine peut aussi être transformée en isatine par le *perchlorure de fer*. On pourrait peut-être se servir pour l'essai de l'indigo de la facile solubilité de l'indigotine dans le chloroforme, dont la découverte est due à *Stockvis*, d'Amsterdam (1868).

Indigotine. — L'*indigotine* peut être préparée par sublimation de l'indigo, ou, comme le montrent les faits précédents, par traitement de l'indigo avec de la chaux, du sulfate de fer et de l'eau. L'*indigotine* a pour formule $C^{16}H^{10}Az^2O^2$. 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 hyposulfites, 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 rouge de potasse ou de soude, l'oxyde de cuivre, etc., l'*indigotine* se transforme en *isatine* 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*. En précipitant ce dernier avec du carbonate de potassium, on obtient sous forme d'un précipité bleu foncé le *carmin d'indigo* ou *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 linge* ou *bleu nouveau*, qui de même que le bleu d'outremer est employé pour passer le linge au bleu, etc.

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. Le principe colorant du bois bleu est l'*hématoxyline* $C^{18}H^{14}O^6$, 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, 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*. On emploie le campêche dans la teinture en bleu et en noir. On prépare maintenant fréquemment l'*extrait de bois de Campêche*; 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.

Tournesol. — Le *tournesol* n'est pas employé en teinture, mais on s'en sert fréquemment pour bleuir la chaux, pour préparer les 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 (*Croton tinctorium*), que l'on prépare dans le midi de la France sous le nom de *tournesol en drapoux*, renferment une autre matière colorante appelée aussi tournesol; ils sont colorés en rouge-pourpre 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.

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* $\text{C}^{12}\text{H}^8\text{O}^5$, qui se trouve dans le bois combiné avec de la chaux, et un tannin particulier, l'acide morintannique (nommé aussi *maclurine*; sa formule est $\text{C}^{13}\text{H}^{10}\text{O}^6$), 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 de la potasse caustique. La maclurine se dédouble au contact de ce dernier alcali 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*, et une grande proportion de 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, est soluble dans l'alcool et dans l'eau, tandis que l'autre,

qui est rouge, se dissout facilement dans l'alcool, mais est insoluble dans l'eau. Cette dernière a, d'après *Piccard* (de Bâle), la formule $C^5H^6O^4$.

Graines jaunes. — Les *graines jaunes* (graines d'Avignon, graines de Perse, graines d'Espagne) sont les fruits des *Rhamnus infectorius*, *Rh. amygdalinus*, *Rh. saxatilis* et elles sont apportées du Levant, ou de la France méridionale et de la Hongrie. Le 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 *chrysothamnine*, et une matière jaune-olive, la *xanthorhamnine*. La première est, d'après *Bolley*, identique avec la quercétine. 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* $C^{33}H^{30}O^{17}$, il contient de l'acide tannique. Au contact des acides étendus le quercitrin se dédouble en sucre et en *quercétine* $C^{27}H^{18}O^{12}$, poudre jaune-citron, qui se rencontre dans le commerce sous le nom de *flavin*. 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 *purrahée* 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. page 440) comme couleur jaune et (mélangé 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* (voy. page 443).

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 tannifères, 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*. Ce dernier brun porte le nom de *brun chimique* ou de *brun havane*. 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. page 439). On produit du *vert* en mélangeant du *jaune* et du *bleu*, ou avec le *vert de Chine* ou *lo-kao* extrait du *Rhamnus chlorophorus* et du *Rhamnus utilis*, avec le *vert de séve* 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. page 438).

BLANCHIMENT.

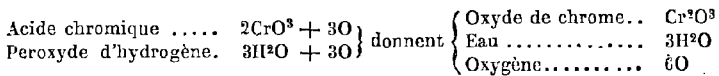
Le *blanchiment* a pour but de ramener à l'état blanc les fibres textiles, les fils et les tissus, qui par eux-mêmes sont blancs, mais qui se sont colorés et salis pendant les manipulations nécessaires par leur extraction et

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 150 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'œillet ou de gaultheria, puis une quantité d'eau suffisante pour obtenir 11 litres de liquide. 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, additionnés 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'hématine 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 bleue 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 qui contiennent de plus grandes quantités de gomme et de sucre. L'encre à marquer le linge est une dissolution d'azotate d'argent (voyez t. I, page 170) ou bien du noir d'aniline (voyez page 439) que l'on produit sur le tissu lui-même.

leur fabrication. 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. 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 déjà longtemps 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*, la *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 produisent l'oxygène ordinaire (qui ne blanchit pas). Ces faits ont pour le blanchisseur une grande importance, parce que dans le choix de

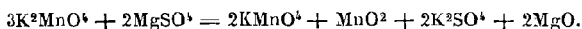
plusieurs agents d'oxydation, qu'il veut employer en même temps, il doit faire en sorte que ces agents contiennent tous la *même* modification de l'ozone, car dans le cas opposé il ne se produit pas d'oxydation (de blanchiment), mais seulement un dégagement d'oxygène ordinaire. Un exemple fera comprendre 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 mouvement, 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. Pour les *étoffes de lin*, on fait usage soit du blanchiment sur gazon, soit du blanchiment artificiel. 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, par exemple, 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 suivante, 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 débarrassée de l'encollage (sous forme de fil ou de tissu)

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. »

est d'abord introduite dans un bain contenant un manganate alcalin et du sulfate ou du chlorure de magnésium ; on l'y laisse pendant 15 minutes ; 2 à 6 kilog. de manganate de sodium suffisent pour blanchir 100 kilog. 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 M. *Verlay* à Commines (département du 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 kilog.

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 30 parties de carbonate de sodium dans 100 parties d'eau, et l'on fait ensuite bouillir dans l'eau la soie décreusée (dégommée). Ces deux opérations font perdre à la soie grège environ 25 p. 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. La laine perd dans ce traitement de 20 à 30 0/0 de son poids. Pour la plupart des couleurs, ce nettoyage préparatoire est suffisant, mais il n'en pas de même pour les couleurs fines et les tissus qui doivent être imprimés. Dans ce dernier cas un blanchiment à l'acide sulfureux est nécessaire (l'acide sulfureux est employé sous forme de bisulfate de sodium, sous le nom de *leucogène*)¹.

¹ Voyez M. de *Vivnant*, Traité pratique du blanchiment et de la teinture des fils et des étoffes, etc. 1 vol. in-8. Paris, 1872.

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 Berlin 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 elle 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 déteinte 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 hémateïne 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, ferrocyanure 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'alun, le sulfate et l'acétate d'aluminium, l'hyposulfite d'aluminium, l'aluminate de sodium, l'acétate de fer¹, les sels d'étain, 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 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 la nature de ceux-ci, 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

¹ 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.

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 *réservages*, dont il sera question a 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 savon, ou dans un autre bain de teinture. On nomme ces mordants, mordants modificateurs.

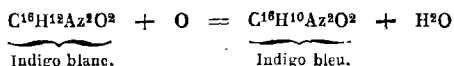
Teinture sur laine. — La laine est teinte soit sans être filée, sous forme de laine en flocons, soit après avoir été filée, sous forme de fil ou de tissu. Comme dans le tissage, le foulage et la tonte il se produit toujours des déchets, il est avantageux de teindre la laine à l'état filé. Lorsque la 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, de bitartrate de potassium et de sel d'étain ou de bitartrate de potassium et de sulfate de fer. Dans certaines couleurs on emploie aussi le bichlorure d'étain ou le pinksalt (voyez t. I, page 422).

Teinture en bleu.

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 Berlin, ou enfin on se sert pour les tissus ordinaires du bois de Campêch et du sulfate de cuivre. On peut reconnaître de la manière suivante si une étoffe est teinte avec l'indigo, le bleu de Berlin 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 Berlin 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.

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 :



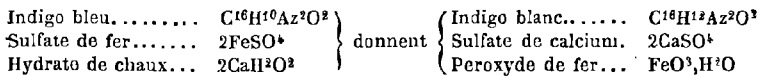
Cuves d'indigo. — Le vase dans lequel on fait la dissolution de l'indigo porte le nom de *cuve*. Ce nom a été aussi appliqué à ce procédé de teinture, de sorte que sous le nom de *cuve d'indigo* on désigne la méthode en usage pour dissoudre l'indigo. On dissout l'indigo soit en le réduisant, soit en 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 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 elle 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, 13 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 l'y maintient pendant 2 heures. On ajoute ensuite 600 gram. 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 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 dégage-

ment 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 serait 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 de 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* (*cuve 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-prompement 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 le sulfate de fer par du zinc en poudre et l'on obtient alors la *cuve au zinc*.

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'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 potasse, 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'hypo-sulfite 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 457, 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. 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 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 soude ou de potasse, et l'on fait bouillir pendant quelque temps. La solution ainsi obtenue est employée pour teindre en bleu. Lorsque de la laine doit être teinte avec cette dissolution, on 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'uniforme militaire peuvent donner jusqu'à 2 ou 3 0/0 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.

Teinture au bleu de Berlin. — Avec le bleu de Berlin 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 ferricyanhydrique. 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 Berlin 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, et 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 Berlin, 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*.

Teinture 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 à 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 fait 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*.

Teinture en rouge. — Pour *teindre la laine en rouge*, on emploie le plus ordinairement la *garance*. La teinture en garance 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. Avec le temps on finira peut-être par teindre avec l'alizarine artificielle (rouge d'anthracène). La teinture en rouge avec la *cochenille* exige comme le garantage 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 toutes les *couleurs de goudron* (rouges, bleues, vertes, grises, jaunes, violettes), 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.

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 en vert avec le *lo-kao* (voyez page 460) et le vert d'aniline, le *vert à l'iode* notamment¹. — 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 ordinai-

¹ Voyez la communication de *Th. Peters* (de Chemnitz) sur la teinture de la laine à l'aide du vert à l'iode (*Jahresbericht der chem. Technologie*, 1869, p. 621).

rement, si l'on fait abstraction de l'application du noir d'aniline (obtenu avec le chromate de cuivre et l'oxalate 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 protoxyde 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 Berlin 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.

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° Noix de galle et autres substances tannantes et sels de fer ;

4° Chromate de cuivre et oxalate d'aniline, d'après le procédé de *Persoz junior* et d'autres.

Le premier et le deuxième noir sont appelés simplement *noirs de bois* et le troisième *noir pesant*. Le noir au 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 il est surtout employé pour les étoffes légères, les rubans, etc. ; cette couleur offre l'inconvénient de rougir au contact des acides même étendus. Le noir pesant 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 pesant une quantité de substances tinctoriales, qui s'élève à 60, 80 et même à 100 0/0 de son poids¹. Le teinturier doit, suivant la demande, livrer pour 100

¹ La soie destinée à la confection des cordons de souliers donne même jusqu'à 225 0/0 de soie teinte.

kilog. de soie grège, 160, 180 ou 200 kilog. de soie teinte en noir pesant. En Allemagne, on emploie comme substance tannante de l'extrait de gallons ou l'extrait très-astringent préparé, en Bohême, sous le nom de *pied-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 pesant, 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 Mailänder*); on donne quelquefois au noir une nuance bleue en passant d'abord l'étoffe dans du prussiate de potasse et de l'azotate de fer.

Aucune autre couleur que le noir pesant 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 on veut aussi augmenter le poids du tissu. On atteint le premier but à l'aide des matières tannantes qui, comme la noix de galle, etc., renferment du tannin bleuissant les sels de fer, et pour arriver au second on se base sur la propriété que possèdent les matières tannantes 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, les gonfle, les 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 peroxyde ou de peroxyde de fer; la soie engallée passée dans un bain de peroxyde devient immédiatement noire, tandis que dans un bain de peroxyde 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 peroxyde 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 donnerait d'excellents résultats.

On teint la soie en *bleu* à l'aide de l'*indigo*, du *bleu de Berlin*, du *bleu de Campêche* et du *bleu d'aniline*. On emploie la cuve d'indigo plus rarement que le sulfate d'indigo purifié. Pour teindre au bleu de Berlin, on plonge d'abord le tissu dans un mélange d'eau, de liqueur de Raymond ¹ et pro-

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-*

tochlorure d'étain, on lave avec de l'eau et l'on passe 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 au *bleu d'aniline* (auquel se rattache le bleu de naphthyle récemment découvert), 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 et le rouge de Magdala (rouge de naphthaline). 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 qu'elle ait un puissant concurrent dans le violet d'aniline. 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. Depuis quelques années on emploie presque exclusivement dans la teinture de la soie en vert le vert d'aniline (éméraldine). 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 Berlin (bleu chimique), du bois de Campêche et du sulfate de fer, et d'une solution d'oxyde de cuivre dans l'ammoniaque, qui par la

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.

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 le tannin dissous dans l'alcool 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.

Dans la *teinture en rouge du coton* la garance est surtout importante; l'alizarine artificielle (extraite de l'anthracène) commence aussi à acquérir une certaine importance pour ce genre de teinture. 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 de la manière suivante : on distingue quatre opérations : 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; le coton engallé est foulardé dans une solution d'alun neutralisée par le carbonate de sodium, puis séché et encore aluné; 3° la *teinture* ou le *garantage* s'effectue avec une décoction de garance ou d'une préparation de garance appropriée; 4° l'*avivage* et le *rosage*, sous l'influence desquels le fil teint prend la nuance rouge-écarlate, se font avec une solution de savon, du protochlorure d'étain et de l'acide azotique. Dans ces opérations 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 la théorie en 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 *Warther (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.

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 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 dessins 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 Berlin, la laque de garance, l'indigo, la cochenille et la plupart des couleurs de goudron ; aux dernières la garance, la cochenille, le bois de Campêche, 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 on passe ensuite l'étoffe dans un bain de teinture ; ou

3° On teint tout le tissu à l'exception des endroits qui doivent recevoir une autre couleur ; ces endroits sont recouverts avec une substance (*reservage, 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 à ce que cette dernière puisse se combiner avec la fibre. On se sert généralement comme mordants de l'acétate d'aluminium (voyez t. I, page 481) et de l'acétate de fer. L'alun ou une dissolution d'alumine dans la soude (aluminat de sodium) 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 122). 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 adragante, 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

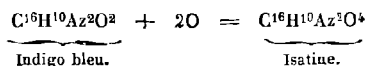
de la couleur dépend de la nature de l'épaississant; on emploie maintenant le plus généralement la fécule grillée ou leïocomme (voyez page 59), plus rarement l'albumine. Relativement au choix de l'épaississant, il ne faut pas oublier que la fécule ne peut pas être employée en présence de mordants très-acides, 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 *réservages*. Ordinairement le réservage est un mélange, qui est destiné à empêcher l'indigo bleu d'agir à l'état soluble sur certaines parties de 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 réservations sont composées 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 réservations 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 *réservage blanc* pour l'impression au rouleau se compose par exemple de vertet 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'oxyde de cuivre 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.

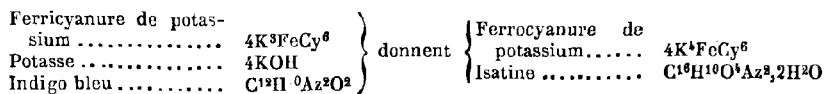
Indépendamment des sels de cuivre, on emploie aussi pour réservations blancs le *bichlorure de mercure* et le *sulfate de zinc*; le premier agit comme le sel de cuivre; le sulfate de zinc donne avec l'indigo blanc une combinaison insoluble, qui se précipite sur les parties réservées.

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 enlèvement sur mordant*), ou on détruit la

couleur (*impression à l'enlevage*). Dans le premier cas on se sert d'un acide, qui se combine avec la base (acides phosphorique, arsenique, 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 Berlin on a proposé dans ces derniers temps le fluorure de potassium. L'enlevage de l'indigo bleu par les agents 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 peroxyde 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° par teinture ; 2° par application ; 3° par enlevage.

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 du 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, 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 de cuivre, qui est mis en rotation par la machine. Au-dessous de ce cylindre se trouve un rouleau de bois recouvert de drap, qui plonge en partie dans la couleur et qui alimente avec celle-ci le cylindre de cuivre. Tout près de ce dernier se trouve une sorte de couteau (le docteur ou racle), 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 arséniate; 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 et 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 (voyez t. I, page 394). Les couleurs dont l'éclat et la nuance se ternissent au sortir du bain de teinture, sont soumises à l'avivage. Pour le rouge ture 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° 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 470) 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 épaissie 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 dissolution de bichromate de potassium. Pour le *vert* on prend un mélange de chromate de plomb et de bleu de Berlin.

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 certains endroits 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 et 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 tar-

trique 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 endroits avec des couleurs mélangées. Pour produire ce dernier effet, on ajoute des couleurs au rongeur ; si l'on emploie comme rongeurs des enlevages de chlore, ces couleurs doivent être des couleurs minérales, comme le nitrate de plomb, le bleu de Berlin, etc. Pour obtenir des couleurs mélangées sur un fond uni, on se sert, par exemple, pour des tissus teints en rouge turc du procédé suivant : pour produire 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 Berlin, 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 de 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 couleurs de goudron considérées 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 épaissi et on le fixe par dessiccation et exposition à l'air ou par vaporisation, et on teint dans la dissolution de couleur de goudron (rouge, violet, bleu) ; la couleur adhère dans les parties mordancées ; ou bien 2° on épaissit 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 *Liés-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 *Lighfoot*. Aux corps azotés mentionnés se rattachent le tannin, les huiles grasses, certaines préparations d'huile comme les acides sulfoléique, 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 de 1,080 (pour 5 kilogr. on emploie 435 gram. de lessive) et la dissolution est étendue avec 3 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 à imprimer avec la couleur d'aniline; 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 ils 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 tannate 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 dé-

pend 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°. 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 439) 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 445).

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 toile se borne 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° le genre *golgas* et 2° 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 vapeur d'eau, ou bien on imprime différents mordants et l'on teint ensuite dans le bain de 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° 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 trouvent 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. 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° un corps solide prend une teinte rouge, qui vers 1000° 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 de ce genre qui puisse servir pour l'éclairage, il est nécessaire que sa combustion ait lieu en présence

de vapeurs de combinaisons hydrocarbonées supérieures (par exemple des vapeurs de benzol, 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 oxy-hydrogène, un cylindre de magnésie ou de zircone dans une flamme d'hydrogène ou de gaz d'éclairage qui est alimenté 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 zircone, 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 de 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. Sa 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 fondus 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 *Blochmann*, de *Kersten*, et surtout ceux de *H. Deville*, de *Volger*, de *Lunge*, de *Frankland* 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. 332) ;

2° une partie moyenne très-éclairante *e, f, g*, et 3° un noyau central obscur *a*, dans lequel 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



Fig. 332.

température et de l'oxygène atmosphérique arrivant de l'extérieur pour se combiner avec l'hydrogène principalement, et que ce carbone porté au rouge dans la flamme de l'hydrogène 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 se produisent 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 le résultat d'une analyse de *O. Kersten*, qui a confirmé l'opinion émise pour la première fois par *O.-L. Erdmann* (de Leipzig); 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* (1867) ce serait, 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 du benzol, 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 conglomerat 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 le benzol 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 (qui, d'après *Frankland*, ainsi qu'on l'a dit plus haut, n'est pas du carbone pur, mais un conglomérat 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 celles de l'hydrogène protocarboné 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.

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 appartiennent le suif, l'huile de palme, les acides stéarique et palmitique, l'acide élaïdique, 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'olives, 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 obtenues par traitement du goudron (de tourbe, de lignite, de schiste feuilleté, de boghead), les mélanges d'hydrocarbures

liquides, 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 ou 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).

ÉCLAIRAGE 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 palmitique, acide stéarique, paraffine, suif, cire) 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 bougies de paraffine ; | | 3° Des chandelles ;
4° Des bougies de cire. |
|--|--|--|

1° Fabrication des bougies stéariques. — Les matières brutes de la fabrication des bougies stéariques sont maintenant l'huile de palme et le suif, 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 s/Saale) que les graisses que l'on vient de nommer se composent d'acide palmitique, d'acide stéarique et 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 avec

la chaux, avec l'eau et sous pression, avec l'acide sulfurique, et à l'aide de la vapeur d'eau réchauffée ; dans les deux derniers cas la saponification est suivie d'une distillation.

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, et il est aussi plus facile à travailler, mais ce dernier est d'un prix moins élevé. Le suif que l'on retire en grandes quantités de la Russie est ordinairement un mélange de suif de bœuf et de suif de mouton. 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.

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 $C^{54}H^{98}O^6$ et l'oléine de la trioléine $C^{57}H^{104}O^6$. Dans la saponification par la chaux il se forme les savons de calcium des trois acides gras, l'acide stéarique, l'acide palmitique et l'acide oléique, et il se sépare de la glycérine. La saponification elle-même s'effectue de la manière suivante. Le suif ou l'huile de palme est d'abord fondu dans une cuve de bois doublée de plomb : cette cuve, qui a une capacité de 20 hectolitres, est chargée avec 500 kilogrammes de suif et 800 litres d'eau, puis chauffée à la vapeur au moyen d'un tube, dont l'extrémité est contournée en spirale sur le fond de la cuve. Lorsque tout le suif est fondu, on commence à ajouter peu à peu et en brassant continuellement 600 litres de lait de chaux, qui contiennent 70 kilogr. de chaux vive (= 14 0/0 du poids du suif). Après un chauffage de 6 ou 8 heures la formation du savon calcaire est complète. On sépare du savon calcaire dur et grenu la solution jaunâtre de glycérine, et ensuite on la traite pour *glycérine*. 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 100 parties de graisse que 8,7 parties de chaux vive. Cependant on en emploie généralement 14 0/0, parce que l'on a trouvé qu'un excès de chaux facilite la saponification, mais que lors de la décomposition du savon calcaire il occasionne une dépense plus grande en acide sulfurique.

Le *savon de calcium* est maintenant décomposé par l'acide sulfurique, que l'on emploie soit à l'état concentré, soit sous forme d'acide des chambres. La décomposition s'effectue dans la cuve où a eu lieu la saponification ou dans des cuves particulières, des cuves de bois garnies de plomb ou des cuves de pierre, sur le fond desquelles se trouve également un tube à vapeur. La quantité de l'acide sulfurique nécessaire pour la décompo-

sition du savon calcaire s'élève pour 500 kilogr. de suif et 70 kilogr. de chaux, à 137 kilogr. L'acide sulfurique est étendu avec de l'eau jusqu'à 12° Baumé (dans cet état il contient encore 30 0/0 H²SO⁴), 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 sépare au fond de la cuve. 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 avec de l'eau. Le rendement en acides gras du suif purifié s'élève en moyenne à 94, 8 0/0, ainsi :

500 kilogr. de suif ont donné	459,5 kilogr. d'acides gras.
500 —	463 —
500 —	478 —
500 —	487,5 —
2000 kilogr. de suif ont donné	1888,0 kilogr. d'acides gras.

Le rendement dépend de l'espèce, de la pureté et du traitement du suif. 100 parties des acides gras ont donné :

a. 43,3 parties d'acide gras solides.	}	En moyenne 45,9 parties d'un mélange d'acide stéarique et d'acide palmitique.
b. 45,8 —		
c. 46,2 —		
d. 48,4 —		

Lorsque les acides gras ont, au moyen de plusieurs lavages à l'eau, été dépouillés aussi complètement que possible de la chaux, du sulfate de calcium et de l'acide sulfurique, on les maintient pendant quelque temps à l'état fondu, afin de donner à l'eau la facilité de se séparer complètement; on les laisse ensuite se *solidifier* ou *crystalliser*, et ensuite 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 lieu dans des capsules ou dans des moules de fer-blanc, qui comme les moules à chocolat sont plus larges en haut qu'en bas et qui peuvent contenir environ 2 kilogr. d'acides gras. Dans quelques fabriques on emploie aussi maintenant des moules en tôle émaillée. 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 un tissu de crin grossier en forme de sac ou sur une étoffe croisée de laine très-forte et très-tenace, on enveloppe dans ces tissus le pain 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 ou de zinc, et on les soumet à une pression de 200,000kilog. L'*acide oléique* qui s'écoule est reçu dans des entonnoirs, qui se trouvent sous le plateau de la presse, et ils sont conduits dans un réservoir. 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). 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 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 pains. Dans les fabriques on suit fréquemment les deux méthodes combinées, mais au lieu d'enlever les plaques de fonte à chaque opération pour les chauffer, on les laisse toujours dans la presse; elles sont creuses, et on les chauffe à la vapeur.

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 3° 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 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 de 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.

Dans les fabriques de bougies stéariques on transforme chaque année en sulfate de calcium sans valeur, pour la séparation des acides gras du savon calcaire, des milliers de kilog. 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 *Cambacérés*, 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 (voyez, t. I, page 481).

La saponification calcaire a beaucoup perdu de son importance, depuis qu'on a mis en usage la saponification avec l'acide sulfurique et avec la vapeur d'eau surchauffée.

II. **Saponification sous pression.** — *De Milly* a apporté des modifications importantes dans le procédé de saponification par la chaux. Depuis longtemps déjà il avait dans sa fabrique abaissé de 14 à 8 ou 9 0/0 du poids du suif la quantité de la chaux nécessaire pour la saponification, et plus tard il trouva que cette quantité pouvait encore être diminuée de moitié, qu'on pouvait par conséquent la réduire à 4 et même à 2 0/0, mais en admettant que l'on expose à une température plus élevée que précédemment le mélange de chaux, d'eau et de graisse. Dans une chaudière fermée *de Milly* introduisit 2300 kilog. de suif et 20 hectolitres d'un lait de chaux contenant 50 kilog. (= 2 0/0), ou 69 kilog. (= 3 0/0) de chaux et il fit agir sur le mélange de la vapeur à 182° cent. (= une pression de 10 atmosphères), de sorte que la température s'éleva dans la chaudière à 170° cent. Au bout de sept heures la saponification était terminée. Dans la chaudière il se trouva d'une part une solution aqueuse de glycérine; d'autre part, une masse composée d'acides gras solides, dans laquelle étaient disséminées de petites quantités de savon calcaire. La chaudière fut vidée

et chargée de nouveau, de telle sorte que 6900 kilog. de suif purent être traités en 24 heures. Ce procédé est très-avantageux, parce que la quantité de l'acide sulfurique nécessaire pour la décomposition du savon de calcium est considérablement diminuée.

Pour expliquer ce mode particulier de saponification, *Pajen*, se basant sur les recherches de *Bouïs* 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 élevée de 172°. *Pelouze* avait observé que du savon calcaire (obtenu en précipitant une solution aqueuse de chlorure de calcium avec une solution aqueuse de savon du commerce) introduit dans un digesteur avec son poids d'eau et de l'huile d'olives, 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 saponification avec quelques centièmes de chaux imaginé par *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 0/0 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 0/0 de chaux favorise et simplifie la saponification, en détruisant l'affinité agissant en sens opposé 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.

III. Saponification par l'acide sulfurique.—Dès l'année 1777 *Achard* savait que les graisses éprouvent sous l'influence de l'acide sulfurique une décomposition analogue à celle que leur font subir 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 1836, 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 *Dubrunfaut* introduisit en 1836 la distillation des acides gras. Dans la saponification sulfurique on n'emploie ordinairement comme matières grasses que les graisses 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, des cuisines, les produits de la décomposition par l'acide sulfurique des eaux savonneuses des filatures de laine et des fabriques de drap (bien que ces matières grasses soient employées,

avec plus d'avantages, pour la préparation du *gaz de suif*), les résidus de la purification du goudron, du raffinage de l'huile, de la fonte du suif, etc.

La saponification sulfurique, telle quelle est exécutée aujourd'hui (par exemple dans la grande fabrique de bougies stéariques de *Leroy et Durand*, à Gentilly, près Paris, que j'ai pu visiter pendant l'exposition de 1867), se divise en trois phases :

- α. Traitement des graisses par l'acide sulfurique ;
- β. Décomposition des produits de la saponification sulfurique ;
- γ. Distillation des corps gras.

α. *Traitement des graisses par l'acide sulfurique.* — Comme la plupart

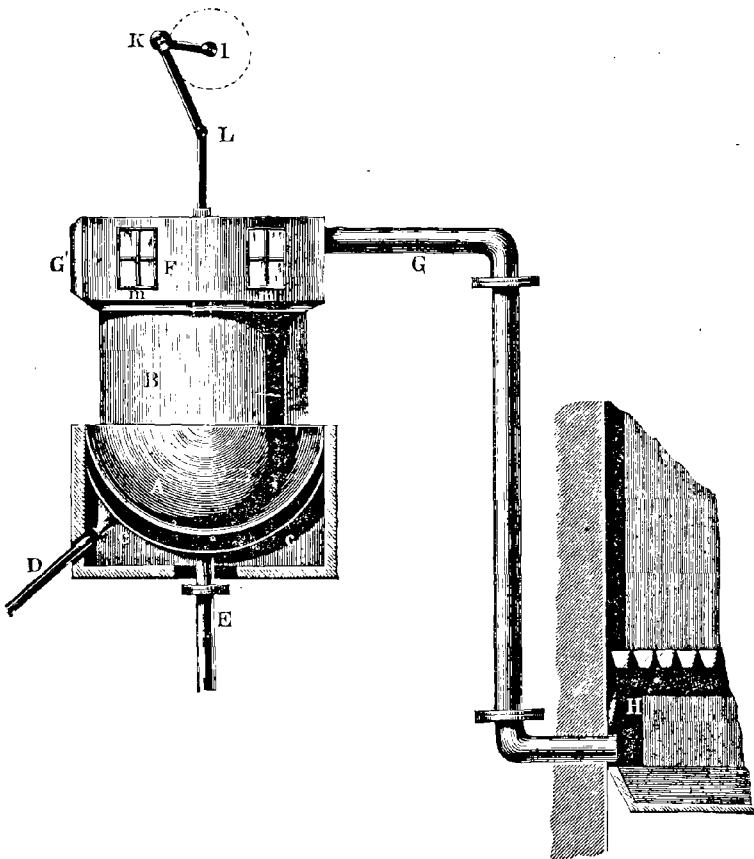


Fig. 333.

des matières grasses que l'on emploie dans la saponification sulfurique sont tout à fait impures, on commence par les faire fondre de manière à permettre aux impuretés de se déposer. Les graisses ainsi purifiées sont

maintenant introduites dans la chaudière B (fig. 333) en tôle forte, doublée de plomb, dans laquelle s'effectue la saponification; un agitateur vertical AL auquel la manivelle K imprime un mouvement alternatif est destiné à produire le mélange de l'acide sulfurique avec les corps gras. La chaudière, munie d'un double fond *e*, est chauffée au moyen de la vapeur que l'on fait arriver par D; E est un tuyau par lequel sortent les eaux de condensation. A la partie supérieure, qui est munie de regards *m*, est adapté un tuyau G qui conduit les gaz, comme l'acide sulfureux et les vapeurs nauséabondes, sous le foyer voisin H. Dans cette chaudière, on introduit de l'acide sulfurique à 66° Baumé. La quantité de cet acide dépend de la nature des matières grasses employées; lorsqu'il s'agit de traiter des déchets de cuisine et d'abattoirs et des matières analogues, on prend une quantité d'acide égale à 12 0/0 du poids de la graisse; si c'est de l'huile de palme que l'on veut décomposer, cette quantité doit être égale à 6 0/0; en moyenne la proportion de l'acide sulfurique s'élève à 9 0/0. Lorsque la graisse a été introduite dans l'appareil, on met l'agitateur en mouvement et l'on commence à chauffer en injectant de la vapeur dans le double fond de la chaudière. La température à laquelle on chauffe est variable; dans la fabrique de *Price and Co*, de Londres, elle s'élève à 177° cent., dans la fabrique de Gentilly, elle dépasse rarement 110 à 115°. Pendant le chauffage la masse se boursoufle, elle se colore en brun et elle 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'acides sulfogras et d'acide sulfoglycérique. Après un chauffage de 15 ou 20 heures la saponification est terminée. D'après un nouveau procédé de *de Milly* (1867), le suif est chauffé à 120° avec 6 0/0 d'acide sulfurique, mais la durée de l'action est limitée à 2 ou 3 minutes. De cette façon il est possible d'obtenir 80 0/0 des acides gras, dans un état tel que ceux-ci peuvent être immédiatement employés (c'est-à-dire sans distillation préalable) pour la fabrication des bougies, tandis qu'on ne peut en obtenir que 20 0/0 par distillation ¹.

β. *Décomposition des produits de la saponification sulfurique.* — Lorsque la saponification est terminée, on procède à la décomposition des acides sulfogras. Dans ce but on laisse refroidir la masse pendant 3 ou 4 heures, puis on la fait couler dans le compartiment A, d'une grande cuve de bois garnie de plomb (fig. 334). Dans ce récipient, au tiers rempli d'eau, se trouve un tube à vapeur *a*, qui porte promptement le mélange à la température de 100°. 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

¹ D'après *Balard* (1868), le procédé de *de Milly* est le perfectionnement le plus important qui ait été apporté depuis 14 ans dans la fabrication de l'acide stéarique.

avoir subi d'altération. Les acides gras sont ensuite lavés à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante, et dans ce but on fait arriver celle-ci dans le compartiment A de la cuve; l'eau entraîne en dissolution l'acide sulfoglycérique et plusieurs substances étrangères; elle s'écoule dans un deuxième récipient B en passant sous le diaphragme du premier; là de la vapeur amenée par le tube *b* entretient la température à près de 100°; la plus grande partie de ce qui a pu être entraîné d'acides gras surnage dans ce vase, tandis que le liquide aqueux passant sous le diaphragme du récipient B déborde dans le troisième récipient C, où les mêmes effets se reproduisent. Les liquides aqueux s'écoulent de celui-ci après avoir passé

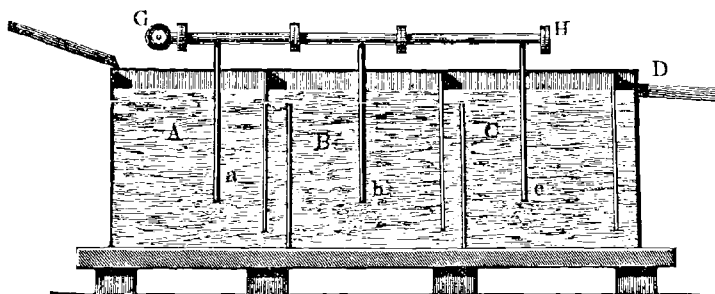


Fig. 334.

sous le dernier diaphragme dans un caniveau D qui les dirige dans des réservoirs. Les matières grasses qui surnagent dans les récipients B et C sont enlevées et versées dans le premier récipient pour être lavées avec les produits d'une deuxième saponification. Les acides gras bien épurés par les lavages dans le premier récipient A sont soutirés dans un vase où on laisse se déposer, à la température de 40 ou 50°, l'eau et les corps étrangers; après qu'ils se sont ainsi clarifiés, on les chauffe dans une chaudière plate, à l'aide de la chaleur perdue d'un foyer, jusqu'à ce que l'eau soit éliminée, et on les soumet ensuite à la distillation.

γ. 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 graisse 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 cornue, qui se trouve établie dans une maçonnerie. Avec la cornue communiquent, d'une part

un tube qui amène la vapeur d'eau surchauffée, et d'autre part un réfrigérant ordinaire. Les acides gras qui se rassemblent dans le récipient ne sont pas les mêmes aux différents temps de la distillation. Si on les recueille par fraction depuis le commencement de la distillation 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. Lorsqu'on se sert de cornues de 1000 à 1100 kilog. de capacité, la distillation exige environ 12 heures. On reconnaît qu'elle est terminée lorsque les produits condensés se colorent. Il reste dans la cornue un résidu goudronneux noir, dont la quantité s'élève à 2 ou 5 0/0 du poids de l'huile de palme employée, et qui est égal à 5 ou 7 0/0 si ce sont des résidus de cuisine qui ont été distillés. Le résidu reste dans la cornue, jusqu'à ce que, après plusieurs distillations, il s'y soit accumulé en quantité telle qu'il doive être enlevé. 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.

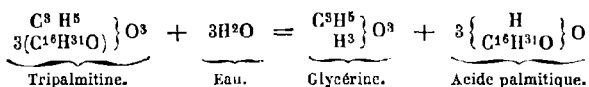
On obtient en acides gras d'après ce procédé :

Du suint.....	47 à 55 0/0
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 30

A la place de l'acide sulfurique, on a proposé d'employer pour la saponification des graisses le *chlorure de zinc*, qui (voyez t. I, page 232) 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 à 8 ou 12 0/0 du poids de la graisse.

IV. **Saponification par l'eau et sous pression.** — Indépendamment des alcalis et des acides, on emploie depuis environ 46 ans un nouvel agent pour produire le dédoublement des graisses 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* (1823) et de *Manicler* (1836) 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° était tout à fait suffisante pour cela. A la température de 180° 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* et *Berthelot*, qui en 1854 ont fait en même temps cette découverte pleine d'avenir. Peu après *Melsens*, de Bruxelles, parvint au même résultat. Des trois chimistes, deux seulement, *Tilghmann* et *Melsens*, s'occupèrent du côté industriel de la question. Du reste 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 tempé-

rature à peu près égale au point de fusion du plomb, c'est-à-dire à 320° 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° cent., 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 communication 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. Parmi les autres appareils qui ont été construits dans le même but par différents industriels nous mentionnerons celui de *Wright* et *Fouché*. Cet appareil 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 complètement dédoublée en acides gras et glycérine.

V. 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 est maintenant employée et exploitée sur une très-grande échelle en Angleterre par la compagnie *Price*.

Gay-Lussac et après lui *Dubrunfault* 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 501, 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 saponifier complètement les graisses, mais encore de distiller sans décomposition les produits de la saponification, les acides gras et la glycérine. Les cornues dans lesquelles la distillation est effectuée ont une capacité de 60 hectolitres; elles sont portées par un chauffage direct à une température qui se trouve exactement entre 290 et 315°. Un tube de fer forgé amène dans la substance grasse fondue de la vapeur chauffée à 315°. L'injection de la vapeur dure de 24 à 36 heures, suivant l'espèce de la graisse. De cette façon la saponification est complète, les acides gras et la glycérine devenus libres sont recueillis à l'orifice inférieur du réfrigérant. Les premiers sont immédiatement transformés en bougies, tandis que la glycérine est 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 décomposée et il se produit une grande quantité d'acroléine.

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 que la mèche elle-même soit partout de même grosseur et qu'il n'en sorte pas de filaments. On prend le plus souvent un fil faiblement tordu (du *muletwist*, voyez page 13); on emploie ordinairement les n° 16 à 20 pour les chandelles et les n° 30 à 40 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. *Cambacérés* 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.

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 1830 *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 à ce que son extrémité se trouve en dehors de la flamme. Dans les fabriques françaises on plonge pendant 3 heures les mèches à préparer dans une dissolution contenant pour 50 litres d'eau 1 kilogr. 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 caisse de tôle à doubles parois entre lesquelles on injecte de la vapeur. 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 8 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 3° 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 3° 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 ajoute à l'acide stéarique fondu 2 à 6 0/0 de cire blanche, ou, comme cela a lieu le plus souvent, 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 335

représente les moules à bougies tels qu'ils sont en usage dans les fabriques françaises. *a* est un moule composé de deux parties, le cylindre et 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

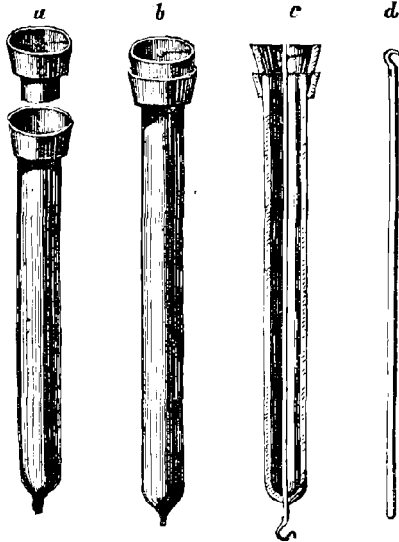


Fig. 335.

la mèche dans le moule. Les moules que l'on emploie maintenant ont un seul entonnoir ou bassin pour 30 bougies. La figure 336 montre un appareil de ce genre. AD est une grande boîte de tôle, dans laquelle se trouvent les moules ; cette boîte est placée dans une deuxième qui est

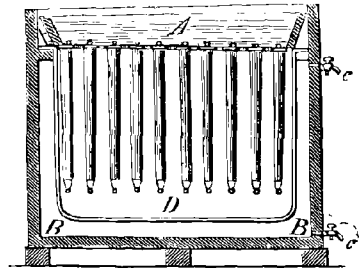


Fig. 336.

chauffée à 100° par de la vapeur d'eau. Lorsque les moules ont atteint la température de 45°, on retire la boîte AD de BB, on remplit les moules avec 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. Depuis quelque temps on emploie presque partout les *machines à mouler* à travail continu ; elles ont presque toutes cela de commun que les mèches enroulées sur des bobines sont enfilées dans les moules et qu'elles ne sont coupées qu'après la coulée des bougies et lorsque celles-ci ont été retirées des moules. Les machines à couler les plus employées sont celles de *Cahouet* et *Morgane*.

Dans quelques fabriques 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 dis-

tance 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.

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 les secouant rapidement, afin qu'elles conservent exactement leur position. Lors de cette première immersion, qui a surtout pour but d'imbibber 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 ce 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.

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 munies de cuvettes, il se forme 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.

3. 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 bog head 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 53°, 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 0/0, et d'un autre côté la masse des bougies stéariques étant fréquemment mélangée avec 15 ou 20 0/0 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. 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 493) 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*, $C^{10}H^{18}O^4$, 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 :

Acide ricinoléique..	$C^{18}H^{34}O^3 = 298$	}	donnent	{	Sébacate de so-		
Lessive de soude...	$2NaOH = 80$				diam.....	$C^{10}H^{18}Na^2O^4 = 246$	
	378				(= 184 acide sébacique).		
					Alcool caprylique.....	$C^{11}H^{20}O = 130$	
					Hydrogène.....	$H^2 = 2$	
						378	

D'après ce schéma, 100 parties d'acide ricinoléique fournissent 84 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 0/0 communique à ces produits la dureté de la cire. La formation simultanée de l'alcool 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'approvisionnement pour le miel, est sécrétée par des organes placés sous les anneaux écailleux du ventre des abeilles ouvrières, du corps desquelles elle se sépare sous forme de petites gouttelettes qui se solidifient très-promptement en petites écailles. Contrairement à l'opinion accréditée depuis longtemps, les observations de *J. Hunter* et *Fr. Huber* ont démontré que le pollen des fleurs enlevé par les abeilles sort exclusivement pour la nourriture des larves et que la cire est un produit du corps de l'animal, produit qui résulte de la transformation du miel. 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 en comprimant ensuite les rayons. En effectuant la compression dans l'eau bouillante et en lais-

sant lentement refroidir et en repos on obtient les 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 et elle fond entre 60 et 62°. 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 de cuivre étamé dans laquelle on a d'abord chauffé à l'ébullition une certaine quantité d'eau, puis ajouté 0,25 0/0 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, dans laquelle 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 bandes minces, qui, offrant une grande surface, ressentent mieux l'action de l'air et de la lumière à laquelle on les soumet pour les blanchir. Les bandes sont étendues sur des toiles fixées sur des cadres où on les laisse exposées à l'action de l'air et du soleil, jusqu'à ce qu'on remarque que leur coloration ne diminue plus ; pendant ce temps on a soin de la retourner de temps en temps ; maintenant pour blanchir l'intérieur des bandes qui est resté coloré, on refond celles-ci, on transforme encore la cire en bandes, que l'on blanchit de nouveau, et l'on répète cette opération, jusqu'à ce que les bandes soient complètement blanches même à l'intérieur. Suivant l'espèce de la cire et la manière dont se comporte le temps, le blanchiment exige de 20 à 35 jours, et la perte de poids qu'il occasionne s'élève à 2 à 10 0/0. Après le blanchiment la cire est fondue, puis passée à travers un tamis de soie et moulée en gros blocs ou en tablettes rondes. Pour produire le *blanchiment artificiel* de la cire, il existe de nombreuses 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 bandes ; le blanchiment a lieu rapidement et complètement : on élimine l'essence de térébenthine en maintenant la cire fondue 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 *myricine* et, d'après *Brodie*, elle consiste en *palmitate de myricile* $C^{46}H^{92}O^2 = C^{16}H^{34}(C^{30}H^{64})O^2$. Indépendamment de ces deux corps, la cire des abeilles contient encore 4 ou 5 0/0 d'une substance fondant à 28°, la *céroléine*, à laquelle la cire doit sa solidité. Les proportions de l'acide cérotique et de la myricine contenus dans la cire des abeilles varient beaucoup. La variabilité des proportions de ces deux corps 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, la *cérotine*. 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 Andaquies* 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 elle a, 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 elle 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 fond à 83°,5, et à cause de son point de fusion élevé elle convient pour rendre des graisses plus facilement fusibles propres à la fabrication des bougies; 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; 7° 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.

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 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 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 *cièrges d'église*, qui souvent pèsent 15 ou 20 kilog., sont toujours fabriqués *à la main*, mais jamais par arrosement 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 cièrge 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 cièrge en le roulant sur une table.

Tout récemment (1870), les frères *Riess* ont construit 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 à ce 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.

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 encoupant 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. Comme les bougies filées ne sont pas très-grosses, la mèche doit être très-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 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 différente grandeur et qui sont tout à fait semblables à ceux d'une filière pour la fabrication du fil de fer (voyez t. I, page 33). 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 fixé au fond de la chaudière, 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.

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*. 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 0,943, il fond à 45°, il peut être distillé à 360° 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 $C^{34}H^{64}O^2 = C^{16}H^{31}(C^{16}H^{33})O^2$. 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 de cire blanche ou une certaine quantité de paraffine ou de belmontine.

GLYCÉRINE.

La *glycérine* $C^3H^8O^3$ (considérée comme un alcool triatomique $C^3H^5 \left\{ \begin{array}{l} O^3 \\ H^3 \end{array} \right.$ ou $C^2H^5 \left(\begin{array}{l} OH \\ OH \\ OH \end{array} \right)$ est contenue dans la proportion de 8 à 9 0/0, sous forme

de glycérine en combinaison avec les 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 3 0/0 du poids du sucre. C'est *Scheele* qui a découvert 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 celle de la distillation de l'alcool du vin dans le Midi de la France, contiennent des quantités notables de glycérine.

Préparation de la glycérine. — Pour *préparer en grand la glycérine*, il suffit le plus souvent de purifier la glycérine séparée des graisses (suif, huile de palme) en vue de l'extraction de l'acide stéarique. Si pour la préparation de ce dernier on s'est servi de la saponification calcaire, la glycérine reste en dissolution dans l'eau après la séparation du savon de calcium insoluble; on peut obtenir la glycérine suffisamment pure pour les usages industriels en précipitant par l'acide sulfurique ou encore mieux par l'acide oxalique la chaux contenue dans le liquide et évaporant celui-ci à consistance sirupeuse, après en avoir séparé le précipité calcaire. Dans les fabriques où l'on produit la décomposition des graisses par la vapeur d'eau surchauffée, on obtient l'acide gras aussi bien que la glycérine comme produit de la distillation, aussi la glycérine est-elle tout à fait pure; seulement il ne faut pas dépasser la température de 310°, parce que autrement une partie de la glycérine serait décomposée avec formation de vapeurs d'acroléine. Cette circonstance que l'acide sulfo-glycérique, qui prend naissance dans la saponification sulfurique, se dédouble facilement en glycérine et acide sulfurique, lorsqu'on évapore sa solution aqueuse, peut également être mise à profit pour la préparation de la glycérine. Pour extraire celle-ci de la lessive inférieure des savonniers, qui est maintenant la matière première la plus importante pour la préparation

de la glycérine, on opère de la manière suivante (d'après le procédé de *Reynold* patenté en Angleterre) : La lessive inférieure est d'abord concentrée par évaporation; les sels qui se séparent au fond du vase pendant l'opération sont enlevés de temps en temps. Lorsque le liquide est convenablement concentré, ce que l'on reconnaît à l'élévation de son point d'ébullition à 116°, on l'introduit dans un appareil distillatoire et l'on distille la glycérine avec de la vapeur d'eau surchauffée. Le produit de la distillation est évaporé dans le vide à consistance sirupeuse.

D'après les recherches de *A. Metz* (1870), le poids spécifique et la richesse centésimale de la glycérine en glycérine anhydre offrent les relations suivantes (à 17°,5) :

Poids spécifiques.	Glycérine anhydre.
1,261	100 0/0
1,240	94
1,232	90
1,206	80
1,179	70
1,153	60
1,125	50
1,117	45
1,099	40
1,073	30
1,048	20
1,024	10

Propriétés et usages de la glycérine. — La consistance oléagineuse de la glycérine, la propriété qu'elle possède d'être liquide à la température ordinaire et de ne pas se solidifier par le froid, puisqu'elle reste encore complètement liquide à -40° ¹, sa fixité, sa saveur sucrée agréable lorsqu'elle est parfaitement pure, son innocuité, son pouvoir dissolvant pour un grand nombre de substances et la possibilité de se la procurer en grandes quantités à un prix peu élevé, toutes ces circonstances font que cette substance a déjà acquis une importance considérable au point de vue industriel.

Parmi les nombreuses applications dont la glycérine est maintenant l'objet, nous citerons quelques-unes des plus importantes et des plus intéressantes. La glycérine est employée pour maintenir l'argile à modeler suffisamment humide. Elle convient en outre pour la conservation des aliments, qui doivent être maintenus à l'état humide, ainsi par exemple la moutarde 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

¹ *Crookes* de Londres, *Sarg* de Vienne et *Wöhler*, ont observé, en 1867, plusieurs cas de solidification et de cristallisation de la glycérine à une basse température et pendant le transport de cette substance; ces faits indiquent que la glycérine pure peut aussi se solidifier dans les circonstances indiquées.

emploi de grandes quantités pour l'édulcoration, on en ajoute aussi au vin et à la bière ¹ (*schéélisage*, voyez page 155) et elle sert également dans la préparation de certaines liqueurs de santé avec l'extrait de malt. 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 la pâte; à la pâte nécessaire pour la fabrication de 100 kilog. de papier on ajoute 5 kilog. 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. 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 conser-

¹ L'emploi de la glycérine comme succédané du malt et pour le schéélisage du vin est devenu énorme. D'après une évaluation, on aurait employé dans ce dernier but, dans les pays produisant du vin, seulement pendant l'année 1869, environ 1 million de kilogrammes de glycérine.

ver 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. L'emploi de la glycérine pour la production de l'essence de moutarde artificielle (sulfocyanure 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 sulfocyanure 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. Avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique on transforme la glycérine en *nitroglycérine* (huile fulminante, trinitrine, nitrate de glycéryle) dont on emploie de grandes quantités pour la fabrication de la dynamite et de la dualine (voyez t. I, page 273). 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, benzol, essences).

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 éthérées, comme la *camphine*, 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 siccativ*e de pavot.

Épuration de l'huile. — Pour *épurer* les huiles grasses, on y ajoute 2 0/0 d'acide sulfurique anglais ou une solution concentrée de chlorure de zinc et on brasse bien. L'acide sulfurique et le chlorure de zinc n'attaquent pas les huiles, mais ils 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 est épurée. Depuis quelque temps on extrait fréquemment les huiles des graines oléagineuses au moyen du sulfure de carbone (voyez t. I, page 373). 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 des huiles minérales* 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.

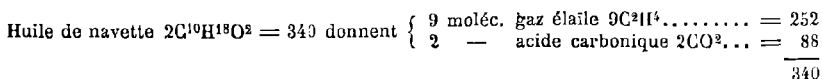
Des lampes en général. — On se servait des lampes dans les temps les plus anciens, et beaucoup avant que l'on fit usage des chandelles. On attribue leur invention aux anciens Égyptiens. Leur emploi s'est répandu de la Grèce et de Rome dans le reste de l'Europe. En ce qui concerne la perfection artistique 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 lampés 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 lorsqu'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 trente 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 Allemagne. 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 importés de 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 fondu (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 contient le liquide éclairant et qui 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° à la température ordinaire et même au-dessus de 100°, 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° 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 elle 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 25,80/0 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-proba-

blement 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°, 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 gazeifié, 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 vapeur. Les lampes à huile minérale doivent par conséquent être construites de manière à ce 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 onctueuse, 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 peuvent pas servir 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 pour 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 3 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; ζ . 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 :

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; suivant la position du réservoir à huile par rapport à la mèche, on peut diviser les lampes à aspiration en : α . lampes dans lesquelles le réservoir est à peu près à la même hauteur que la flamme de la mèche allumée, et β . en lampes dans lesquelles le réservoir se trouve plus élevé que le brûleur. 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. Dans le réservoir à huile fermé, de l'air est comprimé, et celui-ci, en faisant effort pour se mettre en équilibre avec l'air extérieur, presse sur l'huile et la fait passer dans un tube qui l'amène au brûleur; 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 vases communicants, sont en raison inverse des densités respectives de ces liquides. Le liquide qui doit faire équilibre à l'huile dans la lampe et qui en outre doit avoir pour effet de produire sans interruption l'alimentation du brûleur avec la quantité d'huile nécessaire, doit nécessairement être spécifiquement plus lourd que l'huile; 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 triangle ou de bureau est un exemple de ce genre de lampe.

Parmi ces différentes sortes de lampes à aspiration nous en décrirons quelques-unes dans les pages suivantes. La *lampe antique* (fig. 337) 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 de fer-blanc. Quelles que soient la beauté et la perfection de leur forme, ces lampes sont tout à fait défectueuses. Le principal inconvénient 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



Fig. 337.

mèche, l'accès de l'air extérieur n'augmente pas en proportion de la quantité d'huile décomposée pendant la combustion; aussi celle-ci 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 inconvénient de cette espèce de lampe. Dans une autre sorte de lampe, la *lampe de cuisine* ordinaire, dont la figure 338 représente le profil et la figure 339 le plan, le dernier inconvénient signalé existe à un moindre

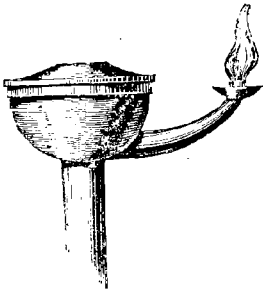


Fig. 338.

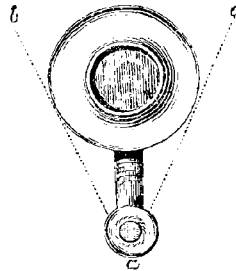


Fig. 339.

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. 340 et 341), depuis longtemps en usage dans la vallée du Rhin, 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 parties de l'huile en décomposition et la combustion devient dès lors complète. La mèche est mainte-

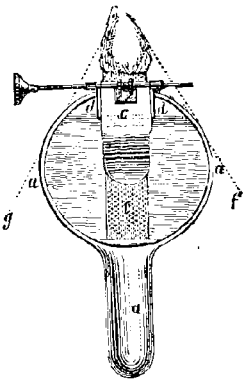


Fig. 340.

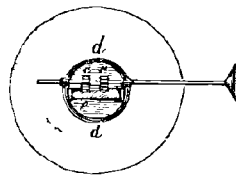


Fig. 341.

nue 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 qui sert de réservoir pour l'huile. Au moyen des dents du pignon *e, e*, qui mordent la partie postérieure de la mèche, celle-ci peut être abaissée ou montée, et l'éclat de

la flamme peut ainsi être réglée. Le pied *a* est placé dans un support convenable ou dans le tube d'un 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 (vert 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 à ce 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 déverserait. On rencontre un dispositif de ce genre dans la *lampe à tringle* ou de *bureau*.

La figure 342 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 à ce 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 *c* 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

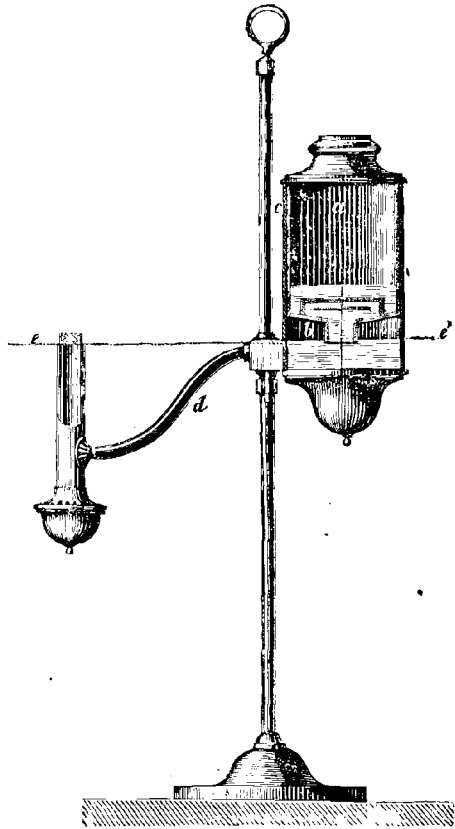


Fig. 342.

l'orifice du récipient *a* de manière à ce qu'il se trouve à la même hauteur que l'orifice du brûleur *c*. 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 à ce 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 tringle 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 $\frac{1}{4}$ 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, en ce 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 consumée; 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 aérostiques. — 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 aérostiques, si intéressantes qu'elles puissent être au point de vue physique, n'ont pour ainsi dire jamais été employées d'une manière suivie. Les disposi-

tions 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.

β. *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 communiquants, 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 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 343 représente la coupe

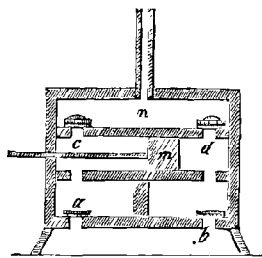


Fig. 343.

d'une pompe simple, comme celle qui est fréquemment employée dans la lampe Carcel. La partie moyenne du compartiment où 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 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 à ce qu'il puisse marcher sans interruption pendant 12 ou 15 heures ; dans les 7 ou 8 premières heures (temps maximum pen-

dant 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 344 représente une lampe à modérateur, dans la partie inférieure de laquelle on a fait une section longitudinale, afin de montrer le mécanisme qui détermine l'ascension de l'huile. Le réservoir à 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, qui sert en même temps de garniture et de soupape. Au piston est fixée une tige de laiton

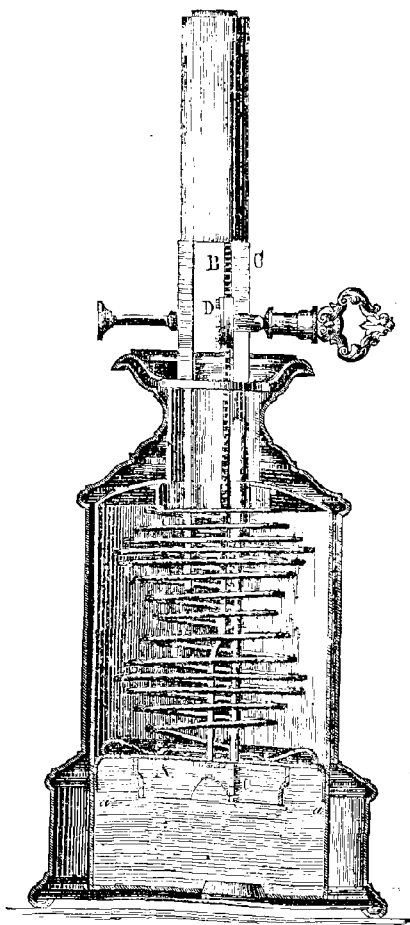


Fig. 344.

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 celle-ci en faisant tourner D, l'ascension du piston tend à produire un espace vide entre lui et le réservoir, et l'air



Fig. 345.

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 pour-



Fig. 346.

quoi 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 (fig. 345 et 346) en une aiguille G 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 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 *kérasine*, etc., ont depuis environ quinze ans 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 tringle. Les lampes mécaniques, la lampe 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 capsule 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 produite, 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 à ce qu'il refroidisse le brûleur.

Parmi les nombreux dispositifs de lampes pour le pétrole et l'huile

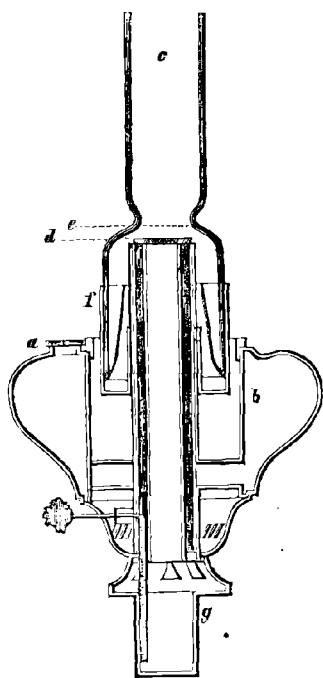


Fig. 347.

solaire nous décrivons un des meilleurs, celui de *Ditmar*, de Vienne. Cette lampe (fig. 347) 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 3 lignes au-dessus de l'extrémité de la mèche, comme l'indiquent les lignes ponctuées *d* et *e*, de manière à ce 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'é-

chauffe 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. La *lampe à ligroïne* ou à *éponge* a déjà été mentionnée page 526.

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 Canada-way, on observa que des bulles de gaz hydrogène carboné se dégageaient 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 dégagea 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 800 pieds cubes d'hydrogène carboné, qui, d'après les recherches de *Fouqué*, est un mélange de gaz des marais (CH_4) et d'hydrure d'éthyle (C_2H_6). Dans la mine de sel de Szlatina (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 Szlatina 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, qui la plupart 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'Apscheron 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 en 1727 et 1739 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 *Laudlaff* montra que l'air combustible pouvait être conduit partout au moyen de tubes; le professeur de chimie *Pickel*, de Wurzburg, employa même dès 1786 le gaz préparé avec des os pour l'éclairage de son laboratoire. 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 que le présage de la découverte de la fabrication du gaz d'éclairage que l'on doit à l'Anglais *William Murdoch*. Le commencement du véritable éclairage au gaz date de l'année 1792, époque à laquelle *Murdoch* éclaira sa maison et ses ateliers, à Redruth dans les Cornouailles, avec du gaz préparé à l'aide de la houille. Mais son procédé ne fut connu que dix ans plus tard, et c'est pour cela que les Français attribuèrent cette découverte à leur compatriote *Lebon*, qui en 1801 éclaira sa maison et son jardin avec du gaz extrait du bois. La première application en grand de l'éclairage au gaz a été faite en 1802 par *Murdoch* dans la fabrique de machines de *Watt* et *Bolton* à Soho près de Birmingham et, en 1804, dans une grande filature de Manchester. A partir de cette époque, 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'invention du gaz à l'eau.

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 *jamaïs* 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 brutes de la fabrication du gaz. — Les matières brutes 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 dimi-

nution 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 doivent laisser très-peu de cendre.

100 kilogrammes de charbon allemand donnent en moyenne 28 mètres cubes de gaz et 35 kilogrammes de coke. Les charbons anglais, notamment les charbons de Newcastle, fournissent en moyenne 31 mètr. cub. 440, et le *boghead* 46 mètr. cub. 654.

La décomposition du charbon à gaz peut être mise en évidence par le schéma suivant ; 100 parties de houille composées de :

Carbone	78,0	} donnent	{ Coke.....		70 à 75			
Hydrogène	4,0			{ Gaz d'éclairage.....				
Azote.....	1,5				{ Goudron.....			
Soufre.....	0,8					{ Eau ammoniacale ..		
Eau chimiq. comb.....	5,7							
Eau hygroscopique.....	5,0							
Cendre	5,0						30 à 25	
	100,0			100,0				

Produits de la distillation de la houille. — Les éléments des quatre produits de la distillation de la houille sont les suivants :

I. COKE.....	{	Carbone..... 90 à 95 Sulfure de fer (Fe ⁷ S ⁸)..... Éléments terreux.....	}	10 à 5	100
II. EAU AMMONIACALE.....	{	Éléments principaux. { Carbonate d'ammonium... 2(AzH ³) ² CO ³ + CO ² Sulfure d'ammonium..... (AzH ³) ² S Chlorure d'ammonium... AzH ³ Cl Éléments accessoires. { Cyanure d'ammonium..... AzH ³ CAz Sulfocyanure d'ammonium. AzH ³ CAzS			

III. Goudron	Hydrocarbures ..	Liquides.	Benzol	$C^6 H^6$			
			Toluène.....	$C^7 H^8$			
			Xylène.....	$C^8 H^{10}$			
			Cumène.....	$C^9 H^{12}$			
			Cymène.....	$C^{10} H^{14}$			
		Solides.	Propyle.....	$C^3 H^7$			
			Butyle.....	$C^4 H^9$ etc.			
			Naphtaline	$C^{10} H^8$			
			Acétylnaphtaline..	$C^{12} H^{10}$			
			Fluorène.....	(?)			
Acides ...		Carbolique.....	Anthracène.....	$C^{14} H^{10}$ 1			
			Méthylanthracène.	$C^{15} H^{12}$			
			Rétène.....	$C^{15} H^{12}$			
			Chrysène.....	$C^{18} H^{12}$			
			Pyrène.....	$C^{26} H^{10}$			
		Créosote, composée des trois corps homologues.....	Carbolique.....	$C^6 H^6 O$			
			Crésylique (crésol).....	$C^7 H^6 O$			
			Phlorique (phlorol).....	$C^8 H^{10} O$			
			Rosolique.....	$C^{20} H^{16} O^3$			
			Oxyphénique.....	$C^6 H^6 O^2$			
Bases.		Pyridine... $C^5 H^5$ Az	Collidine. .	$C^8 H^{11} Az$	Acridine. $C^{13} H^9$ Az		
			Aniline ... $C^6 H^7$ Az	Leukoline. $C^9 H^7$ Az	Coridine. $C^{10} H^{15} Az$		
			Picoline ... $C^8 H^8$ Az	Iridoline .. $C^{10} H^9$ Az	Rubidine. $C^{11} H^{17} Az$		
			Lutidine... $C^{11} H^9$ Az	Cryptidine. $C^{11} H^{11} Az$	Viridine $C^{13} H^{13} Az$		
			Créosote, composée des trois corps homologues.....	$C^7 H^8 O^2$	Combinaisons de l'acide oxyphénique et de ses homologues avec le méthyle.		
			$C^8 H^{10} O^2$				
			$C^9 H^{12} O^2$				
		IV. GAZ D'ÉCLAIRAGE ..	Éléments constituants de l'asphalte		Anthracène.		
					Résine pyrogénée.		
					Charbon.		
α. Éléments éclairants.	Gaz				Acétylène.....	$C^2 H^2$	
					Elaïle	$C^2 H^4$	
					Triétyle.....	$C^3 H^6$	
					Ditétyle.....	$C^4 H^8$	
					Benzol	$C^6 H^6$	
β. Éléments non éclairants.	Vapeurs				Styrolène.....	$C^8 H^8$	
					Naphtaline.....	$C^{10} H^8$	
		Acétylnaphtaline	$C^{12} H^{10}$				
		Fluorène.....	(?)				
		Propyle.....	$C^3 H^7$				
γ. Éléments qui altèrent la pureté du gaz.....		Butyle	$C^4 H^8$				
		Hydrogène	H^2				
		Hydruure de méthyle...	CH^4				
		Oxyde de carbone.....	CO				
		Acide carbonique.....	CO^2				
		Ammoniaque.....	AzH^3				
		Cyanogène	CAZ				
		Sulfocyanogène.....	CAZS				
		Hydrogène sulfuré.....	SH^2				
		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 ré-

1 L'anthracène a acquis une importance inattendue depuis que Graebe et Liebermann (1869) ont réussi à préparer l'alizarine avec ce corps (voyez page 445).

sine, 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 *de 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 *de terre*, que l'on prépare (comme les cornues à gaz en terre réfractaire) avec ou sans couverte. On se sert ordinairement de cornues dont les *dimensions* sont telles qu'elles peuvent contenir environ 100 kilogrammes de houille et que cette quantité de charbon 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 614) 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, puis mélangé avec 1 0/0 de chaux, est 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 de fonte, des cornues de briques de Dina et des cornues de terre, il y a aussi les cornues de *tôle rivée*; elles ont la forme d'un four plat et large, 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 une tête de fonte, qui est adaptée sur la cornue au moyen d'un collet et

de vis. Pour les cornues de 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 D 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 348 montre une vue antérieure de l'embouchure d'une cornue à gaz, la figure 349 en représente une coupe. B est l'ouverture par

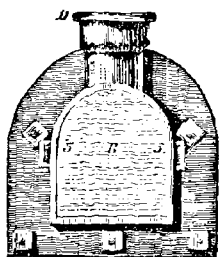


Fig. 348.

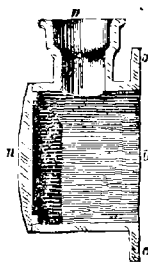


Fig. 349.

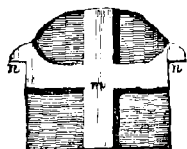


Fig. 350.

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. 350 et 351). 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 interne 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. 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 352 représente une vue de côté de ce

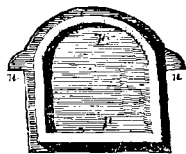


Fig. 351.

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 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 *nn*, 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 représenté en vue de côté par la figure 353. Les barres de fer qui traversent les oreilles *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

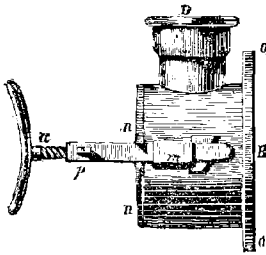


Fig. 352.

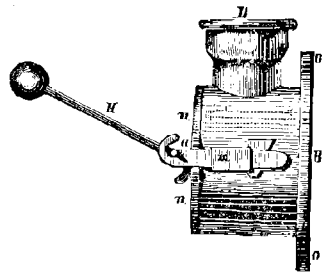


Fig. 353.

de fer *H* qui lui est perpendiculaire et qui est chargée d'un poids à son extrémité; l'autre extrémité à la forme d'un coude; le bras le plus court de ce levier, qui est arrondi et recourbé, presse fortement, d'après le principe du levier coudé, 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) (fig. 354), de manière à ce que le col demeure libre. 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 de 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 dis-

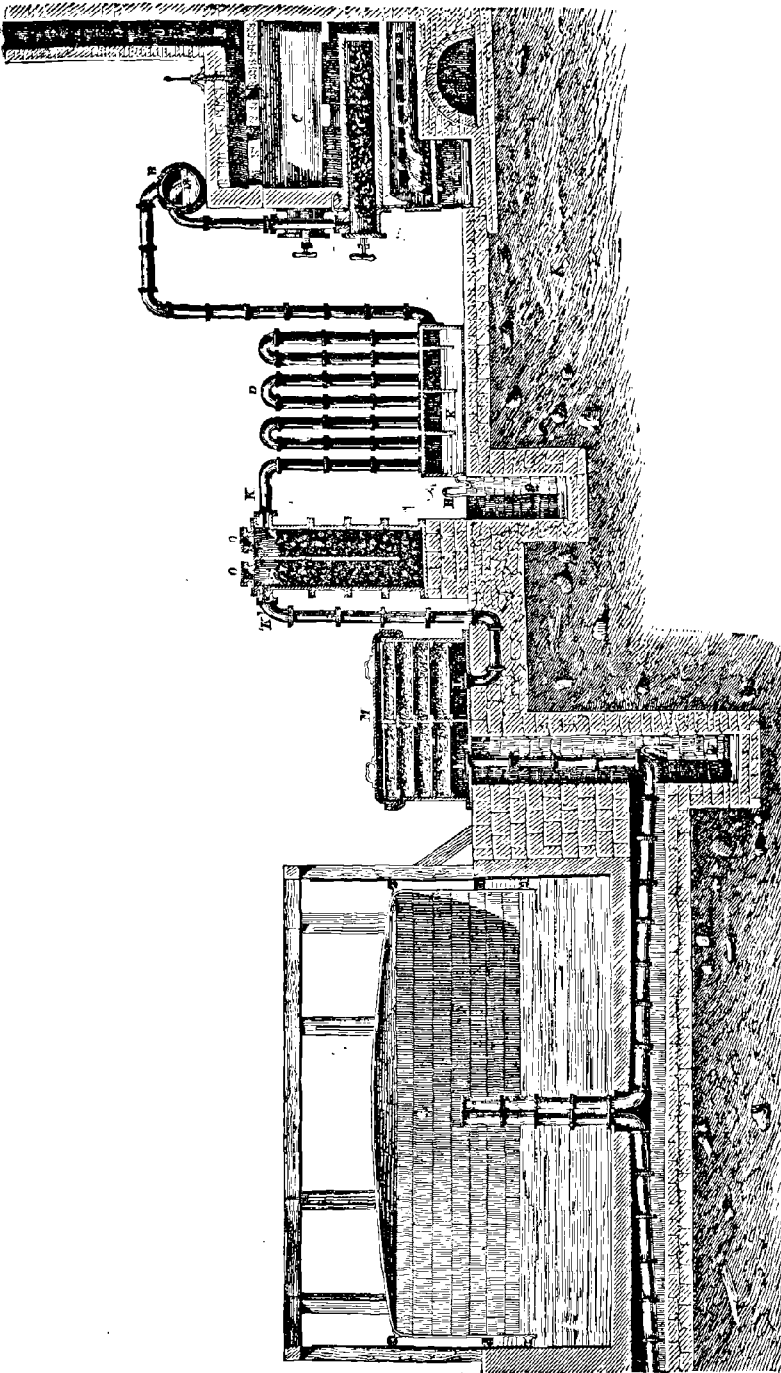


Fig. 354.

tillation. 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 en 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 de 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.

Barillet. Tout four à gaz est muni d'un *barillet* (premier condensateur), au moyen duquel les *tubes d'ascension* sont en communication avec les cornues. Il est généralement placé sur la partie antérieure du four. Les tubes abducteurs ont un diamètre de 12 à 18 centimètres, et ils s'élèvent perpendiculairement tout près de l'ouverture des cornues. Le barillet lui-même est un large tuyau horizontal (voy. fig. 354 B; dans cette figure le barillet est représenté suivant une section perpendiculaire à son axe); il est en fonte ou en tôle rivée, et il a de 30 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 D.

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 à ce 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 tubes abducteurs du gaz sont ordinairement mis en communication avec le barillet de la manière suivante : A (fig. 355) est le tube d'ascension; le tube B incliné s'embranché avec le tube C, qui pénètre dans le barillet D contenant le liquide *m* produisant la fermeture hydraulique. La figure 356 représente un autre mode de communication du barillet avec le tube d'ascension. Comme le montrent les deux dessins, les tubes C plongent dans le barillet dans lequel se trouve un liquide, qui comme dans le flacon de *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 à ce 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 de celui-ci, 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*, dans lesquels 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

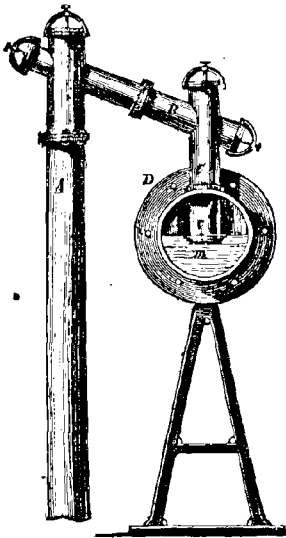


Fig. 355.

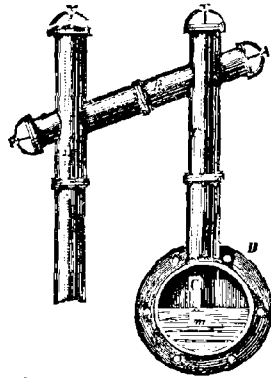


Fig. 356.

ensuite remplacée par la condensation au moyen de l'air, qui consiste à faire parcourir un long chemin aux produits de la distillation en les faisant passer dans un système de tubes de 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 liquides. Le condensateur actuellement en usage est représenté en coupe verticale par la figure 357 (la figure 354 montre aussi en D un appareil condensateur analogue); 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 *m* et d'un tube abducteur *n*. 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 rassemblent 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, H, fig. 354); le liquide condensé est dirigé dans le réservoir en maçonnerie C, 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

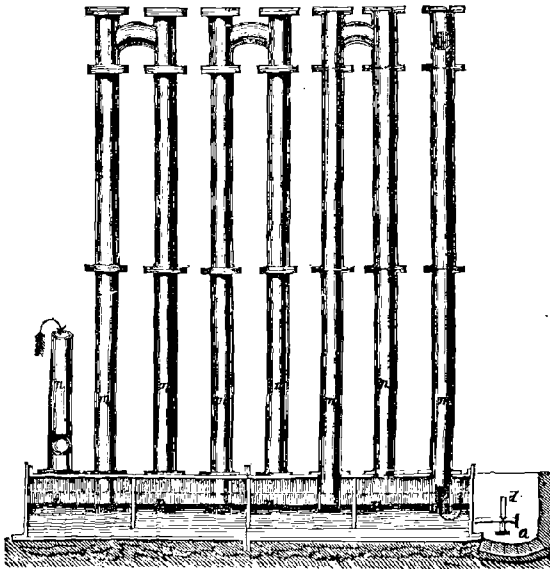


Fig. 357.

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 coulant le long des tubes s'évapore en partie et refroidit tout le système. Le nombre, la longueur et la largeur des tubes réfrigérants dépend 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.

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 de 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 358 représente la coupe d'un laveur (que l'on peut aussi voir en *oo*, fig. 354). Le cylindre a un diamètre de 1 m. 30 à 1 m. 50 et 3 ou 4 mè-

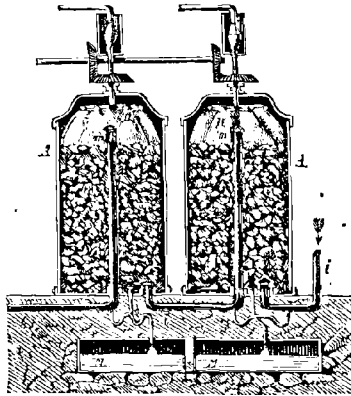


Fig. 358.

tres 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 transformer en malt. Le gaz à laver pénètre dans l'appareil par le tube *i*, il s'élève à travers le coke humide, il 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 du laveur diminue considérablement la quantité de chaux et des autres agents épurateurs.

Extracteur ou *exhausteur*. — L'*extracteur* ou l'*exhausteur* est un appareil qui est 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 de 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 du gaz, d'éliminer des cornues aussi rapidement que possible les produits volatils de la distillation sèche des matières employées pour la préparation du gaz, 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 élévatoire 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. La différence de niveau de l'eau indique la pression qui peut être surmontée par l'appareil. 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 celles que l'on emploie par exemple dans la fabrication du papier pour déshydrater la feuille de papier 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 de 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*, 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.

c. Épuration 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 ayant servi, 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 un pouce 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 2 kg. 600 (de chaux non éteinte) pour 28 mètres cubes 310 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 fut 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. 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 et le sulfate 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 primitivement proposé consistait en un mélange de protochlorure de fer et de chaux caustique ou de craie, qui était additionné de sciure de bois destinée à rendre la masse plus poreuse. En présence de la chaux ou de la craie, le protochlorure de fer donne naissance à du protoxyde de fer (pur ou carbonaté) et à du chlorure de calcium; la couleur du mélange, primitivement vert-noir, passe au rouge par oxydation à l'air, et l'on a alors un mélange de peroxyde de fer et de chlorure de calcium. A la place du protochlorure de fer on emploie maintenant généralement pour la préparation du mélange du sulfate de fer, auquel on ajoute de la chaux éteinte et tamisée, et que l'on additionne ensuite d'une quantité de sciure de bois égale à $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{4}$ du volume total de la masse. Celle-ci est ensuite étendue en une couche mince et humectée avec de l'eau, puis on l'abandonne à

elle-même pendant vingt-quatre heures, après quoi on peut s'en servir. La masse s'emploie à l'état sec. 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 ($\text{Fe}^2 \text{S}^3$), et en présence de l'air, cette combinaison se convertirait en peroxyde de fer en perdant *tout* son soufre. Lorsque le mélange de *Laming* a servi pendant longtemps, il est devenu inactif, ce qui tient à ce qu'une grande quantité de soufre y est devenue libre (quantité qui s'élève jusqu'à 40 0/0), et en outre à ce que les particules du mélange se recouvrent avec le temps d'une enveloppe visqueuse, qui empêche le contact du gaz. 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 326), ou par extraction avec l'huile de goudron. Comme on l'a décrit avec détails (t. I, page 349), 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 Berlin et du prussiate de potasse du mélange de *Laming* est pratiquée en grand à Paris par *Gauthier-Bouchar*d. A Marseille, *Ménier* prépare annuellement en purifiant le gaz d'éclairage de 12 à 15 000 kilogr. de sulfo cyanure d'ammonium.

On a proposé dans ces derniers temps (1869), avant d'employer le gaz d'éclairage, de lui enlever le benzol 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 du benzol du gaz d'éclairage, il faut saturer ce dernier de vapeurs d'éther de pétrole, afin de lui restituer son pouvoir éclairant primitif.

Gazomètre. — Le gazomètre n'a pas seulement pour but 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 flamme tranquille et toujours de même volume. Le gazomètre se compose de trois parties : 1° 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° la cloche, le gazomètre proprement dit, qui au moyen de dispositions particulières s'élève et s'abaisse librement dans le bassin; 3° 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 étant 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 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 contre-balancer le poids du gazomètre, de manière à ce 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 ga-

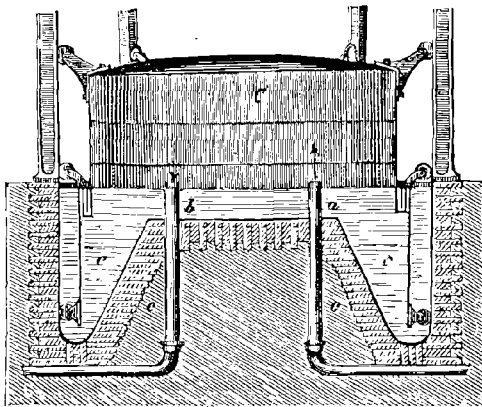


Fig. 359.

lets. 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 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, amène le gaz dans le gazomètre, et l'autre, le tuyau de départ, le dirige sur les conduites. Ces tuyaux sont en fonte et ils débouchent tous deux au-dessus du niveau de l'eau du bassin (comme dans les figures 354 et 359), ou bien, comme dans le *gazomètre avec tubes articulés*, construit par Pau-

wels (fig. 360), ils viennent aboutir sur le couvercle de la cloche. De cette façon on évite que les tubes (*s* et *s'*, fig. 354), qui dans les autres gazomètres sont contenus dans le bassin et ne s'élèvent que très-peu au-dessus du liquide, ne 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 le dessin, pour l'in-

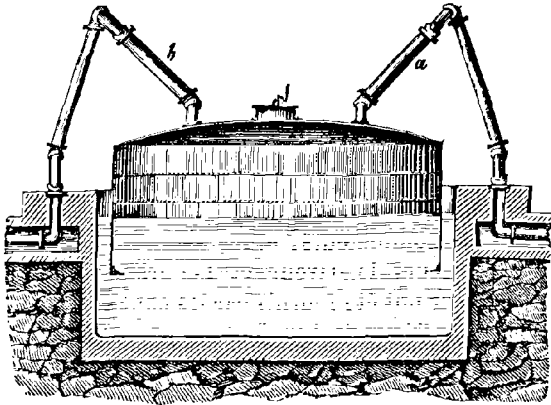


Fig. 360.

telligence duquel une description plus détaillée n'est pas utile, l'arrivée et le départ du gaz s'effectuent par des tubes articulés, 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 de 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 con-

tinué 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 de gaz produit par jour dans une fabrique, on se sert de grands compteurs que l'on nomme *compteurs de fabrication*; ils sont construits, dans ce qu'ils ont d'essentiel, comme les compteurs de consommation dont il sera question plus loin.

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 considéré 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 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.....	39,78	38,81	38,48	40,29	39,37
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.....	0,31	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	0,36	—
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 pied cube (= 30 décim. cubes), on obtient (en partant de 1,000 pieds cubes de gaz brut) les nombres suivants :

Pieds 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	388	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.....	3	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, 1,000 pieds 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 1,000 pieds cubes du gaz brut il est absorbé (en pieds cubes) :

	Dans le condenseur à coke.	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.....	—	3	—	—

Le volume primitif du gaz devient par suite de plus en plus petit et des 1,000 pieds cubes du gaz brut, il reste encore après la sortie

du condenseur à coke.....	994	pieds cubes.
de la machine à laver.....	971	—
du mélange de <i>Laming</i>	936	—
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 1,000 pieds cubes de gaz brut il y'a, d'après l'analyse relatée en *a*, 51 pieds cubes d'azote et d'oxygène. Cette quantité s'accroît :

dans le condenseur à coke, de .	4	pieds cubes.
dans la machine à laver, de.....	20	—
dans le mélange de <i>Laming</i> , de..	33	—
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 1,000 pieds cubes s'élève encore à la sortie

du condensateur à coke, à.....	999	pieds 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. 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 à ce 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 de 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 conduites 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 0/0. Même avec un bon système de canalisation, dont

les tubes sont assemblés avec soin, la perte en gaz constitue 5 à 7 0/0 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 (fig. 361) rempli d'eau. 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 contre-balançé 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 H descende au-dessous du niveau de l'eau, et alors la communication est interrompue entre A et B.

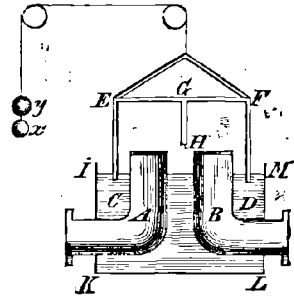


Fig. 361.

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 arrive 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. 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 0/0 de gaz élaïle contient en même temps 6 0/0 d'acide carbonique, le pouvoir éclairant de 3 0/0 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 particules de charbon séparées. Si maintenant en augmentant 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 à ce 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 $(CH^2)^n$ et qui au rouge se dédoublent en hydrure de méthyle et en carbone, nous avons :

1 vol. d'élaïle	C^2H^4	qui se dédouble en 1 vol. d'hydrure de méthyle et 2 vol. de vapeur de charbon,
1 — de trityle	C^3H^6	— 1,5 — d'hydrure de méthyle et 3 vol. de vapeur de charbon,
1 — de ditétryle	C^4H^8	— 1 — d'hydrure de méthyle et 4 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 élaïle, 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'elle auraient à 0°, si à cette température elles restaient dans cet état :

Élaïle.....	100	Butyle.....	350
Trityle.....	150	Acétylène.....	450
Ditétryle.....	200	Vapeur de benzol.....	450
Propyle.....	250	Vapeur de naphthaline.....	800

Le tableau suivant indique la quantité de gaz élaïle 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

	à 0°	à 15°	volumes d'élaïle.
de propyle est équivalente à	11,5	25,7	—
de benzol — »	9,63	23,7	—
de naphthalina — »	0,116	0,016	—

Par conséquent, si par exemple 100 litres d'hydrogène, à 0° ou à 15° cent., sont saturés avec des vapeurs de benzol, 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 d'élaïle.

Pour la saturation de 100 pieds cubes anglais (= 28 mètres cubes 3) d'hydrogène (ou d'hydrure de méthyle) avec des vapeurs d'hydrocarbures il faut :

à 0°	à 15°	de vapeur	de propyle,
500 gr.	1128 gr.	—	de butyle,
17	58	—	de benzol,
213,5	522	—	de naphthaline.
0,33	0,32	—	

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 benzol, on aurait besoin pour 1000 pieds cubes du premier à 0° de 2145 gram. de benzol 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'essai photométrique ; 4° l'appareil d'*Erdmann* ¹.

1° L'exécution de la *méthode gazométrique* exige une connaissance exacte du nouveau procédé d'analyse des gaz imaginé par *R. Bunsen* ². 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

¹ Voyez, pour la description détaillée de ces différentes méthodes d'essai du gaz d'éclairage, *P. Bolley*, Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc., traduit de l'allemand par le docteur *L. Gautier* (p. 511, 519 et 526).

² *Adolf Richter* a donné, in *Dingler's polyt. Journal* (1867, t. CLXXXVI, p. 394), une instruction pour l'analyse technique du gaz d'éclairage.

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*¹, 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 què, 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 élaïle.....	0,976
Hydruie de méthyle.....	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, celles du benzol notamment, qui avec le gaz élaïle 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 des 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 gaz. — 3° L'essai *photométrique*, d'après *Bunsen*, *Wight*, *Desaga* (et l'essai avec le photomètre tangentiel de *Fr. Bothe*), qui est fréquemment employé pour la détermination de la valeur du gaz d'é-

¹ Journal für prakt. Chemie (1867), t. CII, p. 257.

clairage, se pratique de la même manière que pour les autres matières éclairantes. Les mesures photométriques offrent de grandes imperfections. Cette circonstance notamment, que la disposition du brûleur exerce une très-grande influence sur la lumière développée par le gaz qui brûle, rend tout à fait incertaine l'évaluation de la valeur d'un gaz par voie photométrique. — 4° *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).

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 sections, 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 catégories : 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 *Hansen* en 1861, de cloches qui s'élèvent et s'abaissent alternativement dans le sens vertical, tout comme les grands gazomètres, et dans lesquels 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 362, 363, 364 et 365 représentent un compteur de ce genre avec le dispositif qui maintenant est généralement employé. Cet appareil se compose d'une boîte cylindrique de fer-blanc ou de 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 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 (en pieds cubes) du gaz qui a traversé le compteur. La figure 262 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

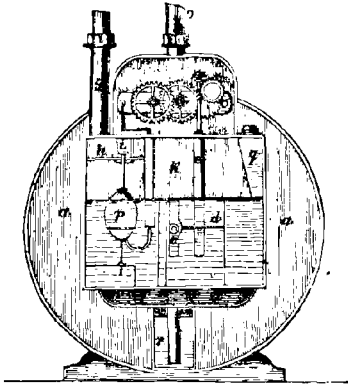


Fig. 362.

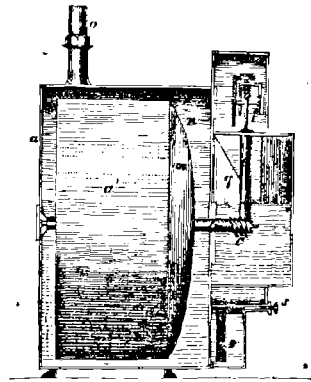


Fig. 363.

figure 363 représente une vue d'un des côtés de l'appareil, la figure 364 une vue de l'autre côté, enfin la figure 365 donne une coupe horizontale 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 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 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,

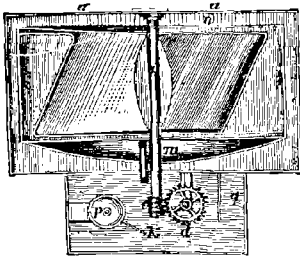


Fig. 364.

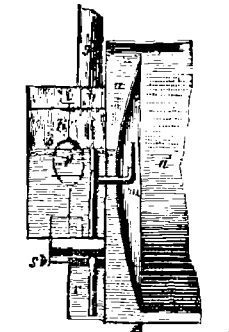


Fig. 365.

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 43 centimètres et pour les appareils qui fournissent le gaz à 20 becs il est égale à 50 centimètres.

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 de porcelaine et de 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. A cause de la forme de la flamme on nomme aussi ce bec *bec en ailes de chauve-souris*. Si deux becs à fente sont inclinés l'un sur l'autre, de manière à ce 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 munie de 3 ou 5 ouvertures, qui sont assez éloignées les unes des autres pour former 3 ou 5 jets séparés ; 5° dans le *bec d'Argand*, qui convient 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 face 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 page 553) et on sépare le benzol du gaz (voyez page 429).

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.

2° *L'eau ammoniacale* ou *l'eau de condensation* consiste essentiellement en une solution aqueuse de carbonate d'ammonium [$2(\text{AzH}^4)^2\text{CO}^3 + \text{CO}^2$]. La quantité du sel ammoniacal contenu dans ce liquide 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 0/0 d'eau hygroscopique) dans les fabriques de gaz, renferme 0,75 0/0 d'azote. 400 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 (voyez t. I., page 411) que 1 mètre cube d'eau de condensation donne en moyenne au moins 50 kilog. de sulfate d'ammonium sec [$(\text{AzH}^4)^2\text{SO}^4$], de telle sorte que 20 hectolitres d'eau du gaz sont suffisants pour la préparation de 100 kilogr. de ce sel ¹.

3° Le *goudron de houille* qui, il y a environ 15 ans, était encore une source d'inconvénients pour les fabriques de gaz et les habitations voisines, a acquis depuis 1858 une importance industrielle considérable, en tant qu'il est devenu le point de départ d'une nouvelle et puissante industrie, l'industrie du goudron ². Le goudron est, comme on l'a déjà dit page 425, un mélange d'hydrocarbures liquides (benzol, toluène, propyle), d'hydrocarbures solides (naphtaline et anthracène), d'acides (acides carbolique, crésylique et phlorylique) et de bases (aniline, quinoléine, lépidine, etc.); on y trouve en outre des résines non volatiles et du charbon qui cons-

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 Voyez G. Lunge, die Destillation der Steinkohlentheer. Brunswick, 1867.

tituent les éléments de l'asphalte. 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. Par suite 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

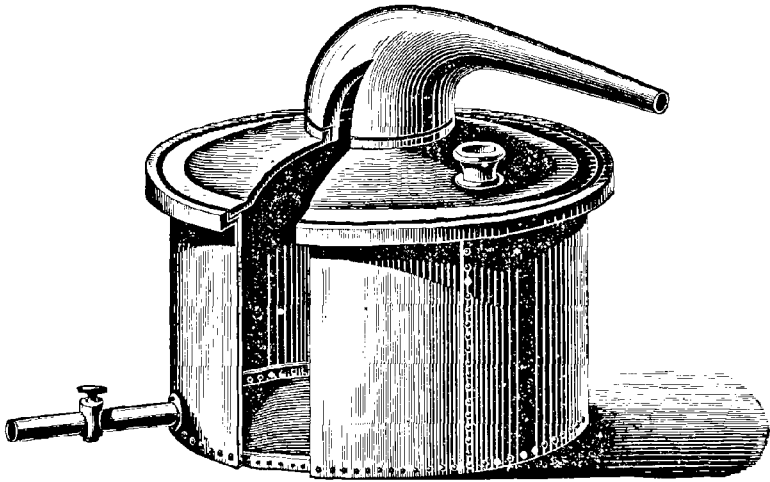


Fig. 366.

goudron pour la fabrication 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 éléments, on procède de la manière suivante¹ : on le débarrasse d'abord autant que possible de l'eau de condensation, et dans ce but on le chauffe pendant longtemps à une température de 80 à 100° dans une chaudière de tôle forte (fig. 366), qui est munie d'un chapiteau et d'un réfrigérant pour condenser les hydrocarbures légers qui passent avec les vapeurs aqueuses. Après 36 heures de chauffage, le

¹ Voyez *Kopp-Bolley*, Traité des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, traduit de l'allemand par le docteur *L. Gautier*. Paris, 1873.

goudron est déshydraté et l'on procède à sa distillation. Comme les produits volatils ne possèdent qu'une faible chaleur latente, la chaudière doit être aussi basse que possible. Le chapiteau doit être soigneusement préservé contre tout refroidissement. A sa partie inférieure, l'appareil est muni d'un robinet par lequel on fait écouler le brai fondu. Dans certains cas il est avantageux de renoncer à la production du brai et de pousser la distillation aussi loin que possible. Le fond de la chaudière est alors chauffé jusqu'au rouge sombre et il reste un charbon poreux et brillant, qui après le refroidissement de l'appareil peut être facilement enlevé. Une distillation de 750 à 800 kilogr. de goudron exige environ 12 à 15 heures. Au commencement de la distillation, on doit chauffer avec précaution afin que le goudron n'entre pas en ébullition vive. Dans quelques fabriques on fait passer à travers le goudron, à cette période de la distillation, un courant de vapeur d'eau chauffée à 110 ou 12°, pour favoriser la formation des vapeurs des huiles légères de goudron. Celles-ci se présentent après leur condensation sous forme d'un fluide incolore, très-mobile et d'un poids spécifique de 0,780, qui s'élève peu à peu jusqu'à 0,830. La densité moyenne de ce produit est égale à 0,830. Il constitue l'huile de goudron légère. L'huile lourde distille à partir de 200°.

L'*huile de goudron légère* est de nouveau distillée, et le produit de la distillation est traité d'abord avec de l'acide sulfurique concentré et ensuite avec une lessive de soude, et enfin rectifié pour la troisième fois. Le traitement par l'acide sulfurique a pour but d'éliminer les corps basiques (ammoniacque, aniline) et la naphthaline, tandis que la lessive de soude se combine avec l'acide carbolique. La quantité de l'acide sulfurique à employer s'élève à 5 0/0 du poids de l'huile légère, celle de la lessive de soude (d'un poids spécifique de 1,382 = 40° Baumé) à environ 2 0/0.

Le liquide ainsi obtenu est et demeure incolore au contact de l'air, et il constitue le *benzol* ou la *benzine* du commerce, qui est un mélange de différents corps, parmi lesquels le benzol, le toluène et le xylène forment les éléments principaux. Il est converti en *nitrobenzol*, qui est le point de départ de la préparation d'un grand nombre de *couleurs de goudron* (voyez page 429) ¹. La *benzine du commerce* (naphte), de laquelle on sépare le plus ordinairement le benzol proprement dit, est fréquemment employée dans l'industrie, à la place de l'essence de térébenthine, comme dissolvant des résines, des graisses, des huiles, du caoutchouc et de la gutta-percha, pour le dégraissage, pour la carburation du gaz d'éclairage, etc. En Angleterre, on distingue le *naphte pour carburation*, le *naphte pour dissolution* et le *naphte d'éclairage*; le dernier est brûlé dans des lampes comme le pétrole. Des huiles de goudron légères brutes, notamment de la portion qui a passé en premier lieu lors de la distillation du goudron, il se sépare, sous l'influence d'un abaissement de tempéra-

¹ Voyez aussi E. Kopp-Bolley, *loc. cit.*

ture à -10° , de la *naphthaline*¹, qui, comme il a été dit page 442, est employée pour la préparation de matières colorantes (*couleurs de naphthaline*) rouges, violettes, bleues et jaunes, et aussi, depuis quelques années, pour la fabrication de l'acide benzoïque. — L'*huile de goudron lourde* est purifiée comme l'huile légère par des traitements successifs avec l'acide sulfurique concentré et la lessive de soude, puis débarrassée des combinaisons sulfurées à odeur repoussante, par rectification sur un mélange de sulfate de fer et de chaux, et par distillation fractionnée on en extrait, en recueillant à part les portions qui passent entre 150 et 200° , les phénols ou la créosote de houille (qui est un mélange des acides carbolique ou phénique, crésylique et phlorylique), dont on se sert pour la préparation de l'*acide phénique* (voyez page 440) et de l'*acide picrique* (voyez page 440)², ainsi que pour la fabrication de couleurs bleues et rouges, pour la conservation du bois et des préparations anatomiques, pour la préparation des extraits tannifères, etc.

Lunge a obtenu avec une tonne (= 4,012 kilogr. 5) de goudron :

Benzol à 50 0/0.....	13	litres.
Naphte de 1 ^{re} qualité.	12	—
Naphte d'éclairage.....	15,8	—
Huile créosotée.....	3,74	hectol.
Eau ammoniacale.....	13,5	litres.
Brai.....	587,500	kilogr.

Le *brai* ou *asphalte artificiel* (asphalte allemand, poix de goudron) est employé en grandes quantités dans la préparation des vernis et du cirage, on s'en sert aussi pour la confection des chaussées et des trottoirs de voies publiques. Depuis 1869, on isole du goudron de houille de très-grandes quantités d'*anthracène* que l'on emploie pour la fabrication de l'alizarine (voyez page 445)³. — On emploie maintenant très-souvent l'asphalte aussi bien que les huiles de goudron pour la préparation du noir de lampe.

4° La *chaux épuisée* (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 sulfocyanure de calcium, on s'en sert aussi pour la préparation du bleu de Berlin 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, t. I, page 349) 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

¹ Voyez E. Kopp-Bolley, *loc. cit.*

² Id., *ibid.*

³ Id., *ibid.*

avec de la vapeur d'eau à 130°. 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*.

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
Hydruie de méthyle...	38,40	38,30	43,12	36,45	35,92	39,5	50,0
Oxyde de carbone	5,73	5,56	4,66	4,45	5,02	7,5	6,8
Éthylène (élaile).....	4,13	5,00	4,75	4,91	5,33	3,8	13,0
Ditétryle	3,14	4,34					
Azote	4,23	5,43	4,65	1,41	1,89	0,5	0,4
Oxygène.....	—	—	—	0,41	0,54	—	—
Acide carbonique.....	0,37	—	3,02	1,08	1,22	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).

B. GAZ AU BOIS.

Historique et généralités. — Comme on l'a dit, page 538, l'ingénieur français *Lebon* s'est occupé, dès 1799, de préparer du gaz d'éclairage avec le bois, et dans la même année, il a construit sa *thermolampe*. Mais cet appareil, qui répandait à la fois de la lumière et de la chaleur, ne put se maintenir nulle part, et il fut abandonné partout où il avait été introduit, parce que le pouvoir éclairant du gaz qui y brûlait était faible, et qu'il ne put 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. *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 1869, *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 de l'hydrure de méthyle, 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 qu'est dû principalement 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 ordinaire, 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	17,720 de gaz purifié	et 9,900 de charbon.
50 — (2) —	18,6 à 20,2	— 9 à 11 —
50 — (3) —	18,500	— 12,500 —
50 — (4) —	19,800	— 9,000 —
50 — (5) —	19,440	— 9,500 —
50 — (6) —	16,920	— 9,200 —

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
Hydruure de méthyle.....	11,08
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	29,76	29,60
Hydrogène protocarboné.....	35,30	21,17	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 quelques temps distiller avec le bois une certaine quantité de hoghead 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 1853 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 kilog. 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 moins d'espace que ceux 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 au 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 0/0 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, parce qu'on ne peut pas l'employer à un autre usage.

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
	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.	
		Acides.	{
		Hydrocarbures lourds. Hydrocarbures légers. Hydrogène. Oxyde de carbone.	{
		Acide carbonique. Hydrogène sulfuré. Acide cyanhydrique. — acétique. — propionique. — butyrique. — valérianique. — carbonique.	

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 qui contenait de 14 à 15 0/0 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 uniforme et plus constante 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 :

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 :



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. Le gaz à l'eau a un grand avenir.

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 petis 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 éclairante 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 de *Christoffe et C^{ie}*, à Paris. Son pouvoir éclairant est plus grand que celui du gaz de houille (d'après *Girardin* le rapport est comme 130 : 127). 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 carburé¹. 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 1410 de houille.

Gaz à l'eau carburé. — Dans ses recherches sur l'huile qui se forme

¹ C. Schinz a publié récemment un travail digne d'attention sur le gaz à l'eau et son importance (Jahresbericht der chem. Technologie, 1869, p. 741).

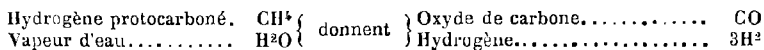
lorsqu'on comprime le gaz d'éclairage préparé avec l'huile, *Faraday* a découvert que, lorsque le gaz des marais, qui par lui-même éclaire peu, est mis en contact avec cette huile, il brûle avec une flamme fortement éclairante. *Lowe* s'empara de cette observation et proposa dès 1832 d'imprégner le gaz 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 il communiqua le résultat de ses expériences à l'ingénieur français *Selligie*, 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, *Selligie* 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 *Selligie* 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 cornue 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 40,000 litres de gaz on compte 5 kilogr. d'huile), où le liquide est décomposé et 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 *Selligie*, de 24,000 à 28,000 hectolitres de gaz d'éclairage en 24 heures, ce qui nécessite une consommation de 1231 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 *Selligie* 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 *boghead*, d'après le nouveau ; 2° le procédé de *Leprince*, qui fournit le gaz mixte de *Leprince*, n'est autre chose que le pro-

cédé 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 (benzol, 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 benzol ou de naphte de pétrole (d'après *Wiederhold*).

1° *Procédé de White*. — La proposition faite par *Sellique* 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 45 0/0 d'oxyde de carbone, qu'il ne contient pas d'acide carbonique, mais que sa teneur en hydrogène, s'élève jusqu'à 45 0/0. Cet accroissement de la richesse en hydrogène, sans augmentation équivalente de la teneur en oxyde de carbone, ne peut être attribuée 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 à l'eau.	Avec gaz à l'eau.
Hydrocarbures lourds.....	24,50	14,12
Hydrogène protocarboné..	58,38	22,25
Hydrogène.....	10,54	45,51
Oxyde de carbone.....	9,58	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*, de Verviers, dans les usines à zinc de la Vieille-Montagne en Belgique, et on s'en est aussi servi pour l'éclairage de la ville de Maestricht et de quelques quartiers de Liège.

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 *Selligie*, 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. 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'impré-

gnant avec des vapeurs d'hydrocarbures liquides (benzol, 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 le benzol (C⁶H⁶), par exemple, qui doit être employé pour la carburation, il faut pour

30 mètres cubes de gaz à 0°, 2342 gr. de benzol
30 — — — 15°, 5694 — —

pour rendre le gaz éclairant par saturation avec des vapeurs de benzol. 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 *Loughbottom* 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 et Metheï*¹.

¹ Voyez Jahresbericht des chem. Technologie, 1866, p. 701; 1868, p. 763 et 765.

E. GAZ EXTRAIT DES CORPS GRAS.

Produits de la distillation des huiles grasses. — 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, —	$C^{15}H^{28}O^2$
— de lin, —	$C^{11}H^{22}O^2$

elles donnent à la distillation sèche du gaz élaïle 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 élaïle ; 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.

Préparation du gaz d'huile. — Comme le gaz à l'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 à 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 0/0 de son poids.

Gaz de suint. — Le *gaz de 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 à l'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 dirigée des cuves de lavage dans des citernes, où elle est abandonnée à un repos de 12 heures, après avoir été mélangée avec un lait de chaux ¹. Il se forme un dépôt, qui, après avoir été séparé du liquide clair

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. 227), 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.

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 6 ou 8 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 secs 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 peigne avec 20,000 broches, soumise au traitement qui vient d'être décrit, fournit par jour environ 500 kilogr. de masse sèche, nommée *suint*; 1 kilogr. de suint donne 210 litres de gaz. On extrait en moyenne par année 150,000 kilogr. de suint et avec une exploitation régulière on peut en extraire 31,500,000 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 kilogr., 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.

F. GAZ D'HUILE DE SCHISTE 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 3 0/0 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 qui est très-bon marché eu-égard au pouvoir éclairant élevé du gaz.

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 pour la détermination du pouvoir

éclairant du gaz d'huile de schiste ont montré que le pouvoir éclairant de ce gaz est 2 fois $1/2$ à 3 fois $1/2$ plus grand que celui du gaz de houille.

Gaz de pétrole. — Depuis quelques années le pétrole est également employé 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).

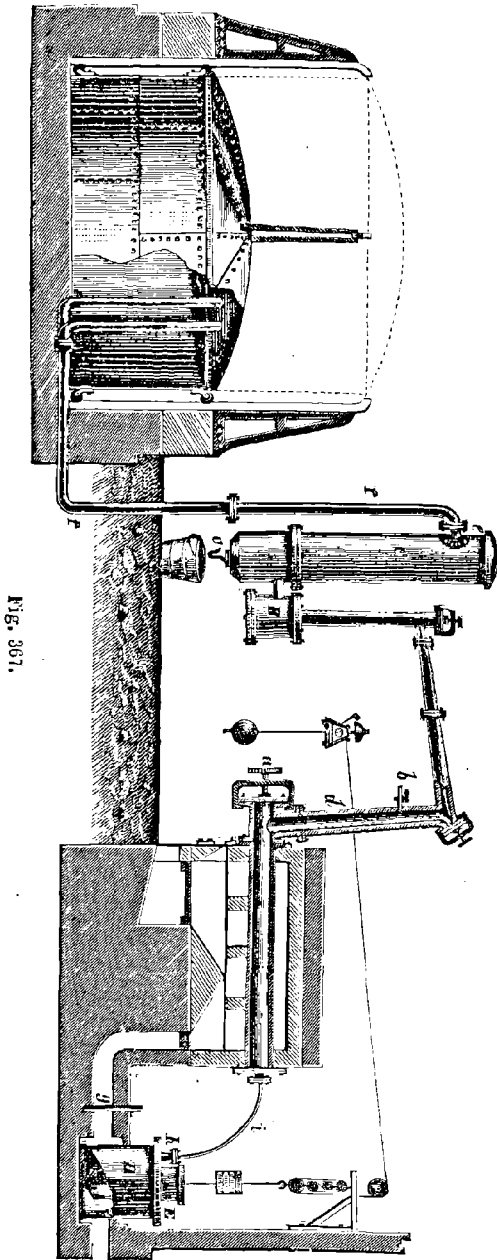
D'après le procédé de *Thompson et Hind* (1862), le gaz de pétrole préparé par distillation sur des plaques de fer ou des briques chauffées au rouge est mélangé avec le gaz que l'on obtient en faisant agir des vapeurs aqueuses sur des charbons rouges. Le mélange gazeux est lavé avec de l'acide chlorhydrique et on le fait ensuite passer à travers une série de vases épurateurs, de manière à ce qu'il arrive dans le gazomètre pur et inodore. L'appareil employé pour la décomposition du pétrole est une cornue de 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 serpentín, qui lui-même débouche dans la partie supérieure du cylindre, le dernier traverse le serpentín et s'ouvre dans le fond supérieur du cylindre. Le pétrole se décompose en traversant le serpentín, 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.	31,6	33,4
Hydrocarbures légers.	45,7	40,0
Hydrogène.	32,7	26,0
	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0

M. *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 367 il est facile de se rendre compte de la disposition de l'appareil et de son mode de fonctionnement. D est un résér-

voir en fer forgé, qui est rempli de pétrole ou de résidus de pétrole.



s'écoule l'huile en excès, que l'on peut ensuite verser dans le ré-

Dans ce réservoir se trouve une pompe aspirante et foulante E, dont on peut remplir le corps 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 et ils se rendent dans le gazomètre en traversant successivement le récipient B et le condenseur C rempli de briques. Dans le récipient B est une fermeture à 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 condenseur ne se remplissent pas outre mesure avec l'huile que le gaz dépose en se refroidissant, l'extrémité inférieure du condenseur est munie du tube en U *c*, par lequel

servoir. 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 condenseur, 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 condenseur, 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 5 ou 6 semaines. Après que l'appareil a fonctionné 12 fois, il est cependant convenable d'ôter le couvercle de la cornue et 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 goudroneuses 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 7 litres 1/2, 13 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 carbolate 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.

Si l'on soumet à la distillation le mélange d'essence de térébenthine et de résine, connu sous le nom de térébenthine, il reste la colophane qui consiste essentiellement en deux acides de même composition, les acides

sylvique et pinique. Ils ont pour formule ($C^{20}H^{30}O^2$). Lorsque la colophane 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.

La colophane, en se décomposant sous l'influence de la chaleur, donne un liquide oléagineux, l'huile de résine, 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 condenseur et de là à travers une dissolution de soude caustique, où il perd jusqu'à 8 0/0 de l'acide carbonique qu'il renferme. 50 kilogr. de colophane fournissent environ 36 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 nulle 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 d'employer cette flamme pour l'éclairage des villes ne peut être mise en pratique, de même la grande dépense exigée pour la préparation de l'oxygène s'est jusque dans ces derniers temps opposée à l'introduction de cette lumière pour l'éclairage des phares; on s'en sert au contraire fréquemment dans les cours de physique pour projeter des objets ou des dessins sur un tableau. 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* ou *lumière de Drummond*¹.

Lumière de Tessié du Motay. — Depuis quelques années on parle beaucoup 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 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 *zircon* (*lumière de zircon*). Dans ces derniers temps *Tessié du Motay* a modifié sa méthode de la manière suivante : il fait passer l'oxygène dans un liquide (une solution de naphthaline dans le pétrole), qui lors de la combustion sépare des corps d'un pouvoir éclairant intense.

Éclairage au magnésium. — La lumière intense, que produit la combustion du magnésium (voyez t. I, page 191), a été beaucoup employée dans ces derniers temps dans la photographie, sous le nom de *lumière de magnésium*. Les lampes au magnésium — telles qu'on a pu les voir à l'exposition internationale de Paris en 1867, — 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. 368) un fil rubané ou rond *oq* est poussé en avant par un mouvement d'horlogerie réglé au moyen d'un volant R. Dans celles de la *deuxième* espèce la poudre

¹ D'après le *Journal of Gaslighting* (1869), le ministère de la guerre d'Angleterre a prescrit l'introduction de la lumière de Drummond, à la place de la lumière du gaz, dans les casernes et dans les écuries, depuis que l'on a la certitude que la première est aussi avantageuse que la seconde, et cela avec moins de frais. Des expériences avec la lumière de Drummond ont été exécutées dans la cour de la caserne de la Reine. 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 de la source lumineuse on pouvait lire l'écriture la plus fine. Une lumière plus petite entourée d'un globe de verre était suffisante pour permettre de trouver, à une distance de 30 yards, une épingle placée sur le sol. Un appareil encore plus petit installé dans une salle de la caserne l'éclairait beaucoup mieux que le gaz de houille.

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 magnésium et que la combustion soit aussi complète que possible. (Dans la guerre de l'Angleterre contre l'Abyssinie la lumière de magnésium paraît avoir

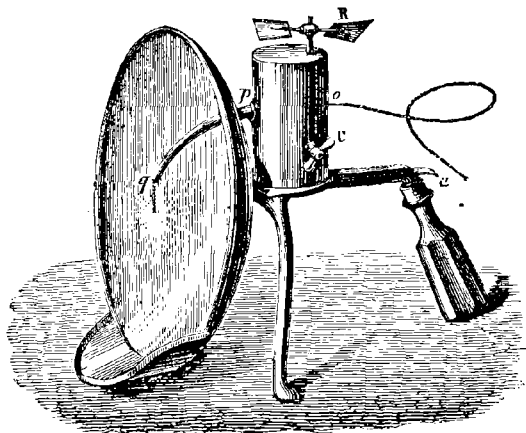


Fig. 368.

joué un certain rôle pour l'éclairage ; plusieurs centaines de kilogr. de magnésium ont du moins été fournis par *Mellor*, le directeur de la *Magnesium-metal-company* de Manchester.)

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 n'a pas encore été l'objet d'une application générale, mais sous tous les rapports il est digne d'attention. On sait qu'il se produit un vif dégagement de chaleur et de lumière, lorsqu'on fait passer à travers des morceaux de charbon juxtaposés la décharge d'une batterie galvanique ou les courants produits par la machine électro-magnétique de *Siemens*. 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 produit par les particules incandescentes, qui se détachent du charbon en rapport avec le pôle positif de la pile et qui rejoignent l'autre charbon. Dans ces derniers temps *Jacobi*, de Saint-Petersbourg, a fait avec *Argeraud*, 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-Pétersbourg et les trois plus grandes rues de cette ville (Newsky Prospect, Erbsenstrasse et Wosnesensky Prospect) 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 projetés par 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 batterie qui fournissait le courant était composée de 185 éléments de Bunsen. — La lumière électrique est maintenant en France et en Angleterre l'objet d'applications étendues: ainsi par exemple en 1854, les docks Napoléon, à Rouen, ont été éclairés chaque nuit durant plusieurs mois pendant 3 ou 4 heures; 800 ouvriers 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 38 francs 8 centimes, ce qui faisait 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. 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 (chromatropes, *dissolving views*, éclairage des microscopes dans les cours publics), pour l'éclairage des jardins publics à Paris, à Londres, à Vienne et dans d'autres grandes villes, pour l'éclairage des établissements industriels, par exemple des carrières d'ardoises à Angers. On a aussi tenté avec succès d'employer la lumière électrique en photographie (par exemple dans l'établissement de *Goupil et C^{ie}*, d'Asnières près Paris); on a en outre cherché à utiliser l'éclairage électrique pour la pêche des poissons, du corail, des éponges et des perles. Au moyen de l'appareil du colonel russe *Weyde* la mer peut être parfaitement 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 la mission d'opérer dans la mer du Nord et dans la mer 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 la lumière électrique des forts fut fréquemment employée pour effectuer des reconnaissances. 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 employé avec beaucoup de succès ¹.

¹ La machine électro-magnétique construite (1867) par *Siemens* est certainement appe-

Régulateur de la lumière électrique. — Dans tous les appareils destinés à produire la lumière électrique il est indispensable qu'un mécanisme spécial 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 régulateurs, 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.

De tous les régulateurs qui ont été imaginés celui de *Serrin* est un des plus parfaits. Cet appareil 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 ou système oscillant 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 charbon se touchent ; le parallélogramme oscillant 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 parallélogramme 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 oscillant 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

lées à jouer encore un rôle considérable dans les questions d'éclairage, parce que dans cet appareil le travail mécanique est transformé en électricité. Elle offre 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. On dit que *Siemens* aurait déjà reçu la mission d'alimenter avec de la lumière électrique les fanaux placés loin de la terre, qui sont destinés à indiquer les endroits les plus dangereux de la côte écossaise ; le courant électrique serait conduit à l'appareil au moyen d'un câble sous-marin. Les résultats obtenus avec la machine de *Siemens* (dont la mise en activité exige une machine à vapeur de 8 chevaux), le 2 mars 1867, dans Burlington-House, à Londres, ont donné les plus grandes espérances, relativement à l'emploi de cette machine pour l'éclairage ainsi que pour l'électro-métallurgie, la décomposition de l'eau, la préparation de l'ozone dans les grandes blanchisseries, etc.

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, taillés dans des dépôts de cornues, ou fabriqués artificiellement.

B (fig. 369) 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 à 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 *g* 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 *g* s'abaisse et détermine l'écart des deux charbons. La tige *g* a abaissé en même temps une pièce *y* qui se termine par une lame horizontale *t*. Celle-ci, embrayant alors dans les dents d'une roue à rochet *r*, l'arrête, et avec elle toutes les roues dentées et la crémaillère *e*. Les charbons sont alors fixés, et restent tels tant que le courant a assez d'intensité pour tenir l'armature A soulevée. Les charbons

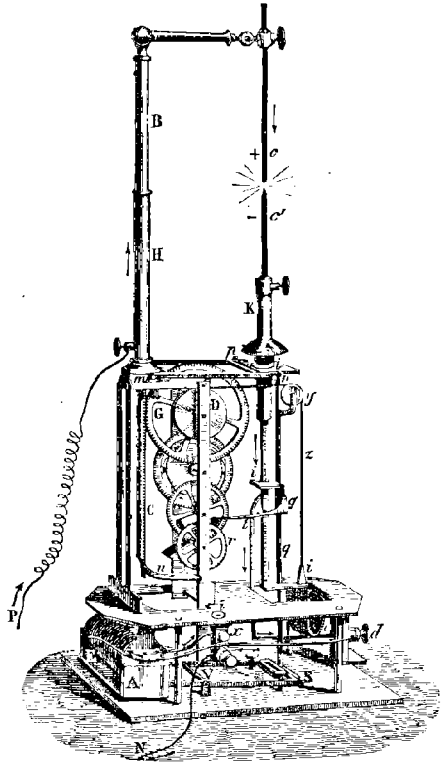


Fig. 369.

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.

TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DU POUVOIR ÉCLAIRANT DES PRINCIPALES MATIÈRES EMPLOYÉES POUR L'ÉCLAIRAGE.

<i>a.</i> Espèce de la matière éclairante.	<i>b.</i> Consommation par heure en grammes.	<i>c.</i> Intensité de la lumière (1 bougie de cire = 100).	<i>d.</i> Lumière obtenue avec 10 gr. de matière.	<i>e.</i> Pouvoir éclairant (bougies de cire = 100).
Cire.....	9,02	102,0	111,02	100
Acide stéarique.....	9,94	95,55	96,03	84
Blanc de baleine.....	8,87	108,3	123,17	108
Suif.....	8,87	90,25	101,70	90
Paraffine (1 ^{re} qualité).....	8,83	—	94,69	123
— (2 ^e —).....	8,49	—	139,87	159
Huile de colza (lampe modér.)... — (lampe de cuisine)..... — (lampe d'étude, sans verre).....	40,69 7,33 9,86	694,0 45,67 114,1	170,07 62,30 115,80	55 — 102
Photogène.....	20,02	—	149,03	131
Huile solaire.....	26,82	—	225,64	199
Pétrole.....	15,60	—	174,40	180
—.....	8,90	—	186,10	195

D'après les expériences de *Frankland* (1863), les quantités suivantes de matières éclairantes donnent le même pouvoir éclairant :

Huile de paraffine (c'est-à-dire huile so- laire de boghead).....	4,53 litres.
Pétrole américain n° 1.....	5,70 —
— — n° 2.....	5,88 —
Bougies de paraffine.....	8,42 kilogr.
— de blanc de baleine.....	10,37 —
— de cire.....	11,95 —
— de stéarine.....	12,50 —
Chandelles de suif.....	16,30 —

INDUSTRIE DE LA PARAFFINE ET DES HUILES MINÉRALES.

PARAFFINE.

La *paraffine* a été découverte en 1830 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, etc. (mais non de la houille proprement dite). Elle se rencontre toute formée dans la nature et en très-grande quantité, par exemple : 1° dans le pétrole, qui contient de 6 à 40 0/0 de paraffine; 2° dans les substances désignées sous les noms d'ozokérite, de nefl-gil ou de cire fossile, qui se composent entièrement ou partiellement de paraffine; 3° dans le bitume (malthe, asphalte), qui se trouve dans des 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 nefl-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, du nefl-gil 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, dans la 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 1836, 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 0/0, et dans le pétrole de Java, dont la richesse en paraffine s'élève jusqu'à 40 0/0, d'après les recherches de Bleekrode. 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 kilog. 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 Irawadi, 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 23 0/0 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° cent. 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 0/0 du poids de l'huile employée, est soumis dans une cornue de fer à une deuxième distillation, pour laquelle on emploie de la vapeur d'eau à 130 ou 300° cent. 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. Comme on l'a déjà fait remarquer précédemment, la paraffine purifiée porte le nom de *belmontine*.

b. *Extraction de la paraffine de l'ozokérite et du نفت-گیل*. — La paraffine est fabriquée avec l'ozokérite et le نفت-گیل dans l'île de Swätoi-Ostrow, située dans la mer Caspienne, à environ une verste de la presqu'île d'Aspcheron. La matière première, le نفت-گیل, est transportée par bateaux de Truchmenia sur le lieu de la fabrication. A Aussig, à Florisdorf, à Ostrau en Moravie, à Vienne, à Neupest, à Temesvar, à Stocknau et à Hermannstadt on prépare de grandes quantités de paraffine avec l'ozokérite de Galicie, qui se trouve surtout dans le sable, l'argile et la marne près de Drohobicz et de Boryslaw en Galicie, sur le versant septentrional des Carpathes et des montagnes de la Transylvanie, jusque dans les vallées du Danube en Moldavie. L'ozokérite se trouve aussi en grande quantité au Texas.

Dans la fabrique nommée plus haut on traite le نفت-گیل de la manière suivante, d'après le procédé de *Fr. Rossmässler* : Dans des chaudières en fonte munies de serpentins de plomb et de vases réfrigérants, la matière brute est soumise à la distillation fractionnée par quantités de 750 kilogr. La quantité du liquide distillé que l'on obtient est égale à 68 0/0 de la masse totale (8 0/0 d'huile et 60 0/0 de paraffine brute). L'huile est jaune, opalescente, elle possède une odeur éthérée agréable et elle a un poids spécifique de 0,750 à 0,810. A chaque distillation on recueille à part une certaine quantité de l'huile légère presque inodore, qui bout au-dessous de 100°, et que l'on emploie pour l'épuration de la paraffine. La paraffine obtenue dans la première distillation de la matière brute est différente du produit que l'on retire du goudron de lignite; elle est jaune, assez pure et elle peut être soumise immédiatement à l'action de la presse hydraulique ou d'un appareil centrifuge. L'huile éliminée par ces appareils est d'abord soumise à une nouvelle distillation fractionnée, afin de séparer la paraffine qu'elle renferme, et elle est ensuite traitée comme il a été dit précédemment. Les tourteaux de la presse sont fondus et traités à 170 ou 180° avec une quantité d'acide sulfurique égale à 5 0/0 de leur poids, jusqu'à ce que l'acide n'exerce plus aucune action. L'acide est ensuite neutralisé avec de la chaux et la paraffine est introduite dans l'appareil distillatoire, où elle est distillée aussi rapidement que possible. La paraffine ainsi traitée et distillée est moulée en tablettes de la grandeur

des sacs de la presse hydraulique horizontale et soumise à l'action de celle-ci ; la masse est fondue avec 25 0/0 de l'huile légère mentionnée plus haut, puis de nouveau moulée et comprimée une deuxième fois. Les tourteaux durs, transparents et parfaitement blancs ainsi obtenus sont traités par la vapeur d'eau, afin de leur enlever leur odeur. La paraffine préparée d'après cette méthode avec l'ozokérite est tout à fait incolore et inodore, transparente et moulée en grandes plaques, elle a un éclat presque métallique et elle fond à 63° cent. Les chiffres suivants donnent une idée du rendement considérable fourni par la matière brute. *Rossmässler* distilla pendant deux mois, avant de procéder à la purification de la paraffine ; les presses lui fournirent une quantité de tourteaux suffisante pour obtenir du 12 au 19 septembre 7425 kilog. de paraffine une fois pressée et propre à être soumise au traitement par l'acide. — En distillant l'ozokérite de *Galicie*, on obtient 24 0/0 de paraffine et 45 0/0 d'huile d'éclairage.

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 schisteuse, 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 0/0 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 0/0 de paraffine, 49 0/0 d'huile pour lampes et 6 0/0 d'huile de graissage.

II. **Préparation de la paraffine par distillation sèche.** — La préparation de la paraffine par distillation sèche de la tourbe, du lignite, du schiste feuilleté, du boghead, du *coal shale*, etc., comprend deux opérations principales : 1° la préparation du goudron ; 2° le traitement du goudron pour photogène, huile solaire et paraffine. Nous devons faire remarquer ici que 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'antracène.

1° *Préparation du goudron.*

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.

Distillation de la matière brute. — La préparation du goudron s'effectue 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 four à 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 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 0/0 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. L'appareil de *Lavender* est un cylindre de 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 0/0 de paraffine et de 36 à 38 0/0 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 énergique, 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 déplacent 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 condenseur. Il résulte de là que dans le milieu des tubes réfrigérants un courant de vapeur mélangé 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 condenseur 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'étoupe 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 le 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 charbonneux 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 0,83 à 0,93. 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 53 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 (Siebengebirge).....	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	—
— —.....	3	0,910	—
— (Francfort).....	9	0,890	—
— (Silésie).....	3	0,890	0,25
Schiste liasique (Vendée).....	14	0,870	1,00
— (Westphalie).....	5	0,920	0,05
Schiste à posidonies (Wurtemberg).....	9,63	0,975	0,124
Tourbe (Neumark).....	5	0,910	0,33
— (Hanovre).....	9	0,920	0,33
— (Erzgebirge).....	5,7	0,902	0,35
— —.....	5,3	0,905	0,40
— (Russie).....	5,86	—	—
— —.....	7,00	—	—
Boghead (Écosse).....	33	0,860	1,0 à 1,4
Cannel-coal —.....	—	—	1,0 à 1,3
Peltonmian-coal (Écosse).....	—	—	1,0
Grove-coal —.....	9	0,910	1,0 à 1,25

2. Traitement du goudron.

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 de grandes caisses en tôle à chaudière placées dans des caisses plus grandes de manière à ce 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 un pied 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 que autrement la distillation est très-promptement 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 1000 litres 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 cer-

taine 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 pyrrhol. 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 3 ou 4 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 14 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 condenseurs sont des serpents de plomb établis dans de grandes cuves de 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 serpents. 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, ou 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 serpentín 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 de 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 de 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 de 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 indiquent 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 0/0 d'acide sulfurique d'un poids spécifique de 1,70, et dans d'autres il est nécessaire d'employer 25 0/0 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 décomposables, 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 de 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 carbolique 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 440), 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 0,833 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 de tôle ou de bois, terminés en pointe inférieurement, hauts de 4 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 la livre au commerce comme huile de graissage. Suivant la nature des matières brutes employées, on obtient plus ou moins de ces huiles épaisses. 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 0/0 suivant les circonstances), qui enlève les éléments alcalins et résineux, ce qui produit une diminution de volume d'environ 5 0/0, 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 3 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 de 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 0/0 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. Le benzol, 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 0/0 de l'un des liquides précédents, puis de nouveau coulés 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 0/0 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* 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 était 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 dédoublent 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 0/0 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.

Rendement en paraffine. — 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 Bernuthsfeld, près Aurich, l'excellente tourbe de cette localité fournit 6 à 8 0/0 de goudron, et celui-ci donne 20 0/0 d'huile solaire, d'un poids spécifique de 0,830, et 0,75 0/0 de paraffine. *H. Vohl*, a obtenu avec 100 parties de goudron de tourbe :

INDUSTRIE DE LA PARAFFINE ET DES HUILES MINÉRALES. 609

Tourbe de	Huile minérale d'un poids spécifique de 0,820.	Huile de graissage d'un poids spécifique de 0,860.	Paraffine.
Celle.....	34,60	36,00	8,01
Cobourg.....	20,62	26,57	3,12
Damme.....	19,45	19,54	3,31
Zurich.....	14,40	8,66	0,42
Russie.....	20,39	20,39	3,36
Westphalie.....	11,00	19,48	2,25

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 les acides gras, 20 kilogr. de photogène et 23 kilogr. d'huile solaire.

Dans la fabrique de *B. Hübner*, à Rehmsdorf près de Zeitz, on emploie annuellement 1,800,000 kilogr. de lignite, qui fournissent environ 20,000 kilogr. de goudron, avec lesquels on prépare 9,000 kilogr. d'huiles minérales, 2,000 kilogr. d'huiles paraffineuses et 3,000 kilogr. de paraffine.

On a obtenu avec 100 parties de *goudron* (goudron de cornue) de lignite :

Lignite de	Huile minérale d'un poids spécifique de 0,820.	Huile de graissage d'un poids spécifique de 0,860.	Paraffine.	
Aschersleben.....	33,50	40,00	3,3	} Analyses par <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	19,37	1,2	
Tilleda.....	16,66	18,05	4,4	
Stockheim près Düren...	17,50	26,63	3,2	} par <i>C. Müller.</i>
Bensberg près Cologne..	16,36	19,53	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	48,32	5,2	
Schöbritz en Bohême...	21,68	46,33	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°
36 à 38 d'huiles minérales.

Traité avec soin, le goudron à la vapeur devrait pouvoir fournir de 28 à 30 0/0 de paraffine.

Les indications relatives au rendement du *cannel-coal* et du *boghead*, s'éloignent beaucoup les unes des autres. Avec 100 parties de goudron de *schiste feuilleté*, on a obtenu :

WAGNER, Chimie indust., t. II.

	Huile minérale.	Huile de graissage.	Paraffine.
Schiste feuilleté anglais.....	24,28	40,00	0,12
— de Romerickberg.....	25,68	43,00	0,11
— de Westphalie.....	27,50	13,67	1,11
— de Oedingen sur le Rhin.	18,33	38,33	5,00

100 parties d'ozokérite de Galicie donnent, d'après Müller, d'Aussig (1867), 24 0/0 de paraffine et 40 0/0 d'huile d'éclairage.

Propriétés 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. 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 entrainé 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 43° pour la paraffine d'huile, celui de la paraffine extraite de l'ozokérite de Galicie est à 60° ; cependant une partie de cette paraffine a un point de fusion peu élevé, qui quelquefois s'abaisse jusqu'à 43°. 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.....	85,02	85,26	85,00	84,95 à 85,23	85,15
Hydrogène.....	14,98	14,74	15,36	15,05 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^n , 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 homologues du gaz des marais parmi lesquels plusieurs ne renferment pas moins de C^{27} . La paraffine est insoluble dans l'eau, mais elle se dissout dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, l'huile d'olives, le benzol, 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 elle 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. 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 510). On l'a en outre proposée pour le graissage, pour la conservation du bois, 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 (voyez fabrication du sucre), pour conserver la viande, pour le graissage du cuir, pour rendre les tissus imperméables (*Stenhouse*), comme succédané de la cire dans la préparation du papier ciré et de l'acide stéarique, pour imbiber les objets en plâtre, pour la préparation de la pâte des allumettes fines et, à cause de sa fixité, dans certaines opérations chimiques.

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. Jusque dans ces derniers temps il existait encore des doutes au sujet de la nature du goudron, mais maintenant on peut dire que ce point est complètement élucidé. Jusqu'en 1830 le goudron fut considéré simplement comme 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*, de *lignoine*, 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*¹, telles qu'on les livre maintenant dans le commerce, doivent être distinguées comme il suit : le *photogène*, tel qu'il est préparé dans les fabriques de la province de Saxe, se compose d'un mélange d'huiles, dont les points d'ébullition sont entre 100 et 300°; 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 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 *benzol* (benzine, 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 dans le Zollverein 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 est compris entre 250 et 350°. 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°. 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 carbolique, 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

¹ K. Müller (de Halle) donne une excellente description du développement de l'industrie des huiles minérales dans *M. Wirth's. Gewerbekalender* pour 1869, p. 18 à 34.

fabriques de paraffine et d'huile solaire, 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. Ces huiles ont été également employées pour préparer du gaz d'éclairage.

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 à ce 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 0/0 de soude; mais d'autres fois on ne peut arriver au même résultat qu'en chauffant pendant 2 heures avec 20 0/0 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 0/0 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 0/0 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 de 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 enlevant 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 de 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...	26,4	parties.
Photogène — 0,830...	20,7	—
Masse à paraffine.....	23,3	—
Acide carbolique brut (créosote de tourbe).....	11,0	—
	<u>81,4</u>	parties.

100 parties de goudron de lignite de Saxe fournissent en moyenne :

Paraffine	10 à 15	parties.
Photogène	16	27 —
Huile solaire	34	38 —
Créosote	5	10 —
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 140 à 225 francs. Les bougies de paraffine sont livrées au prix de 210 à 240 francs.

En Prusse on prépare maintenant (1870) avec 275 millions de kilogr. de lignite, dans 50 usines à goudron et 17 fabriques :

5,000,000 de kilogr. de paraffine
et 14,250,000 — d'huile minérale.

PÉTROLE.

Généralités et état naturel. — Depuis 1859, le 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'Agriente était brûlé dans les lampes sous le nom d'huile de Sicile. Le pétrole épaissi (goudron minéral, asphalte), dont on se servit à la place de mortiers 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 épaissi ; 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 Bavière ¹, en Suisse près Neuchâtel, à Sehnde 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 presque île d'Apscheron, située sur la côte ouest de la mer Caspienne, produit une grande quantité de pétrole ou

¹ La source de pétrole de Tegernsee, connue depuis 1430, ne fournit annuellement qu'environ 42 litres d'huile.

naphte, et l'île de Tschekän, qui se trouve sur la côte est de la même mer, renferme plus de 3,400 sources, qui fournissent annuellement au commerce 1,720,000 kilogr. 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 300 kilogr. environ. Mais les quantités les plus abondantes de pétrole se trouvent dans l'Amérique du Nord, où il est en couches parallèles aux monts Alléghanys 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 d'Ohio. Les sources principales sont à Mecca (comté de Trumhall, Ohio) et à Titusville, à Oil-City, à Pithole-City, à Rouseville, à M'Clintockville (comté de Venungo, Pennsylvanie, le pays des Indiens Seneca). L'étendue de terrain sur laquelle sont pratiqués les trous de sonde porte le nom de *Oil-creck*. Les trous de sonde ont une profondeur de 22 à 23 mètres et ils sont au nombre de 100. On distingue les trous de sonde à jet spontané et continu (*flowing wells*), et ceux desquels l'huile doit être retirée à l'aide d'une pompe (*pumping wells*). 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 dans la portion ouest de la péninsule formée par le lac des Hurons, le lac Érié 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.

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 (Voyez t. I, page 289) 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 (C^6H^{14} et C^7H^{16}), liquides, homologues du gaz des marais, qui constituent un élément important des parties volatiles du pétrole, et des paraffines, dont la composition est comprise entre les termes $\text{C}^{20}\text{H}^{42}$ et $\text{C}^{27}\text{H}^{56}$. Cette association du pétrole, du sel gemme et de gaz combustibles ne se rencontre pas seulement dans les Alpes bavaroises, 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 fucoïdes 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 de 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 2,700 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 de couches impossibles à admettre. Suivant une *troisième* opinion émise récemment (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.

Purification du pétrole brut. — La plupart des pétroles ne peuvent être immédiatement employés comme matières éclairantes, presque tous ont besoin d'être soumis à une *purification*, qui est effectuée au moyen de procédés variables avec la nature et la consistance de l'huile.

Les huiles qui se rencontrent dans la presque 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 pétroles de la partie septentrionale des États-Unis et du Canada offrent des poids spécifiques très-différents : ainsi l'huile du comté de Venango, en Pennsylvanie, a une densité de 0,8, celle d'autres localités a un poids spécifique de 0,85 et même de 0,9. La Galicie produit une grande quantité de pétrole; une partie est obtenue par épuration du naphthe brut dans 22 fabriques des environs de Boryslaw et de Drohobicz (1870), 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 0/0 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 0/0 d'huile pour lampe. Les méthodes de purification du pétrole consistent en un traitement par les alcalis (soude caustique) et les acides (acide sulfurique), ou bien par les alcalis seuls avec l'emploi de la vapeur d'eau à différentes températures, traitements qui sont suivis d'une distillation fractionnée.

Constitution chimique des pétroles. — D'après les résultats des recherches effectuées sur la constitution des pétroles, ceux-ci (quelle qu'en soit la 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 Rangoon), sont tous des mélanges des termes supérieurs homologues de la série, dont le gaz des marais (hydrure de méthyle CH_4) occupe le premier rang¹, notamment de l'hydrure d'amylo C^3H^{12} (qui bout à 68°), et de l'hydrure caproïle C^6H^{14} (qui bout à 92°), qui tous deux forment la majeure partie de la portion la plus volatile du pétrole américain et qui (comme le gaz des marais) brûlent avec une flamme peu éclairante. Les éléments constituants du pétrole brûlé dans les lampes sont représentés par des hydrocarbures qui se trouvent entre les termes C^7H^{16} et $\text{C}^{12}\text{H}^{26}$. Les termes supérieurs de la série du gaz des marais ont

¹ *Ronalds* a montré (1865) que les gaz qui se dégagent du pétrole brut d'Amérique se composent essentiellement d'hydrure d'éthyle (C^2H^6) et d'hydrure de propyle (C^3H^8), par conséquent des termes 2 et 3 de la série du gaz des marais. Ceci est en parfait accord avec le résultat d'une analyse faite par *Fouqué* (1869), analyse d'après laquelle les gaz qui se dégagent du pétrole sont formés de mélanges d'hydrure de propyle et d'hydrure de butyle, et de gaz des marais et d'hydrure d'éthyle.

une consistance analogue à celle du beurre; ceux qui sont compris entre $C^{20}H^{42}$ et $C^{27}H^{56}$ constituent des paraffines, qui se rencontrent dans la plupart des pétroles.

Applications industrielles du pétrole. — L'exportation du pétrole brut de l'Amérique est maintenant interdite à cause des dangers qu'elle présente. Dans l'Union américaine il existe une loi, d'après laquelle tout tonneau de pétrole doit être soumis à un examen avant d'être livré au commerce; cette loi prescrit en outre de ne livrer aucune huile qui dégage des vapeurs combustibles (d'hydrure de butyle) au-dessous de 100° Fahrenheit (= 38° cent.). En Angleterre on a aussi émis une loi analogue (Petroleum-Bill). C'est pourquoi on est forcé de soumettre le pétrole à une distillation fractionnée, afin d'en séparer les éléments les plus volatils (désignés sous le nom de *naphte*), qui ont un poids spécifique de 0,715 et qui commencent à bouillir au-dessous de 60° . *Wiederhold* a trouvé que le naphte obtenu par distillation fractionnée contenait :

48,8	0/0	d'huile	d'un	poids	spécifique	de	0,70	et	bouillant	à	100°	(a)
45,7			—	—	—	—	0,73	—			200°	(b)
5,7			—	—	—	—	0,80	au-dessus	de		200°	(c)

La dernière huile (c) ressemble par ses propriétés au pétrole raffiné; on comprend que la première (a) ne puisse pas être employée dans les lampes, elle est trop volatile et peut facilement causer des incendies; le deuxième produit (b), que l'on pourrait nommer *photogène de pétrole*, peut au contraire être brûlé avec avantage dans des lampes d'une construction convenable — notamment dans les *lampes à lignoïne*. Le *naphte* (nommé aussi, par *H. Vohl*, *canadol* ou *huile du Canada*), peut être employé pour la carburation du gaz d'éclairage (voyez page 581), 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; sous le nom de *sherwood-oil* (*kérosolène* ou *éthers de pétrole*, aussi nommé *rhigolène* en Angleterre et en Amérique) la partie la plus volatile du pétrole (d'un poids spécifique de 0,65 et bouillant à 40 ou 50° cent.) est employée comme anesthésique et appliquée extérieurement dans les névralgies. Les pétroles de consistance épaisse servent comme huile de graissage sous le nom de *vulcan-oil* (*globe-oil*, *phœnix-oil*). Aux États-Unis, le pétrole est encore employé comme combustible dans différentes localités.

Le pétrole raffiné (huile d'éclairage) est un liquide opalescent d'une couleur un peu jaunâtre et d'un poids spécifique de 0,81. Il bout à

450° cent. 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 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 *pitt-oil* paraît être identique avec la kérosine.

A cause de la grande confusion qui existe encore dans les noms des produits de la distillation du pétrole, nous indiquerons (d'après *Kleinschmidt*, de St-Louis) ceux qui sont maintenant usités dans l'Amérique du Nord et en Angleterre :

	Degrés cent.	Poids spécifique.		
Huiles distillant au-dessous de	37,7	= 0,60	= 90 à 97° Baumé	= Rhigolène.
— à.....	76,6	= 0,63 à 0,61	= 80	90..... = Gazolina.
—	137	= 0,67 0,63	= 70	80..... = Naphte.
—	148	= 0,63 0,67	= 60	70..... = Benzine.
—	183 à 219	= 0,78 0,82	= 40	60..... = Kérosine.

Au-dessus de ces températures, il passe des paraffines et du gaz d'éclairage.

La consommation du pétrole atteint un chiffre énorme. Dans le *Zollverein* on en a importé en

1866.....	45,967,700 kilogr.
1867.....	89,250,000 —
1868.....	111,646,400 —
1869.....	134,944,100 —
1870 (1 ^{er} semestre).....	63,031,500 —

Dans le deuxième semestre de 1870 l'importation du pétrole a dû être probablement beaucoup moins considérable, à cause de la guerre franco-allemande.

CHAPITRE VIII

DES COMBUSTIBLES ET DES APPAREILS DE CHAUFFAGE.

DES COMBUSTIBLES EN GÉNÉRAL.

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'anhracite, 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, où 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, anhracite), se composent essentiellement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; ils contiennent aussi certains principes minéraux (soufre, phosphore, silice, alumine, oxyde de fer, terres alcalines et alcalis), qui après la combustion restent sous forme de cendre; on y trouve en outre de petites quantités d'azote, qui dans la houille est accompagné d'un peu de phosphore et de soufre. Parmi les corps que l'on vient de mentionner, il n'y en a que deux qui soient combustibles, le carbone et l'hydrogène; ces deux 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 de principes inorganiques. Dans la cendre des combustibles végétaux le carbonate de calcium est en général l'élément qui prédomine, tandis que c'est l'argile dans celle des combustibles minéraux.

L'effet que produisent les combustibles dépende :

- 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 plus 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 calorifique ¹. — 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*. La table suivante indique la chaleur de combustion des différents corps :

Hydrogène	donne	34,462	calories.
Carbone (en se transformant en acide carbonique).	—	8,080	—
— (— oxyde de carbone).	—	2,274	—
Oxyde de carbone	—	2,403	—
Gaz des marais	—	13,063	—
Gaz élaile (éthylène).....	—	11,857	—

¹ Voyez P. Bolley, Manuel d'essais et de recherches chimiques, etc., traduit de l'allemand par L. Gautier, p. 458. Paris, 1869.

Pétrole brut.....	donne	11,773	calories.
Éther.....	—	9,027	—
Alcool.....	—	7,183	—
Esprit de bois.....	—	5,307	—
Essence de térébenthine.....	—	10,852	—
Cire.....	—	10,496	—
Bois.....	—	3,600	—
Charbon de bois.....	—	7,640	—
Tourbe.....	—	3,000	—
Tourbe pressée.....	—	4,300	—
Houille.....	—	6,000	—
Graisse.....	—	9,000	—

On détermine l'effet calorifique *absolu*, d'après les méthodes de *Karmarsch*, de *Berthier*, ou par l'analyse élémentaire.

Méthode de Karmarsch. D'après la *méthode de Karmarsch* (qui a été aussi employée par *Playfair*, dans ses recherches sur les charbons anglais, par *Brix* et *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 pfund (= 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°. Par conséquent,

$$1 \text{ kilogr. de carbone peut évaporer } \left(\frac{8080}{652} \right) = 12^{\text{k}},400 \text{ d'eau.}$$

$$— \text{ d'hydrogène } — \left(\frac{34462}{652} \right) = 52,900 —$$

Les expériences exécutées par *R. Wagner* et d'autres ont donné les résultats suivants :

Bois de hêtre rouge.....		3,78	kilogr. de vapeur.
Houille piciforme de Zwickau... (6 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 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 $\frac{1}{9}$ au-dessous de la vérité. L'opération se pratique de la manière suivante : on transforme le combustible en une poudre très-fine, et 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 gr. 1 à 0 gr. 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 34 fois son poids en plomb métallique, dont la quantité s'élève avec l'hydrogène à 103,7 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 34 parties de plomb, à chaque partie en poids de plomb réduite par un combustible correspondant $\left(\frac{8080}{34}\right) = 237,6$ 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 combustibles 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 tourbé 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. 300 de vapeur d'eau à 150° (car $\frac{4124,5}{652} = 6,3$).

*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 gram. de tourbe pressée soumis à l'analyse élémentaire m'a donné 0^{gr},4698 de carbone et 0^{gr},0143 d'hydrogène, ce qui fait par conséquent 4288 calories, car

$$\begin{array}{r} \text{Carbone.....} \quad 0,4698 \times 8080 = 3795,9 \\ \text{Hydrogène.....} \quad 0,0143 \times 34462 = 492,8 \\ \hline 4288,7 \text{ calories.} \end{array}$$

Dans la tourbe pressée, il y avait en outre :

$$\left. \begin{array}{l} 15,5 \text{ 0/0 d'eau hygroscopique.....} \\ 31,78 \text{ d'eau chimiquement combiné.} \end{array} \right\} = 48,28 \text{ 0/0 d'eau.}$$

pour la vaporisation de laquelle 255,3 calories sont nécessaires, il reste donc 4288,7 — 255,3 = 4033,4 calories.

La force évaporatoire de la tourbe pressée est donc

$$\frac{4033,4}{652} = 6,19 \text{ kilogr.}$$

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 protochlorure de fer, qui par le cuivre métallique produit est partiellement transformé en perchlorure, dont on 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 multi-

¹ Voyez P. Bolley, *loc. cit.*, p. 443 et 467.

² L'acide butyrique et l'éther acétique ont la même composition, qui est représentée par la formule C⁴H⁸O², et cependant le premier donne en brûlant 5647 calories, et le dernier 6292.

pliant 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 — d'hydrogène —	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.....	—	7,3	—
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. (Le développement mathématique de la théorie mécanique de la chaleur est basé sur la loi établie par *R. Clausius*; 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. 370) consiste en un tissu spongieux assez régulier de cellules parenchymateuses, qui 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 fibrovasculaire. 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

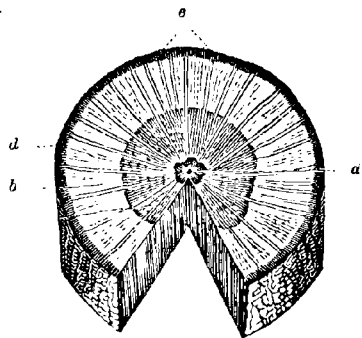


Fig. 370.

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 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 sucres 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 30
Frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>)	—	20 30
Aune (<i>Alnus glutinosa</i> et <i>incana</i>)	—	20 30
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 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 0/0 du bois complètement sec, est composé d'après la formule $C^6H^{10}O^5$ et elle contient dans 100 parties :

Carbone.....	44,45 parties.
Hydrogène.....	6,17 —
Oxygène.....	49,38 —

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. Les éléments inorganiques qui, après la combustion du bois, restent sous forme de *cen dre*, sont les mêmes, quant à leur quantité, pour toutes les espèces de bois (voyez t. I, page 209). Dans la pratique, on admet que la richesse des bois de chauffage en éléments minéraux (cendre) est en moyenne de 1 0/0¹.

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,
40 —	d'eau hygroscopique.

Lorsque toute l'eau hygroscopique a été éliminée par un chauffage énergique à 130°, 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.....	39,10
Hydrogène.....	4,90
Oxygène.....	36,00
Eau et cendre...	20,00
	100,00

Valeur calorifique des bois. — La combustibilité des bois mous

¹ *Chevandier* donne, comme moyenne des proportions de cendres, les nombres suivants :

Bois de pied.....	1,23 0/0
Bois en bûches.....	1,34
Bois de branches.....	1,54
Fagots de branchages.....	2,27

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. Les bois résineux donnent la flamme la plus longue.

Les expériences de *Winkler* sur le pouvoir calorifique des différentes espèces de bois ont montré que 1 toise de bois de sapin rouge peut être remplacée par

1,07 toise de bois de tilleul,		0,70 toise de bois de charme,
0,94 — pin,		0,665 — bouleau,
0,92 — peuplier,		0,65 — érable,
0,91 — saule,		0,635 — orme,
0,89 — sapin ordinaire,		0,59 — chêne.

Scheerer admet que l'effet calorifique absolu des différents bois uniformément desséchés est le même pour tous, et en outre que leur effet calorifique spécifique, leur teneur en eau étant égale, est proportionnel à leur densité. D'après *Scheerer*, l'effet calorifique pyrométrique du bois à demi desséché (avec une teneur en eau égale à 10 0/0) 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 *Brix*, le pouvoir évaporatoire des différents bois est représenté par les chiffres suivants :

		Non desséché.	Desséché.
Bois de pin avec une richesse en eau de 16,1 0/0		4,13	5,11
— d'aune —	14,7	3,84	4,67
— de bouleau —	12,3	3,72	4,39
— de chêne —	18,7	3,54	4,60
— de hêtre rouge —	22,2	3,39	4,63
— de charme —	12,5	3,62	4,28

C'est-à-dire que 1 kilogramme de bois de pin, avec 16,1 0/0 d'eau, évapore 4 kilogr. 13 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, si la décomposition s'effectue en dehors du contact de l'air. Lorsqu'on chauffe le bois dans un espace fermé ne contenant pas d'oxygène et si en même temps on fait en sorte que les vapeurs et les gaz produits puissent se dégager, une partie du carbone reste sous forme de charbon de bois. Si

l'on recueille les produits volatils; on trouve des corps gazéiformes, 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*; voyez page 236) et d'un liquide alcoolique, l'*esprit de bois* (voyez page 260); 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 (oxyphénate de méthyle), l'acide oxyphénique et les acides carboliques (c'est-à-dire l'acide carbolique proprement, l'acide crésylique et l'acide phlorylique) et plusieurs hydrocarbures liquides. Tous ces corps sont combustibles.

Le schéma suivant (voyez page 257) indique les produits principaux qui se forment dans la distillation sèche du bois.

Bois.	{ a. Masse du bois..... b. Eau hygroscopique	{ α. Gaz d'éclairage.. β. Goudron..... γ. Vinaigre de bois. δ. Charbon de bois.	Acétylène.	Oxyde de carbone.
			Éthylène.	Acide carbonique.
			Benzol.	Hydruure de méthyle.
			Naphtaline (?).	Hydrogène.
			Benzol.	Acide oxyphénique.
			Naphtaline (?).	Acide crésylique.
			Paraffine.	Acide phlorylique.
			Rétène.	Résines pyrogénées.
			Acide carbolique.	Créosote.
			Acide acétique.	Acétone.
			Acide propionique.	Esprit de bois.

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 ces 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. 371).
- b. Meules slaves (fig. 372).
- c. Meules norvégiennes (fig. 373).

Une *meule italienne* (fig. 371) a pour cheminée une cavité dans laquelle se trouvent trois ou quatre pieux, qui sont maintenus écartés les uns des autres au moyen de barres transversales, et elle se compose de deux ou

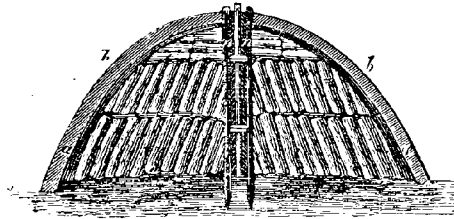


Fig. 371.

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. 372) se distingue de la précédente par sa cheminée,

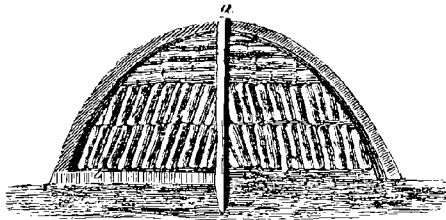


Fig. 372.

qui ne renferme qu'un seul pieu enfoncé en terre, et en outre par le canal *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. 373) est usitée en Norwège, 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 ;

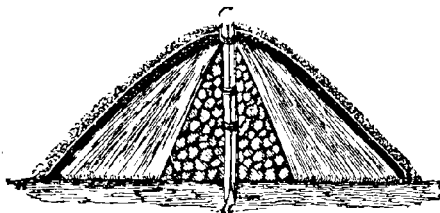


Fig. 373.

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*. 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 6 à 12 pouces à 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 poussière 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 sec.

Marche de la carbonisation. — On doit distinguer trois phases principales dans cette opération : 1° la période d'exsudation, 2° la période de carbonisation et 3° 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 mélangée 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 *suée*. Pendant la suée 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 de 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 à ce 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, et 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

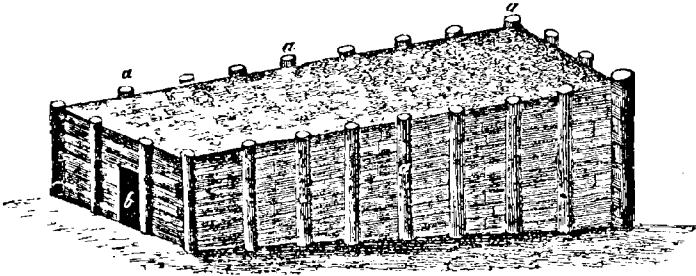


Fig. 374.

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.

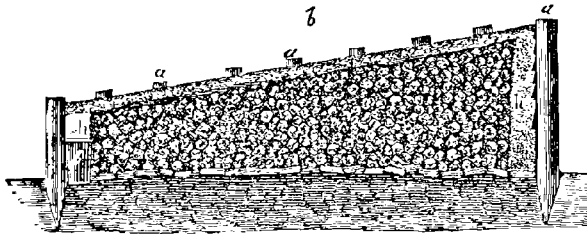


Fig. 375.

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 374 et en coupe verticale par la figure 375, *aa* sont les pieux avec les bardeaux, *h* est le revêtement 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 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 combustion d'une portion du bois en présence d'une quantité d'air

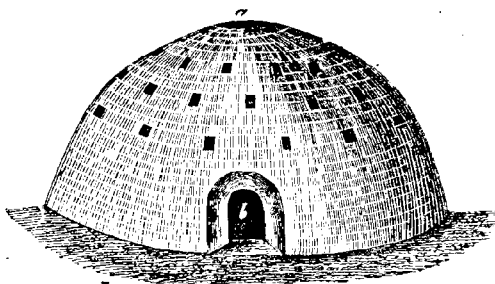


Fig. 376.

limitée. Ils ont sur les meules à revêtement mobile cet avantage que les produits de la distillation sèche — vinaigre de bois et goudron — peuvent plus facilement et plus complètement être condensés, 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 376 représente une des constructions les plus simples; dans ce

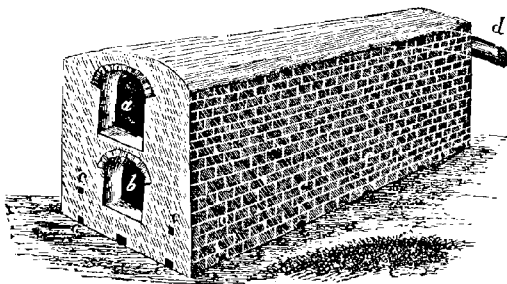


Fig. 377.

four 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 supérieure, 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 377 les deux portes *a* et *b* servent pour l'introduction du bois; *b* sert aussi pour retirer le charbon; *c c c* sont des ouvertures munies de registres; par le tuyau de 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 378 est disposé de telle sorte que

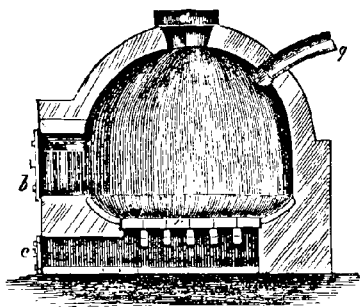


Fig. 378.

l'afflux de l'air ait lieu par la grille *d*. Le bois est introduit par les ouvertures *a* et *b*. *g* est le tube abducteur pour les produits volatils.

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 de 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

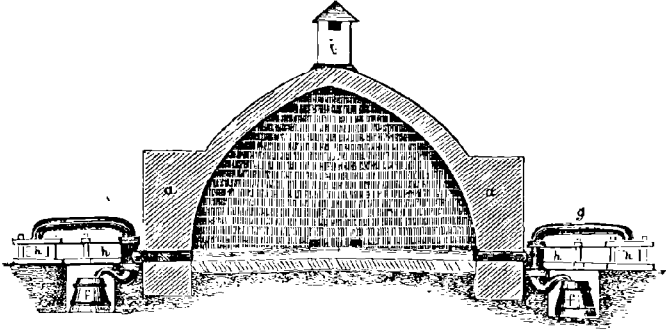


Fig. 379.

qu'est disposé le *four suédois* construit par Schwarz et dont la figure 379 montre une section verticale. *b* est la chambre en maçonnerie où s'effectue la carbonisation; l'air chaud, nécessaire 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 et par les siphons

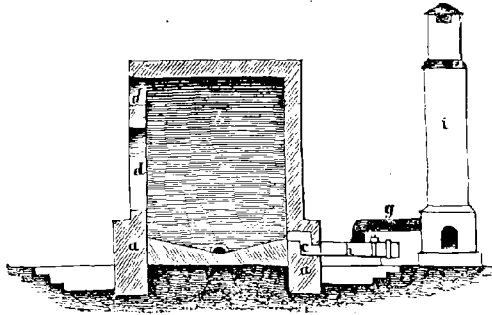


Fig. 380.

e e dans les tonneaux à goudron *ff*; 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. 380); celle-ci est destinée à produire 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* (1864), 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. 381) 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 quelques

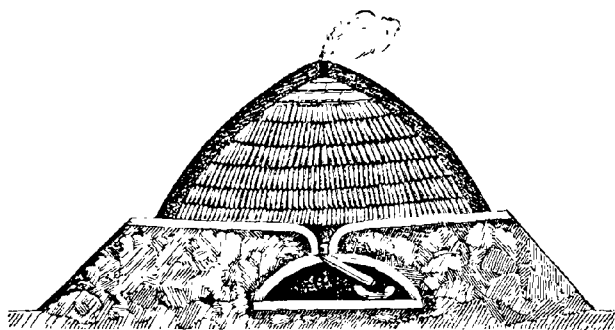


Fig. 381.

pouces. 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 toute 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 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.

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 de 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. — En Russie on obtient avec 100 parties de bois résineux 17,6 parties de goudron et 23,3 parties de charbon.

Depuis 1853 on emploie en Russie les chaudières à distillation en usage en Suède ; ces appareils doivent à tous les points de vue être préférés aux meules. D'après la description de *Hessel*, une chaudière de ce genre A (fig. 382) 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 100°, on introduit par le tube *c* dans la chaudière un courant de vapeur. Le goudron liquide qui se rassemble dans la chaudière coule par

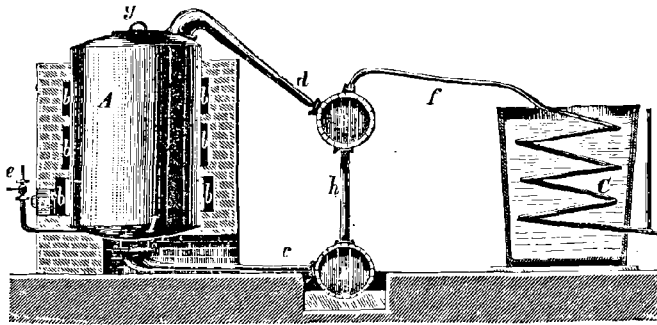


Fig. 382.

le tube *c* dans le récipient B, tandis que les vapeurs de goudron passent par *d* dans le réfrigérant B^t, 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. On retire le charbon de la chaudière par l'ouverture *a*, et on l'éteint avec de la vapeur d'eau.

D'après les recherches de *Thenius* (1863), 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.

Propriétés du charbon de bois. — Suivant l'espèce du bois qui a servi pour la préparation du charbon, on distingue le *charbon dur* (charbon de bois durs) et le *charbon mou* (charbon de bois mous), 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, et le *charbon roux* obtenu par carbonisation incomplète.

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° *Fumerons*, morceaux incomplètement carbonisés.

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 74,3	0/0 de charbon.
— de hêtre rouge...	73,0	—
— de bouleau	68,5	—
— de charme	57,2	—
— de pin.....	63,6	—

En procédant d'après la méthode II (évaluation suivant le volume réel), on a obtenu comme moyenne de différentes expériences un rendement de charbon de 47,6 0/0. 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.....	21,3 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	63,6	87,2

Composition 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

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- ci- fique.	pyro- métrique.		
Charbon noir séché à l'air.....	0,97	—	2450	—	En moyenne 7517 parties.
— complètement sec.	0,84	—	2350	—	
Charbon de bouleau.....	—	0,20	—	33,71	
— de frêne.....	—	0,19	—	—	
— de hêtre rouge.....	—	0,18	—	33,57	
— de sapin rouge.....	—	0,17	—	33,51	
— d'érable.....	—	0,16	—	—	
— de chêne.....	—	0,15	—	33,74	
— d'aune.....	—	0,13	—	32,40	
— de tilleul.....	—	0,10	—	32,79	
— de pin.....	—	—	—	33,53	
— de saule.....	—	—	—	33,49	

Le *pouvoir évaporatoire* du charbon de bois de pin, avec 10,5 0/0 d'eau et 2,7 0/0 de cendre, s'élève à 6 kilogr. 73, et il est égal à 7 kilogr. 59, si le bois est anhydre (il donne alors 3,02 0/0 de cendre).

Charbon roux. — Comme la carbonisation complète du bois entraîne une perte de combustible s'élevant presque à 40 0/0, 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 0/0 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 hauts fourneaux.

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 combinée.....	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.....	0,43	
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 54,3 : 100.

TOURBE ET CHARBON DE TOURBE.

TOURBE.

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 qu'il s'accroît continuellement de bas en haut et qu'il se ramifie, pendant que les parties inférieures se transforment en tourbe.

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

broyères 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*; 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 *draguage*, 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*.

La teneur en eau de la tourbe est très-considérable; au bout d'un long temps elle peut perdre 45 0/0 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.....	38

la meilleure sorte de tourbe séchée à l'air se compose de

Masse tourbeuse solide (y compris la cendre).....	75 0/0
Eau hygroscopique.....	25

ou de

Carbone.....	45,0
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*) contenait :

	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>
Chaux.....	15,25	20,00	18,37
Alumine.....	20,50	47,00	45,45
Oxyde de fer.....	5,50	7,59	7,46
Silice.....	41,00	13,50	20,17
Phosphate et sulfate de calcium.....	3,10	2,60	
Alcali, acide phosphorique, acide sulfurique, etc.....			8,55
			100,00

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 0/0 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 1821); 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 de la tourbe 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, etc., etc. 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 centrifuges, ou bien en la comprimant dans des sacs, on s'apercevrait 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 des constructions 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 eut acquis 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 au 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 même de cette 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 meut un coin de fer, autour duquel un couteau est enroulé en spirale. Si l'on projette de la tourbe dans l'espace qui se trouve entre le cône et la paroi de l'entonnoir, la matière est finement coupée par le cône 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'entonnoir.

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 puisse opérer d'une manière continue et régulière. Dans le procédé employé depuis 1854 par *Challeton* à l'usine de Montargis 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,30, 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 30 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 Montargis ont été aussi établies à Reims et à Saint-Jean, près du lac de Bienne 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 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 molles 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 ou 60°, et l'on obtient ainsi des briquettes de tourbe brun-foncé et brillantes. La *tourbe pressée* de Kolbermoor (a) et celle de Haspelmoor (b) contiennent :

	a.	b.
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.....	27,63	
	100,00	100,00

Valeur calorifique de la tourbe. — A cause de la grande quantité de cendre 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 *Karmarsh*, l'effet calorifique absolu de

100 kilogr. de tourbe jaune	=	celui de 94 ¹ / ₆ de bois de pin séché à l'air.
100 — brune	=	— 107 ¹ / ₆ —
100 — terreuse	=	— 104 ¹ / ₆ —
100 — bitumineuse	=	— 110 ¹ / ₆ —
100 mètres cubes de tourbe jaune	=	celui de 33 ¹ / ₂ mètres cubes de bois de pin.
100 — brune	=	— 89 ¹ / ₆ —
100 — terreuse	=	— 144 ¹ / ₆ —
100 — bitumineuse	=	— 184 ¹ / ₆ —

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 évaporatoire de la tourbe est le suivant :

	Eau.	Pouvoir évaporatoire.
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 ans, la tourbe est l'objet d'une application nouvelle : les produits de sa 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 (1000 kilogr.) de tourbe donne environ 1 kilogr. 36 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 *Wugenmann*, une tourbe de l'île Lewis (Hébrides) fournit 6-8 0/0 de goudron, donnant 2 0/0 de photogène, 1, 5 0/0 d'huile solaire et 0,33 0/0 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 inexploités, 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 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 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 tr.-mauvaise qualité.
Carbone.....	86	34
Eau hygroscopique.....	10	10
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 densité et de la grande quantité de cendre pulvériforme 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 dérange la marche de la fusion. On s'en sert au contraire avec beaucoup d'avantage pour le chauffage des fours et des chaudières. 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.

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 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. 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 on puisse, dans beaucoup de cas (mais pas dans tous), 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'ammoniaque et les bases ammoniacales (aniline, lépidine, etc.) et qui ont, pour cette raison, une réaction alcaline. D'après une 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. Richter et Hinrichs*) : la première desséchée à 445° 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.

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*; 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, d'Oschersleben, de 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 0/0. La cendre se compose essentiellement d'alumine, de silice, de chaux, de magnésic, d'oxyde de fer et de manganèse. L'eau hygroscopique des lignites fraîchement extraits peut s'élever jusqu'à 50 0/0, mais dans les charbons séchés à l'air, elle n'est en moyenne que de 20 0/0, 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.....	31 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 hygroscopique 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	0,69	0,88	2050
— — — — —	20	10	0,62	—	—
— fibreux torréfié — — — —	20	0	0,61	—	2025,
— — — — —	20	10	0,55	—	—
— terreux — — — — —	20	0	0,76	—	2125
— — — — —	20	10	0,59	—	—
— conchoïdal — — — —	20	0	8,85	—	2200
— — — — —	20	10	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 évaporatoire* des lignites est représenté par les chiffres suivants :

	Eau.	Cendre.	Pouvoir évaporatoire.*
Lignite de Bohême....	28,7 0/0	10,6 0/0	5,84 kilogr.
Bois bitumineux.....	23,7	3,9	5,76
Lignite terreux.....	47,2	4,8	5,55
	47,7	3,1	5,08

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.

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 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	33,60
Lignite	66,96	5,27	27,76
— terreux.....	74,20	5,89	19,90
Houille (formation secondaire).	76,18	5,64	18,07
— (— houillère)...	90,50	5,05	4,40
Anhracite.....	92,85	3,96	3,19

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*¹, le bassin situé dans le sud du pays de Galles, qui a une largeur de 5 milles géographiques et 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*, le bassin de la Loire (St-Etienne et de Rive-de-Gier), de Valenciennes, du Creusot et de Blanzy, d'Aubin (Aveyron), d'Alais (Gard); 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; 4° en *Autriche*, les bassins de la Bohême, à Pilsen, Brandau et Schlan. 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

¹ La production de la houille dans la Grande-Bretagne va toujours en augmentant. Elle s'est élevée :

En 1860 à 80 millions de tonnes à 1000 kilogr.			
1862	81	—	—
1864	92	—	—
1866	101	—	—
1868	104	—	—
1869	108	—	—

de l'Amérique septentrionale, est celui qui commence à peu de distance (vers le sud-ouest) du lac Erié et qui s'étend sur les États de Pensylvanie, 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 37 milles géographiques sur une longueur de 130, et sa surface occupe 2800 milles carrés. Les bassins de l'Illinois, du Canada et de Michigan sont un peu plus petits.

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 outre, 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 machines 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 cependant très-différemment lorsqu'ils sont exposés à l'action de la chaleur ¹.

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 W¹ 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 W¹ 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 1000 parties de carbone contient au moins 20 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 *houilles 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 boursofflant, 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 de charbon la plus mauvaise; elle est très-riche en oxygène, elle se rétracte fortement lorsqu'on la transforme en coke et elle laisse un coke sablonneux composé de petits fragments. Elle contient moins de 40 parties d'hydrogène disponible. Elle est principalement employée dans les cas, où il s'agit

¹ E. Richters a décrit récemment un procédé pour la détermination comparative de la propriété agglutinante des différentes houilles. Voyez Dingler's polyt. Journal, t. CXCX, p. 72.

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 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 elle 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.

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 demi-grasses. ... —	moins de	4W ¹ — 2W
Les houilles maigres. —	—	4W ¹ et moins de 2W

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.....	3 5
Eau combinée et eau hygroscopique.....	13 23
Cendre.....	3

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 la 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 scorie 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 lavant les charbons avant leur transformation en coke, on élimine une partie des éléments minéraux étrangers.

Anthracite. — Comme on l'a déjà dit, l'*anthracite* doit être considérée comme le produit final du procédé de décomposition qui a donné naissance aux houilles. L'anthracite se trouve 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. L'anthracite est un corps complètement dépourvu de structure cristalline, ce qui la 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 elle décrépite fréquemment.

Jacquelin a analysé différentes espèces d'anthracite et il a obtenu les résultats suivants :

Anthracite.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Cendre.
De Swansea.....	90,58	3,60	3,81	0,29	1,72
De Sablé.....	87,22	2,49	1,08	2,31	6,90
De Vizille.....	91,09	1,85	»	2,85	1,90
Du dépt de l'Isère..	91,00	1,49	»	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.

Effet calorifique et pouvoir évaporatoire 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.....	3	4	4	3
Eau chimiq. combinée....	2	8	11	8
Eau hygroscopique.....	5	5	5	5
Cendre.....	5	5	5	5

Effet calorifique :	Houille			
	Anthracite.	Houille grasse.	demi-grasse.	Houille maigre.
Absolu.....	0,96	0,93	0,89	0,79
Spécifique.....	1,44	1,17	1,16	1,06
Pyrométrique.....	2350°	2300°	2250°	2100°
1 partie réduit plomb.....	26 à 33	23 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	1,13 à 1,26	1,13 à 1,30	2,05 à 1,34

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*,

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 d'évaporer 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 évaporatoire* 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 — 8,30 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 évaporatoire pratique des charbons en usage dans l'Allemagne du Sud est représenté par les chiffres suivants :

	Cend.e.	Pouvoir évaporatoire pratique.
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 —	10,3	4,2
Charbon de la Saar.....	21,50	6,06
Charbon de Stockheim, 1 ^{re} qualité.....	6,3	2,72
— — 2 ^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'Édimbourg 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'an-thracène, de la naphthaline et du benzol. 100 parties de boghead contiennent :

Carbone...	60,9	65,3
Azote	0,7	0,7
Hydrogène.....	9,1	9,1
Soufre.....	0,3	0,1
Oxygène	4,3	5,4
Eau	0,3	0,5
Cendre	24,1	18,6

Le boghead est employé aussi bien comme combustible que pour la préparation du gaz (100 kilog. donnent plus de 48 mètres cubes de gaz) et la fabrication de la paraffine et de l'huile solaire. Les autres charbons écossais désignés sous les noms de *Wemyss coal*, de *Lanarkshire coal* et de *Rigside coal* sont analogues au boghead.

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 très-fréquemment 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. 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 0/0 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'éviter 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 pour la préparation mécanique des minerais par voie humide. En employant ce procédé, on peut séparer du charbon contenant 10 à 12 0/0 d'éléments minéraux (qui forment la cendre) 4 ou 5 et même 7 ou 8 0/0 de ceux-ci; mais il ne faut pas oublier que cette préparation préliminaire entraîne une perte de 7 à 8 0/0 de charbon sous forme de poussière. *Bessemer* emploie, 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, page 363).

La fabrication du coke peut être pratiquée, comme la carbonisation du bois, en meules, en tas, en fours où 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 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 elle est munie de plusieurs séries d'orifices destinés à établir le tirage (fig. 383) 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 de la meule on établit des canaux se dirigeant de la périphérie vers la cheminée. Sur la sole de 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, lors-

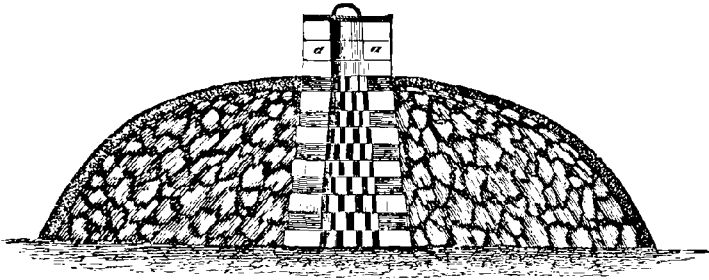


Fig. 383.

que 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 dans des fours prend une extension de plus en plus grande, 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 appartenant à cette catégorie sont construits avec ou sans admission de l'air. Parmi les derniers on peut citer comme exemple le four d'*Appolt*, qui peut être considéré comme consistant essentiellement en une sorte de cornue à gaz verticale, qui est munie seulement des orifices destinés à l'échappement des gaz. Dans une autre espèce de four on se propose d'extraire des gaz et des vapeurs, avant leur combustion, des sels ammoniacaux et le goudron (qui depuis la création de la nouvelle industrie basée

sur le traitement du goudron 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*.

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 384. 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 une sorte de grille. Une sole massive est cependant plus

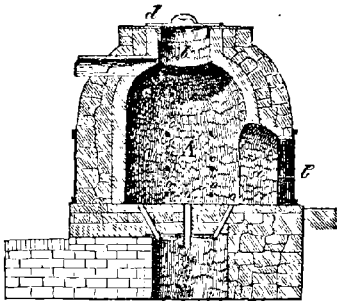


Fig. 384.

avantageuse, 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. Le charbon à carboniser est introduit 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 postérieure, 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 13 heures après la quatrième. On laisse le four complètement fermé pendant 12 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 1750 à 2000 kilogr. de houille; d'après une moyenne de plusieurs mois, on obtient dans ce four 53 0/0 en poids, et 74 0/0 en volume de coke. Les gaz et les vapeurs sont conduits par le tube *f* dans un appareil condenseur, qui est commun à deux fours à coke; on condense et on recueille les vapeurs de goudron, mais on laisse dégager les gaz. 100 kilogr. de charbon donnent environ 20 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, houille menue, 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 0/0, 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 385. L'espace où s'effectue la carbonisation a 3 m. 30 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 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 le crochet au moyen duquel il extrait le coke. Dans un four de ce genre on carbonise dans les

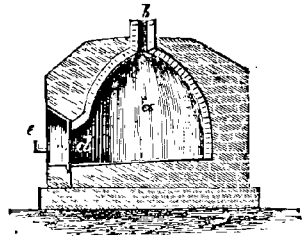


Fig. 385.

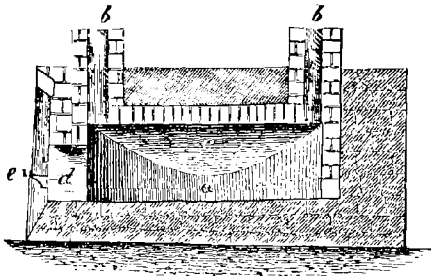


Fig. 386.

24 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. 386). La sole est circulaire et elle ne se rétrécit un peu que vers la 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 3 m. 08 de la surface de la sole. Les gaz et les vapeurs se dégagent dans l'air par deux cheminées hautes d'environ 1 m. 30. La porte de fonte 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 déjà mentionnés (fig. 385).

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 387, en donne une coupe

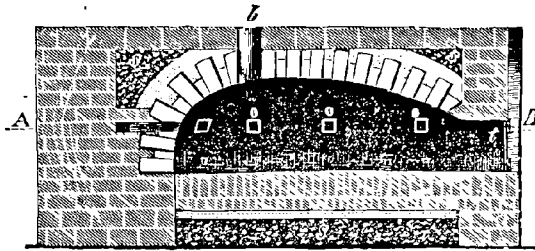


Fig. 387.

verticale et la figure 388, le plan); 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

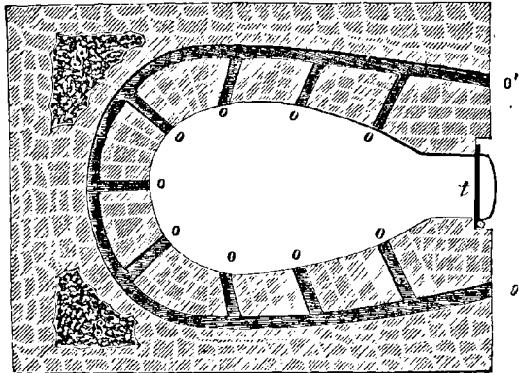


Fig. 388.

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 cheminée, haute de 0 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 30 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 et pénètre dans le four. La porte *t* ferme presque complètement la gueule du four. Une charge de 1 mètre cube à 1 mètre cube 1/4 de menu de houille est carbonisée dans ce four en 30 ou 40 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

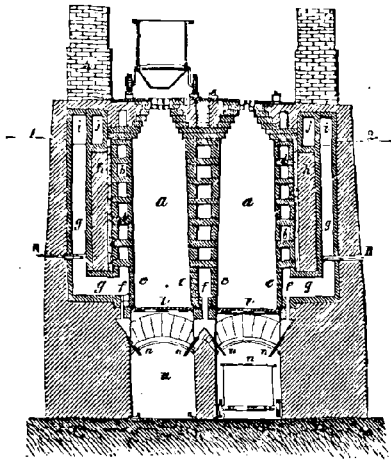


Fig. 389.

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 389 montre une coupe verticale de ce four et la figure 390 une coupe horizontale suivant la ligne 1-2. Afin que la chaleur pénètre plus facilement dans le milieu des cuves *a, a*, celles-ci sont à section rectangulaire (45 centimètres et 1 m. 24 sur 4 mètres de profondeur), et pour mieux utiliser la chaleur, 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 étroites *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

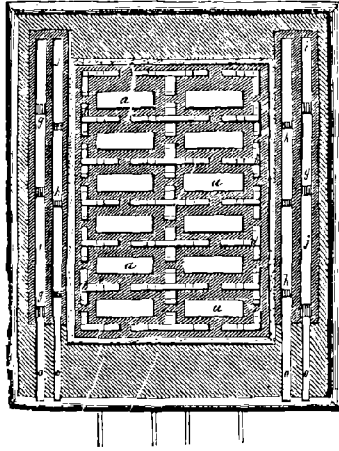


Fig. 390.

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. 389), de manière à ce 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, 1250 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 1250 kilogr. de charbon, et l'on ferme hermétiquement son ouverture supérieure, en plaçant le couvercle et en 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 d'*Appolt* sont assez élevés; ils vont jusqu'à 15000 francs, tandis que les fours simples ordinaires ne coûtent que 1800 à 3000 francs; mais les fours d'*Appolt* rendent, par jour, 12,000 kilogr. de coke, et, comme il ne se produit pas de déchet, on obtient 66 à 67 0/0 de coke avec des charbons (de *Duttweiler*), qui, dans des fours horizontaux, auraient donné 61 0/0 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 grille 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 1831, 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 condenseurs 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 pour condenser les vapeurs dans le liquide obturateur. D'après les indications de *Gaultier 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	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'ac-

cord 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.

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 13 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 convenablement 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. 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 (fer brut).

La composition moyenne du bon coke ordinaire est la suivante :

Carbone.....	85 à 92 0/0
Cendre.....	3 5
Eau hygroskopique.....	5 10

Comme le coke a une grande densité et qu'il ne contient pas de gaz combustibles, sa combustibilité 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 —

Brix a trouvé que 1 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. 450 de vapeur.

COMBUSTIBLES ARTIFICIELS.

Sous le nom de *combustibles artificiels*, 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, telles 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 goudron de houille épaissi, et la masse chaude est comprimée dans des moules ; on obtient ainsi des pains rectangulaires à angles arrondis, qui pèsent 40 kilogr., et qui après le refroidissement ont une dureté assez grande. Les péras ne se brisent pas aussi facilement que la plupart des houilles naturelles ; ils sont plus faciles à emmagasiner, on économise 1/3 de l'espace. Les *charbons patentés* (*patent coals*) de *Wylam* et de *Warlich* doivent être placés à côté des péras.

Charbon moulé de Paris. — Depuis environ 15 ans, *Popelin-Ducarre*, de Paris, livre au commerce un charbon de bois moulé, dit *charbon de Paris* ; il se compose de charbon de bois, auquel on donne de la cohérence en le mélangeant avec du goudron de houille et en carbonisant le mélange obtenu. Le charbon de bois 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 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 mouffes. 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 de brûler à l'air, ce qui, comme on le sait, n'a pas lieu pour le coke.

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° cent., c'est-à-dire jusqu'au point où ils 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 ¹. L'expérience a montré que la fabrication des briquettes peut être combinée avec avantage avec la distillation du goudron en vue de la préparation du benzol, de l'acide carbolique, de la naphthaline, de l'anthracène et de l'asphalte.

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 140/0 d'hydrogène, on obtient, en condensant les gaz de la combustion, une grande quantité d'eau pure, 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 chauffe-fer est inutile, parce que l'afflux du pétrole dans le foyer peut être réglé avec une grande facilité.

¹ Voyez *Th. Oppler*, Die Fabrikation der künstlichen Brennstoffe, insbesondere der gepressten Kohlenziegel oder Briquettes. Berlin, 1064. Voyez, en outre, Jahresbericht der chem. Technologie, 1864, p. 760 ; 1866, p. 333 ; 1868, p. 800.

D'après *Fr. Storer*, 1 kilogr. de pétrole brut évapore 10 kilog. 360 d'eau, tandis que 1 kilogr. d'antracite n'en vaporise que 15 kilog. 100. (Le pouvoir évaporatoire théorique du pétrole très-pur est 18 kilog. 060, car si l'on se base sur la composition centésimale de ce corps, on a

$$\begin{array}{r} \text{C } 0,86 \cdot 8080 = 6948 \\ \text{H } 0,14 \cdot 34462 = 4824 \\ \hline 11772 \text{ calories et } \frac{11772}{652} = 18,06 \text{ kilogr.} \end{array}$$

D'après les expériences exécutées par *H. Deville* (1866-1869), le pouvoir calorifique des différentes espèces de pétrole est représenté (en calories) par les nombres suivants :

Huile lourde de la Virginie occidentale....	10180 calories.
Huile légère de la Virginie occidentale. . .	10223 —
Huile légère de la Pennsylvanie.....	9963 —
Huile lourde de l'Ohio.....	10399 —
Huile de Java (Rembang).....	10831 —
Huile de Java (Cheribon).....	9593 —
Huile de Java (Sarabaya).....	10183 —
Pétrole de Schwabwiller (Alsace).....	10458 —
Pétrole de la Galicie orientale.....	10005 —
Pétrole de la Galicie occidentale.....	10253 —
Huile des schistes d'Autun.....	9950 —

R. Foote, Wyse, Field et *Aydon*, ainsi que *H. Deville, Dorsett* et *Blyth* ont construit récemment des foyers de machines à vapeur pour la combustion du pétrole, qui méritent à tous égards d'attirer l'attention. 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*, 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 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	1,3
Oxyde de carbone...	34,1	34,5	22,4	33,8
Hydrogène.....	0,2	0,7	0,5	0,1

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 déjà été question (t. I, pages 13 et 503), doivent également être mentionnés ici. Ils sont déjà très-employés dans la fabrication du gaz, ainsi que dans différentes opérations métallurgiques (puddlage, extraction du zinc, etc.).

Gaz de chauffage. — Depuis quelque temps on s'occupe beaucoup de préparer du gaz à bon marché, afin de l'employer pour le chauffage. Depuis environ dix ans un grand nombre d'appareils de chauffage au gaz ont été imaginés, et, à cause de leur propreté 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 de 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 vient de se former, à Berlin, sous la direction de *C. Westphal* et *A. Pütsch*, une compagnie ayant pour objet de préparer du gaz de chauffage avec des lignites; l'usine doit être établie à Fürstenwald, à 38 kilomètres environ de Berlin, et le gaz sera amené dans la cité à l'aide de tuyaux de conduite. Dans ce but, on doit construire douze locaux de 35 mètres de long sur 21 mètres de large avec 70 fours renfermant chacun 10 cornues; les fours seront chauffés à l'aide du système de *Siemens*. Le gaz dépouillé de goudron, d'eau, etc., dans des condensateurs, sera poussé vers Berlin au moyen de quatre machines soufflantes. Les souffleries seront mises en activité par quatre machines à vapeur ayant chacune une force de 360 chevaux, qui pourra 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 seront en tôle forte et seront 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 laissera passer 12 mètres cubes $\frac{1}{4}$ de gaz par seconde. A Berlin le gaz doit être 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 0/0
Oxyde de carbone.....	40,00
Gaz des marais.....	11,37
Azote.....	3,17
Acide carbonique	2,01
Hydrocarbures condensables.....	1,09
	<hr/>
	100,00 0/0

Un gaz ayant cette composition est tout à fait convenable pour le chauffage ; d'après les expériences effectuées au sujet du pouvoir calorifique, 90 mètres cubes de ce gaz sont équivalents à une tonne de lignite ou à un tiers de tonne de houille (1 tonne = 137^k,500 à 150 kilogr.). Il doit être vendu environ 60 centimes les 30 mètres cubes, de sorte que l'effet calorifique produit par le gaz de lignite, comparé au prix d'une tonne de houille, reviendra à environ 5 francs 38 centimes. L'usine sera 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 l'appareil 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 d'argile ou de 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 *cendrier*; 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 se produit 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 de 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 l'air chaud ; 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, 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 mouvement 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 remplacée 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 qui possèdent des quantités considérables de combustibles. L'agrément que l'on a avec ce mode de chauffage 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. A 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 : on la plaça moins profondément dans le mur, afin que son action se fit plus sentir sur l'air de l'appartement que sur ses propres parois ; la partie supérieure de la niche fut rétrécie le plus possible à son point de jonction avec le tuyau et on munit de portes à coulisses ou à deux battants la partie inférieure du tuyau, ainsi que l'ouverture de la cheminée elle-même.

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*, parmi lesquelles les appareils de *Franklin*, de *Désarnod* et de *Curruudeau* méritent d'être signalés.

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 combus-

tible 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 à ce 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 de 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 que 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 de fonte sont quelquefois entourés d'un manteau percé à jour et ordinairement plus ou moins ornémenté; cette enveloppe est placée à quelques pouces de la paroi du poêle intérieur, dans lequel le combustible est brûlé.

Poêles en argile cuite. — Parmi ces poêles nous devons mentionner les *poêles russes* et les *poêles suédois*; leur construction est très-massive. 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 391 en montre le plan, la figure 392 une vue suivant la longueur, la figure 393 une vue de côté, et la figure 394 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. Chacun de ces poêles a une cheminée séparée, qui est un tuyau de 18 à 30 centimètres de diamètre

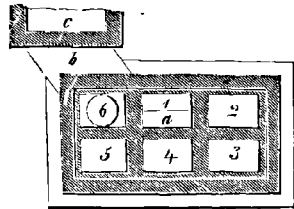


Fig. 391.

s'élevant jusque sur le toit aussi verticalement que possible; ces cheminées étroites (*cheminées russes*) sont d'un excellent usage, et 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 her-

métiquement, aussitôt que le feu est éteint; c'est à quoi l'on arrive au moyen d'un dispositif particulier appelé en russe *Wuschke*. Au près du point de jonction du dernier canal et du tuyau de fumée se trouve fixée

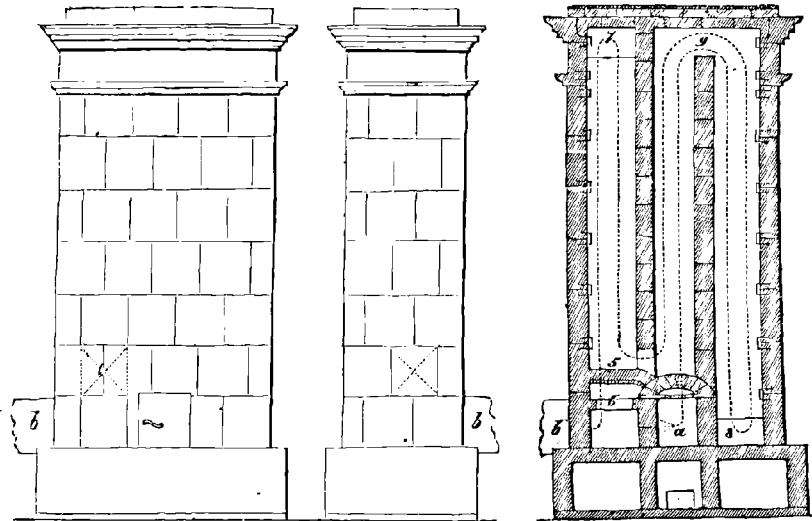


Fig. 392.

Fig. 393.

Fig. 394.

une plaque de fonte quadrangulaire (fig. 395, 396, 397); cette plaque a dans son milieu une ouverture de 21 à 24 centimètres de diamètre, qui est munie de deux rebords verticaux, l'un extérieur et l'autre intérieur; le premier a 3 centimètres et le second 2 seulement. Un couvercle de fonte *a* muni d'une poignée s'adapte sur l'ouverture, un

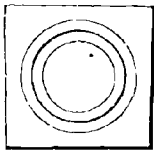


Fig. 395.

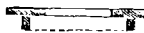


Fig. 396.



Fig. 397.

deuxième couvercle plus grand *b* avec bord saillant, s'adapte sur le rebord supérieur 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 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 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

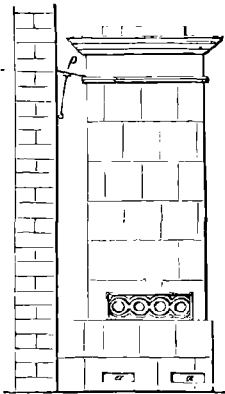


Fig. 398.

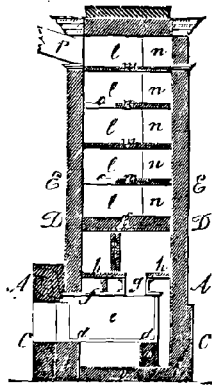


Fig. 399.

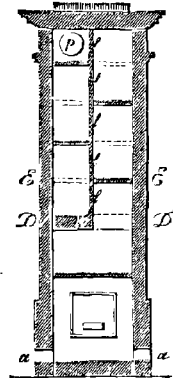


Fig. 400.

poêles russes. La figure 398 montre une vue antérieure de ce poêle, les figures 399 et 400 des sections verticales. La section représentée par la figure 399 est le profil suivant la ligne *aa* du plan donné par la figure 401; la section que montre la figure 400, est faite suivant la ligne *bb* et la figure 401 est une coupe horizontale au niveau de la ligne *cc* (fig. 399). 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. Les produits de la combustion sont forcés de passer par ce tube pour se rendre dans les carneaux. De même que dans les poêles russes, la com-

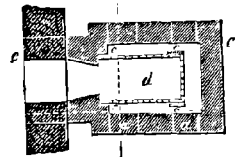


Fig. 401.

bustion 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 carneaux 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 carneaux 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 33 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 *a, a* (fig. 400), et, en montant, sa température s'élève assez pour qu'il sorte chaud dans l'appartement, en traversant les orifices pratiqués dans la plaque, que l'on peut voir sur la figure 398. 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; *c, c* sont les supports destinés à recevoir la plaque de fonte *dd* formant le fond du foyer, *e* sont les trois 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 foyer, et disposée de telle sorte qu'elle se trouve 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 dérange 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 *n, n*, et leur longueur est telle que chacune des ouvertures *n, n* se trouve à 7 pouces de la paroi latérale opposée; la fumée monte par les ouvertures *o, o*; *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*, ils contournent la cloison *i*, ils passent par l'ouverture *o* dans le canal *n* et enfin dans le tuyau de fumée qui conduit dans la cheminée.

Le poêle de *Henschel*, disposé pour brûler du lignite, mérite aussi d'attirer l'attention. La figure 402 en donne une coupe verticale et la figure 403 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*. Lors-

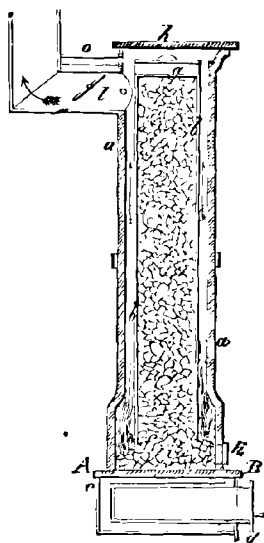


Fig. 402.

qu'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

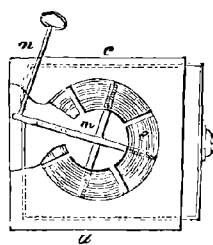


Fig. 403.

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. *H. Meidinger*, de Carlsruhe, a construit d'après ce système des poêles d'un excellent usage.

Chauffage par l'air. — Le *chauffage par l'air* est une sorte de chauffage à l'aide des poêles, et il se distingue du chauffage ordinaire avec ces appareils, en ce que le plus ordinairement le poêle ne se trouve pas dans la pièce que l'on veut chauffer, mais dans un espace particulier, où l'air s'échauffe et est ensuite amené par des canaux dans l'appartement.

Le chauffage par l'air a pour but de chauffer, à l'aide d'un poêle ou d'un fourneau, aussi uniformément que possible, un grand espace, ou

bien de chauffer en même temps un certain nombre d'appartements, et enfin de supprimer le poêle dans le cas où, pour des raisons particulières, la présence de celui-ci dans l'appartement serait gênante. Il y a trois méthodes différentes de chauffage par l'air, qui se distinguent essentiellement par la manière dont le mouvement de l'air est produit dans la pièce à chauffer.

a. L'air extérieur froid entre dans l'appareil de chauffage et, au moyen d'un canal, il arrive chaud dans la pièce à chauffer ; un volume de l'air de l'appartement, égal à celui de l'air entrant, sort par les joints des portes et des fenêtres.

b. L'air de la pièce échauffée retourne par un canal dans l'appareil de chauffage, s'y échauffe et revient dans l'appartement. Si la méthode *a* a l'avantage de renouveler continuellement l'air de la pièce et par suite d'y produire une ventilation continue, par la méthode *b* on économise la quantité de chaleur qui dans la première méthode est enlevée par l'écoulement à l'extérieur de l'air échauffé.

c. De même que d'après la méthode *a*, dans cette méthode l'air froid extérieur s'échauffe dans l'appareil de chauffage et arrive dans l'appartement ; mais ici l'air de ce dernier se rend vers le feu au moyen d'un canal et il en entretient la combustion. Cette méthode réunit les avantages de *a* et de *b*, parce que, outre qu'elle produit une ventilation continue, elle permet une dépense moins grande de combustible.

Si l'on compare la dernière méthode avec le chauffage d'un appartement au moyen d'un poêle, dont la porte pour l'introduction du bois est dans la pièce à chauffer, on voit que dans la deuxième méthode la circulation de l'air a lieu comme dans le chauffage d'un appartement avec un poêle alimenté par le dehors.

Si l'on considère la manière dont sont disposés l'appareil de chauffage et le lieu où celui-ci se trouve, on distingue deux modes différents de chauffage par l'air :

a. Le chauffage par l'air à l'aide d'un poêle à manteau ;

b. Le chauffage par l'air à l'aide d'une chambre à air chaud

La première méthode se rapproche beaucoup du chauffage ordinaire à l'aide des poêles et elle ne s'en distingue que parce que le poêle, qui se trouve dans la pièce à chauffer ou à côté de celle-ci, est entouré d'un *manteau* de briques placé à une distance de quelques pouces de ses parois ; ce manteau est ouvert par en haut et à sa partie inférieure, il est muni d'un certain nombre d'orifices. Si l'on chauffe le poêle, l'air, qui se trouve entre le manteau et le poêle s'échauffe, monte, et il est remplacé par de l'air froid qui arrive par les orifices inférieurs et qui, après avoir été échauffé, s'élève également et ainsi de suite. Tout l'air de l'appartement traverse ainsi en très-peu de temps l'espace situé entre le poêle et le manteau et il est ainsi uniformément chauffé. On peut de cette manière élever un très grand espace à une température égale dans tous ses

points, tandis que, avec un poêle ordinaire, il régnerait dans le même espace une chaleur gênante dans le voisinage de l'appareil et à une faible distance de celui-ci on ressentirait un froid très-sensible. Dans le chauffage par l'air avec une *chambre à air chaud* nous avons d'abord à considérer la chambre qui est voûtée et dans laquelle est établi le fourneau; elle doit être aussi petite que possible, afin que l'air échauffé en sorte aussi chaud que possible et qu'il n'ait pas le temps de céder sa chaleur aux parois de la chambre. Les canaux destinés à livrer passage à l'air échauffé s'ouvrent à la partie supérieure de la chambre, et le conduit qui amène l'air froid débouche immédiatement au-dessus de son fond. Les parois latérales de la chambre sont à une distance du fourneau égale seulement à 12 ou 16 centimètres, tandis que la voûte se trouve à 1 mètre ou 1 m. 30 de la paroi supérieure du fourneau. Le fourneau est la partie la plus essentielle de cet appareil de chauffage. On a trouvé que la forme la plus convenable à lui donner est celle d'une boîte; celle-ci est en fonte ou en tôle forte rivée. Relativement à la grandeur du fourneau, nous ferons remarquer qu'une surface de 9 décimètres carrés peut échauffer de 25 à 30 mètres cubes d'air. Une autre espèce de chauffage par l'air offre la disposition suivante: plusieurs tuyaux en fonte superposés et communiquant ensemble sont établis dans un fourneau de manière à ce que l'air froid entre par une extrémité et sorte par l'autre, après avoir été échauffé. En général l'air pénètre par la partie inférieure du système tubulaire et sort par la partie supérieure. 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.

Le chauffage par l'air a 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 l'air 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 l'air 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.

Calorifères. — Le système de chauffage par l'air à l'aide des *calorifères*, qui est assez généralement en usage dans la Grande-Bretagne, dans l'Amérique du Nord, en Suède et en Russie, commence à être aussi employé en Allemagne depuis quelques années ; il convient surtout pour les édifices publics avec de grandes pièces (pour les églises, par exemple), et l'on peut aussi s'en servir avec avantage pour le chauffage des habitations privées. Parmi les différentes dispositions proposées jusqu'à ce jour, les plus connues sont celles de *Hartmann*, d'Augsbourg, de *Royer et C^{ie}*, de Ludwigshafen sur le Rhin et de *Bacon et Perkins*, de Hambourg. L'appareil de *Reinhart et Sammet*, de Mannheim, est également très-connu en Allemagne; les calorifères sont placés dans la cave et ils ont une surface de chauffe si grande et la circulation de l'air y est réglée de telle sorte que le combustible brûle complètement et que l'introduction de la fumée dans les canaux est rendue impossible. L'air à chauffer est amené du côté extérieur de l'édifice, où il est le plus pur, et, après qu'il s'est échauffé 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. Cette méthode, comparée avec le chauffage à l'aide des poêles, offre encore d'autres avantages d'une grande importance, elle permet une consommation de combustible beaucoup moins grande et les appartements ne sont pas salis par la poussière, etc., comme cela a lieu avec les poêles. Enfin un ouvrier ordinaire peut entretenir l'appareil et en régler parfaitement la marche. Dans le système de *Boyer et C^{ie}*, de Ludwigshafen, qui est déjà très-employé notamment en Bavière (par exemple à l'Université de Munich, dans la gare centrale de Wurzburg, etc.) et qui produirait un effet utile égal à 15 0/0, les tubes de chauffe ne sont pas en tôle, mais 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 des produits de 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 kilogr. de charbon brûlé par heure ils offrent une surface de chauffe égale à 2 mètres carrés $1/2$. 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.

Chauffage par des canaux. — Dans ce système 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 zigzag 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.

¹ 1 kilogr. d'eau à 100° dégage 80 calories, lorsqu'elle se refroidit à 20° , et ces 80 calories peuvent élever à 10° la température de 32 kilogr. ou 24 mètres cubes 610 d'air.

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 qui retournent ensuite vers la chaudière. Le principe de la circulation de l'eau est mis en évidence par la figure 404. L'eau est échauffée 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 d'elle; après s'être refroidie en traversant les tuyaux f, f, elle revient dans la chaudière où elle s'échauffe de nouveau et elle remonte dans le tube c. Ce mouvement dure

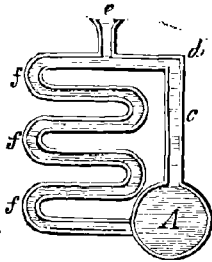


Fig. 404.

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 et 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 à 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, de maisons particulières de Leipzig, de Berlin et d'autres villes de l'Allemagne, 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 un pouce de diamètre intérieur et ils doivent pouvoir supporter une pression de 1,500 kilogr. par pouce carré, 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° cent.).

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. Un kil. 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 assure 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.

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 chauffage. 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 fuligineuse ¹. 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

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.

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 30 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 en Allemagne 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 gaz de pétrole, si les conditions locales sont favorables (voyez page 671). Dans l'industrie les gaz de générateurs sont déjà très-employés (voyez page 673).

Chauffage sans les combustibles ordinaires. — On sait depuis longtemps que la *chaleur latente* (des anciens physiciens) des corps, 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 ¹.

Un appareil, imaginé par *Beaumont* et *Mayer* pour produire de la chaleur 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 semblable 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 primitive ². 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

¹ Voyez les expériences exécutées par *Rumford* en 1798, in *J. Tyndall*, *Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung*, Brunswick, 1867, p. 15 et 71.

² 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 correspondante à une force d'un cheval.

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 kilogr., une force d'un cheval devrait être mise en activité pendant 10 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 *cedrier* 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 leur 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 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 330 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 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 com-

plètement. 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 continue 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 inconvénients de la fumée, qui peut être extrêmement gênante pour le voisinage des grandes usines, et, en outre, d'économiser le combustible¹ et d'augmenter l'effet du 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 (benzol, toluène, acide carbonique, 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

¹ Des expériences exécutées en Angleterre montrent que 1,000 kilogr. (une tonne) de houille, en brûlant dans un foyer ordinaire, donnent 12 kil. 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 $1,12$ 0/0.

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 à ce 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.

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 sys-

tème 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-compliqué 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 est employée dans un grand nombre d'usines, surtout en Autriche. Elle 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 pour 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 à ce 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 *Jukes* (aussi nommée en France grille de *Tailfer*) a été beaucoup plus employée que les précé-

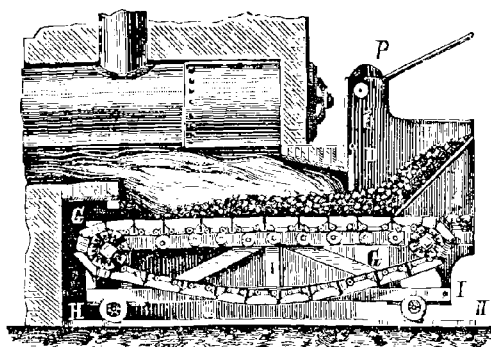


Fig. 405.

dentes dans la pratique, bien que sa construction soit compliquée et coûteuse. Les barreaux, composés de pièces articulées en fonte, forment une espèce de chaîne sans fin GG (fig. 405) de la largeur de la grille ; cette chaîne passe sur deux tambours octogonaux qui sont mis en mouvement par la machine et dont l'écartement dépend de la longueur que

l'on veut donner à la grille. La chaîne reçoit en O un mouvement de 25 à 30 millimètres par minute, qui la fait avancer vers l'intérieur du foyer. Le combustible amoncelé dans la trémie B se trouve, par suite, entraîné dans l'intérieur du foyer, en formant une couche dont l'épaisseur est déterminée par la position du registre D, qu'on manœuvre à l'aide d'un levier articulé en P. Tout l'appareil est porté sur un bâti I, roulant sur des rails H, H, de façon à ce qu'on puisse retirer la grille sans difficulté, lorsqu'elle a besoin d'être réparée. Le mouvement de la chaîne est réglé de telle sorte que le charbon frais, qui tombe sur une des extrémités de la grille, soit brûlé lorsqu'il arrive à l'autre extrémité, où la cendre et les scories résultant de la combustion se déversent naturellement. Mais la marche régulière de l'appareil est beaucoup influencée par la grosseur et la qualité du charbon, il y a toujours beaucoup de combustible perdu, celui-ci ne brûle pas de la même manière des deux côtés de la grille, enfin l'appareil, qui est très-complicqué et qui absorbe beaucoup de force, se détériore assez rapidement ; c'est à cause de ces inconvénients que la grille à chaînette, autrefois en usage dans un grand nombre de localités, a été abandonnée, bien que, avec un feu bien conduit et alimenté par en haut, il donne aussi peu de fumée que possible.

Grille rotative. — La grille rotative de Collier se compose d'une plaque ronde perforée comme une grille et qui est soumise à un mouvement de rotation au-dessous de la chaudière. Toutes les fois que la grille opère une rotation, toutes ses parties se couvrent d'une couche uniforme de charbon, qui tombe lentement et en petite quantité sur une fente placée suivant le rayon de la plaque. Bien que cet appareil ait de grands avantages au point de vue de l'économie du combustible, il est cependant peu employé, parce que les pièces motrices se trouvent dans le cendrier et que le frottement 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 1823, 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 $1\frac{1}{2}$ cheval. Le dispositif 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. 406), dans laquelle deux cylindres munis 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 va-

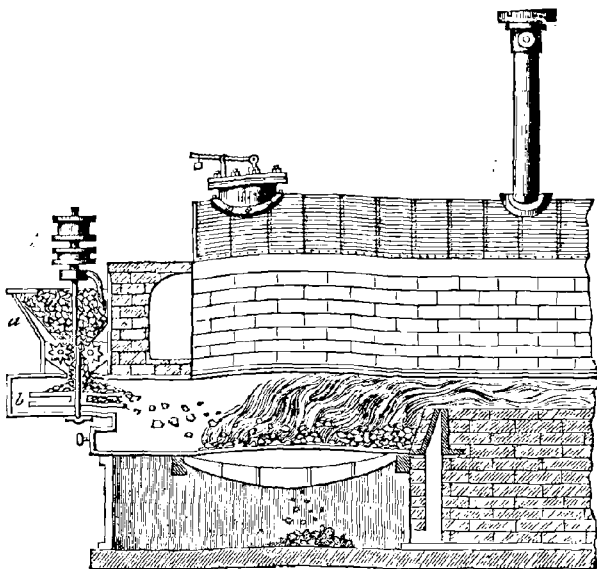


Fig. 406.

peur, 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 carneaux, qui s'obstruent promptement. Quoi qu'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 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 33°, qui est alimentée au moyen d'une trémie et qui est disposée de manière à ce 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 de tôle remplie de charbon est soulevée 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.

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 à ce 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 à ce 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'enflamant 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 de 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 à ce 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'auprès 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. **Fumivorité 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 fumivorité. L'Anglais *Chanter* 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 fabrique 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 température 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-complicés, 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 distil-

lalion 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 grille double) 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 économisé.

FIN DU TOME SECOND.

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME SECOND

CHAPITRE IV

DES MATIÈRES VÉGÉTALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

(Pages 1 à 297.)

Technologie de la fibre végétale, 1. — Cellulose, 1. — *Lin*, 2. — Rouissage, 2. — Broyage, 3. — Teillage, 4. — Peignage, 5. — Étoupe, 5. — Rendement en lin, 5. — Filage du lin, 6. — Tissage du fil de lin, 6. — Tissus de lin, 6.

Chanvre et autres plantes textiles, 7. — (Chinagrass, 8. — Grande ortie, 8. — Ramié, 8. — Chanvre de callou, 8. — Jute, 8. — Chanvre de Bombay, 9. — Chanvre du Bengale, 9. — Lin de la Nouvelle-Zélande, 9. — Chanvre des Indiens, 9. — Chanvre de Manille, 9. — Chanvre d'ananas, 9. — Pikaba, 9. — Fibre de la noix de coco, 9.)

Coton, 10. — Égrenage du coton, 10. — Différentes sortes de coton, 11. — Filature du coton, 11. — Fil, 13. — Tissus de coton, 14. — Succédanés du coton, 14. — Distinction des fibres de coton et des fibres de lin, 15.

Fabrication du papier, 19. — Histoire du papier, 19. — Matières premières de la fabrication du papier, 19. — Succédanés des chiffons, 20. — Découpage et nettoyage des chiffons triés, 22. — Transformation des chiffons nettoyés en demi-pâte et en pâte, 22 (moulin à pilons, 25, pile à cylindre, 26). — Blanchiment de la demi-pâte, 28. — Antichlore, 59. — Préparation de la pâte ou raffiné, 30. — Azurage et collage de la pâte, 31. — *Papier à la main*, 32. — Confection des feuilles de papier par puisage, 32. — Pressage des feuilles de papier, 34. — Séchage du papier, 34. — Collage des feuilles de papier, 35. — Apprêt du papier, 35. — Principales sortes de papier, 35. — *Papier à la mécanique*, 36. — Machines à papier, 37. — Machine à couper le papier, 41. — *Cartons et autres papiers*, 42. — Carton de puisage, 42. — Carton de couchage, 42, carton de collage, 43. — Papier mâché, 43. — Papiers de pâte colorée, 44. — Papier-parchemin, 44.

Amidon et fécule, 46. — Généralités, 46. — Propriétés de l'amidon, 46. — Matières brutes de la fabrication de l'amidon, 48. — Extraction de la fécule de pommes de terre, 48. — Procédé Völker, 51. — Dessiccation de la fécule, 51. — Extraction de l'amidon du froment, 52, par fermentation, 53, sans fermentation, 55; procédé de Martin, 55. — Composition et usages de l'amidon du commerce, 56. — Amidon de riz, 57. — Amidon du marron d'Inde, 58. — Arrow-root, 58. — Fécule de cassave, 58. — Sagou, 58. — Dextrine, 59.

Fabrication du sucre, 61. — Historique et généralités, 61. — État naturel et propriétés du sucre, 62. — Poids spécifique des dissolutions de sucre, 63. — Saccharates, 64. — *Sucre de canne*, 64. — Canne à sucre, 64. — Composition de la canne à

sucré, 65. — Préparation du sucre brut, 65. — Différentes sortes de sucre, 68. — Mélasse, 63. — Raffinage du sucre brut, 69. — Production du sucre de canne, 71. — *Sucré de betteraves*, 72. — Historique, 72. — Betterave à sucre, 73. — Composition chimique de la betterave, 75. — Saccharimétrie, 76 (Essai par voie chimique, 77, essai par fermentation, 78, saccharimétrie optique, 79). — Préparation du sucre avec les betteraves, 80 : — I. Lavage et mondage des betteraves, 80. — II. Extraction du jus des betteraves, 81. — (α. Extraction par expression, 83. — Tourteaux, 84. — β. Extraction par la force centrifuge, 84. — γ. Extraction par lixiviation, 85. — δ. Extraction par lixiviation des cossettes vertes, 86 : Dialyse, diffusion, osmose). — III. Dégénération du jus, 86. — Déchaulage du jus, 88. — Dégénération avec la baryte, 91. — IV. Filtration du jus décaulé sur le noir animal, 92. — Filtrés, 92. — Chaudières évaporatoires, 94. — (Chaudières ordinaires, 95, chaudières à bascule, 95, chaudière de Pecqueur, 96, chaudière de Brame Chevallier, 96, chaudière de Pécelet, 97, chaudières à évaporation dans le vide, 97.) — Évaporation du jus, 100. — V. Cuite à cristallisation du jus évaporé et filtré, 101. — VI. Traitement du sirop cuit pour sucre brut ou pour sucre en pains, 102. — Terrage, 104. — Clairçage et turbinage, 105. — Lochage et étuvage, 106. — Mélasse de betteraves, 107. — Sucre candi, 108. — Production du sucre de betteraves, 109. — *Glucose*, 110. — État naturel, composition et propriétés de la glucose, 110. — Préparation de la glucose, 111 : α. avec les raisins, 111, avec la féculé, 112. — Composition de la glucose, 114. — Usages de la glucose, 114.

Des fermentations et des industries qui s'y rattachent, 115. — Généralités, 115. — Fermentation alcoolique, 116. — Levûre, 117. — (Levûre superficielle, 117, levûre de dépôt, 118, multiplication de la levûre, 118, rôle de la levûre dans la fermentation alcoolique, 119, fermentation spontanée, 119). — Conditions de la fermentation alcoolique, 120. — Industries basées sur la fermentation alcoolique, 120.

Préparation du vin, 121. — La vigne et ses principales variétés, 121. — Récolte du raisin, 122. — Pressage des raisins, 123. — Extraction du jus des raisins avec les machines centrifuges, 125. — Éléments chimiques du moût, 125. — Richesse en sucre des raisins, 125. — Fermentation du jus de raisin, 127. — Décuvage et soutirage du vin, 127. — Éléments du vin, 128. — Richesse alcoolique du vin, 130; sa détermination à l'aide du vaporimètre, 130; de l'alambic de Salleron, 131; de l'ébullioscope de Tabarié, 132. — Maladies du vin, 135. — Chauffage des vins, 137 (chauffage en bouteilles, 137, chauffage en fûts, 138 : appareils de Rossignol, 138, de Terrel des Chènes, 140, de Perrier frères, 142, de Giret et Vinas, 144). — Clarification et plâtrage du vin, 144. — Résidus de la préparation du vin, 145. — Fabrication des vins mousseux, 145. — Amélioration du moût et du vin, 150 (Chaptalysage, 151, gallsage, 152, pétiotysage, 153, congélation, 153, élimination de l'acide, 154 : par le carbonate de calcium, 154, par le saccharate de calcium, 154, par le tartrate neutre de potassium, 154; addition d'alcool, 154, addition de glycérine ou schéclisage, 155).

Fabrication de la bière, 155. — Généralités, 155. — Matériaux de la fabrication de la bière, 156 (céréales, 156; houblon, 157; conservation du houblon, 158; succédanés du houblon, 159; eau, 159; ferment, 160). — *Préparation du malt*, 160. — Mouillage de l'orge, 161. — Germination de l'orge mouillée, 162. — Dessiccation et tourailage de l'orge germée, 163; tourailles, 164. — *Préparation du moût*, 167. — Mouture du malt, 167. — Démêlage ou brassage, 167; méthode par décoction, 169; méthode par infusion, 173. — Extrait de malt, 175. — Cuisson du moût, 175. — Houblonnage, 175. — Refroidissement du moût, 177. — *Fermentation du moût et conservation de la bière*, 179. — Fermentation avec dépôt, 181. — Entonnage et fermentation complémentaire, 182. — Fermentation superficielle, 184. — Brassage à la vapeur, 185. — Composition de la bière, 185. — Essai de la bière, 188; essai saccharimétrique d'après Balling, 188; essai halimétrique, 190. — Produits secondaires et déchets des brasseries, 192 (drèche, tourillons, etc.). — Impôt sur la bière, 193; (impôt sur le malt, 193; impôt sur le moût, 194; impôt sur la bière faite, 195).

Fabrication de l'alcool, 195. — Généralités, 195. — Propriétés de l'alcool, 196. — Matières brutes de la fabrication de l'alcool, 197. — *Préparation du liquide vineux*, 198, — avec des céréales, 198, avec les pommes de terre, 200 (saccharification par l'acide sulfurique, 202), avec les betteraves, 204. — Fabrication de l'alcool avec les résidus des sucgeries, 205, avec le vin et le marc de raisin, 206. — *Distillation du liquide vineux*, 206. — Généralités, 206. — Appareils distillatoires ordinaires, 208. — Appareils de Dorn, 209, de Pistorius, 211, de Gall, 213, de Schwarz, 215, de Siemens, 217, de Gellier-Blumenthal, 219, de Derosne, 219, de Laugier, 221. — Élimination des huiles odorantes, 224. — Rendement en alcool, 226. — Alcoométrie, 226. — Résidus des distilleries, 228. — Levûre pressée ou levûre sèche, 230. — Levûre artificielle, 231. — Impôt sur l'alcool, 232 (impôt sur le produit, 233, impôt sur la matière brute, 233, droit de brûlerie, 234, impôt sur la trempé, 234).

Préparation du pain, 235. — Généralités, 235. — Hydratation, 237. — Pétrissage, 237, pétrisseurs mécaniques, 238. — Cuisson, 239. — Succédanés du ferment pour la fermentation panaière, 241; substances proposées par Liebig, 242, poudre de Horsford, 242, pain aéré, 242. — Rendement en pain, 243. — Composition du pain, 243. — Altérations de la pureté du pain, 243.

Fabrication du vinaigre, 244. — Mode de formation du vinaigre, 244. — *a. Préparation du vinaigre avec des liquides alcooliques*, 245. — Préparation du vinaigre avec l'alcool, 245. — Phénomènes qui accompagnent la formation du vinaigre, 247. — Ancienne méthode de préparation du vinaigre, 247. — Fabrication rapide du vinaigre, 248. — Vinaigre de betteraves, 251. — Préparation du vinaigre au moyen du mycoderma aceti, 252. — Préparation du vinaigre à l'aide du noir de platine, 253. — Propriétés et essai du vinaigre, 254; acétimétrie, 254. — *b. Préparation du vinaigre avec l'acide pyroliqueux*, 256. — Vinaigre de bois, 256. — Purification du vinaigre de bois, 259. — Esprit de bois, 260.

Conservation du bois, 261. — Généralités, 261. — Dessiccation du bois, 264. — Élimination des éléments de la sève, 265. — Drainage aérien, 266. — Modification chimique des éléments de la sève, 266. — Minéralisation du bois, 269. — Méthode de Boucherie, 270.

Tabac, 270. — Généralités, 270. — Composition chimique des feuilles de tabac, 271. — Fabrication du tabac, 272. — Tabac à fumer, 273. — Tabac à priser, 275.

Huiles essentielles et résines, 275. — Préparation des essences, 276, par distillation, 276 (récipient florentin), par expression, 276, par extraction à l'aide des huiles grasses, 276. — Parfumerie, 276, eaux odorantes, 276, extraits d'odeur, 277, parfums chimiques, 277, pommades, 277. — Fabrication de liqueurs, 277. — Résines, 279. — Cire à cacheter, 279. — Asphalte, 280. — Caoutchouc, 281. — Dissolvants du caoutchouc, 282. — Usages du caoutchouc, 282. — Vulcanisation du caoutchouc, 282. — Caoutchouc durci, 284. — Production et consommation du caoutchouc, 284. — Gutta-percha, 285. — Dissolvants de la gutta-percha, 286. — Application de la gutta-percha, 286. — Mélange de caoutchouc et de gutta-percha, 287.

Vernis, 288. — Vernis à l'huile, 288 (verniss à l'huile de lin, 288, vernis des tapisseries, 289, encre d'imprimerie, 289, vernis gras, 290). — Vernis à l'alcool, 290. — Vernis à l'essence de térébenthine, 291. — Polissage du vernis sec, 292. — Régénération des peintures à l'huile, 292.

Mastics, 293. — Généralités, 293. — Mastics de chaux, 293 (mastics de caséine, 293, mastics de la porcelaine et du verre, 293). — Mastics à l'huile, 294 (mastic des vitriers, 294, mastic de glycérine, 294). — Mastics résineux, 294 (glu marine, 295, zéiodélite, 296, diatite, 296). — Mastics de fer, 296. — Mastics d'amidon, 296.

CHAPITRE V

DES MATIÈRES ANIMALES ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

(Pages 298 à 422.)

Industrie de la laine, 298. — Origine et propriétés de la laine, 298. — Composition chimique de la laine, 300. — Propriétés industrielles de la laine, 301. — Lavage, tonte et triage de la laine, 303. — Filature de la laine à cardes, 304. — Laine artificielle, 307. — Draperie, 307 (lavage et foulage du drap brut, 308, lainage et tonte du drap, 309, apprêtage du drap, 309). — Tissus de laine analogues au drap, 310. — Travail de la laine à peigne, 311. — Tissus de laine ras, 312.

Industrie de la soie, 313. — Généralités, 313. — Sériciculture, 314. — Composition chimique de la soie, 316. — Préparation de la soie, 317 (triage des cocons, 317, tirage de la soie, 317, moulinage de la soie, 318, tirage et conditionnement de la soie, 319, décreusage de la soie, 319). — Tissage de la soie, 320. — Étoffes de soie, 321. — Distinction de la soie de la laine et des fibres textiles végétales, 322.

Tannage des peaux, 324. — Généralités, 324. — Anatomie de la peau animale, 325. — I. *Tannage au tan*, 327. — Matières tannantes, 327. — Essai des matières tannantes, 332. — Des peaux, 333. — Opérations du tannage, 334. — Nettoyage de la peau, 334 (ramollissage de la peau, 334, nettoyage du côté de la chair, 335, nettoyage du côté du poil, 335, gonflement des peaux épilées, 338). — Tannage du cuiret gonflé, 338 (tannage en fosses, 339, tannage à la jusée, 340). — Tannage rapide, 340. — Corroyage des peaux tannées, 342 (cuir à semelles, 343, cuir à œuvre, 343). — Dollage, 343, quiossage, 343, rebroussage, 344, ponçage, 344, étirage, 345, graissage, 345. — Cuir de Russie, 346. — Maroquin, 347. — Corduan, 348. — Cuir verni, 348. — II. *Mégisserie*, 350. — Mégisserie commune, 350. — Hongroyage, 352. — Cuir pour gants, 353. — Cuir de Knapp, 354. — III. *Chamoiserie*, 356. — Fabrication du cuir chamoisé, 356. — Parchemin, 358. — Chagrin, 359.

Fabrication de la colle, 360. — Généralités, 360. — Colle de peau, 361 (chaulage des colle-matières, 361, cuisson des colle-matières, 362, moulage de la gelée, 364, dessiccation de la colle, 365). — Colle d'os, 366. — Colle liquide, 367. — Essai de la colle, 368 (d'après Graeger, 368, Risler-Beunat, 368, Schattenmann, 368, Lipowitz, 368, Weidenbusch, 370). — Colle de poisson, 371. — Succédanés (colle-gluten, 372, colle végétale, 372, colle-caséine, 372). — Colle élastique, 373.

Fabrication du phosphore, 373. — Généralités, 373. — Préparation du phosphore, 374 : calcination des os, 375, décomposition de la cendre d'os par l'acide sulfurique, 376, distillation du phosphore, 377, épuration du phosphore, 379, moulage du phosphore, 381). — Autres méthodes de fabrication du phosphore, 383, d'après Donovan, 383, Carl-Montrau, 383, Fleck, 384, Gentile, 385, Gerland, 385, Minary et Soddy, 385. — Propriétés du phosphore, 385. — Phosphore rouge ou amorphe, 386.

Fabrication des allumettes, 388. — Historique et généralités, 388 : Briquet à hydrogène, 389, briquets chimiques, 389, briquets phosphoriques, 390. — Fabrication des allumettes phosphoriques, 392 : 1. Débitage du bois en tiges, 392 ; 2. Préparation de la pâte inflammable, 395 ; 3. Chimicage et séchage des allumettes, 396. — Allumettes anti-phosphoriques, 398, avec phosphore amorphe, 398, sans phosphore, 399. — Allumettes-bougies, 400.

Charbon d'os ou noir animal, 400. — Préparation du noir animal, 400. — Propriétés du noir animal, 402. — Essai du noir animal, 402. — Révivification du noir animal, 403. — Succédané du noir animal, 403.

Lait, beurre, fromage, 403. — Lait, 403. — Petit-lait, 405. — Moyens pour empêcher le lait d'aigrir, 405. — Essai du lait, 406. — Usages du lait, 407. — Beurre, 407. — Composition chimique du beurre, 409. — Fromage, 409. — Composition chimique des différents fromages, 410.

Préparation et conservation de la viande, 412. — Généralités, 412. — Éléments de la viande, 412. — Préparation de la viande, 413. — Coction de la viande et préparation du bouillon, 415; tablettes de bouillon, 415; extrait de viande, 415; rôtissage de la viande, 416. — Conservation de la viande, 416. — Méthode d'Appert, 417. — Dessiccation de la viande, 417 : biscuit de viande, 418, pain d'extrait de viande, 418, saucisses aux pois, 419. — Salage de la viande, 419. — Procédé de Cirio, 420. — Conservation par le vinaigre, 420, par l'acide sulfureux, 421, par la glace et la congélation, 421; viande gelée d'Australie, 422.

CHAPITRE VI

TEINTURE ET IMPRESSION DES TISSUS.

(Pages 423 à 487.)

Matières colorantes, 423. — Généralités, 423.

A. Matières colorantes dérivées du goudron de houille, 425. — Goudron de houille, 425. — Benzol (benzine), 426. — Propriétés et préparation de la benzine, 426 (appareil de Mansfield, 426, appareil perfectionné, 427, appareil de Coupier, 428). — Extraction du benzol du gaz de houille, 429. — Nitrobenzol, 429. — Aniline brute, 430, sa préparation d'après Béchamp, 431. — Composition de l'aniline brute, 433. — Production de l'aniline, 433. — I. Couleurs d'aniline, 433. — Rouge d'aniline ou fuchsine, 433. — Violet d'aniline, 435. — Mauvéine, 435. — Violet à l'iode, 436. — Safranine, 436. — Bleu d'aniline, 436. — Bleu de toluidine, 437. — Bleuine, 437. — Bleu de naphtyle, 437. — Vert d'aniline, 438. — Vert à l'aldéhyde, 438. — Vert à l'iode, 438. — Jaune d'aniline et orange d'aniline, 439. — Chrysaniline, 439. — Noir d'aniline, 439. — Noir de Lucas, 439. — Brun d'aniline, 439. — Brun Bismark, 440. — II. Couleurs d'acide phénique, 440. — Acide phénique, 430. — Acide picrique, 440. — Acide trinitrocresylique, 441. — Orange Victoria ou jaune anglais, 441. — Phénicienne (brun de phényle), 441. — Grenat soluble ou brun-grenat, 441. — Coralline ou péonine, 441. — Acide rosolique, 442. — Azuline (bleu de phényle), 442. — Érythrobenzine, 442. — III. Couleurs de naphtaline, 442. — Naphtaline, 442. — Acide benzoïque, 442. — Acide naphtoiq, 443. — Jaune de Martius, (jaune de Manchester, jaune de naphtaline), 443. — Rouge de Magdala (rouge de naphtaline), 444. — Bleu et violet de naphtaline, 445. — IV. Couleurs d'anthracène, 445. — Anthracène, 445. — Préparation de l'alizarine artificielle (rouge d'anthracène), 445. — V. Couleurs de cinchonine, 447. — Cyanine ou bleu de lépidine, 447.

B. Matières colorantes dérivées des animaux et des végétaux, 447. — Matières colorantes rouges, 447. — Garance, 447; laque de garance et fleur de garance, 448, azalée, 449, pincoffine, 449, garancine et garanceux, 449, colorine, 449, préparations de E. Kopp, 449. — Bois rouge ou bois de Brésil, 450. — Bois de santal, 450. — Carthame, 451. — Cochenille, 451. — Lac-dye, 452. — Orseille et persio, 452. — Matières colorantes bleues, 453 : — Indigo, 453; propriétés de l'indigo, 454; essai de l'indigo, 455; indigotine, 457; carmin d'indigo, 457. — Bois de campêche, 457. — Tourne-sol, 457. — Matières colorantes jaunes, 458. — Bois jaune, 458. — Fustet, 458. — Rocou, 458. — Graines jaunes, 459. — Curcuma et gaude, 459. — Quercitron, 459. — Couleurs brunes, vertes et noires, 460. — Encre, 460.

Blanchiment, 460. — Théorie du blanchiment, 461. — Blanchiment du coton, 462. — Blanchiment de la soie, 464. — Blanchiment de la laine, 464.

Teinture des fils et des tissus, 465. — Généralités, 465. — Mordants, 466. — Teinture sur laine, 467 (teinture en bleu, 467; bleu d'indigo, 467; cuve de pastel, 468, cuve à la potasse, 469, cuve à la couperose, 469, cuve à l'urine, 470, cuve à l'orpiment, 470, cuve à l'étain, 470; bleu de Saxe, 470; révivification de l'indigo, 470; teinture au bleu de Berlin, 470; teinture en bleu avec le bois de campêche et le sulfate de cuivre, 471; teinture en jaune, 471; teinture en rouge, 472; teinture en vert, 472; teinture en noir, 472). — Teinture de la soie, 473. — Teinture du coton, 475; teinture en rouge turc, 476. — Teinture des tissus de lin, 477.

Impression des tissus, 477. — Généralités, 477. — Mordants, 478. — Épaississants, 478. — Réservages, 479. — Rongeants, 479; acides, 480, agents oxydants, 480, agents réducteurs, 480). — Impression du coton ou fabrication des indiennes, 481; impression genre teinture, 481; impression genre application, 482; impression avec rongeurs ou enlevages, 483. — Impression avec les couleurs d'aniline, 484. — Apprêt des tissus imprimés, 486. — Impression de la toile et de la laine, 486; genre golgas, 486, genre béryl, 486. — Impression de la soie, 486; mandarinage, 487, genre bandanas, 487.

CHAPITRE VII

MATIÈRES ET APPAREILS EMPLOYÉS POUR L'ÉCLAIRAGE.

(Pages 488 à 620.)

De l'éclairage en général, 488. — De la flamme, 489. — Des différents modes d'éclairage, 492.

Éclairage à l'aide des bougies et des chandelles, 493. — 1. Bougies stéariques, 493. — A. Préparation des acides gras par saponification calcaire, 494, par saponification avec la baryte, 495, par saponification avec l'aluminate de sodium, 497; — saponification sous pression, 497; — saponification par l'acide sulfurique, 498; — saponification par l'eau et sous pression, 503, — saponification par la vapeur d'eau surchauffée, 504. — B. Préparation des bougies, 505. — Mèche, 505. — Moulage des bougies, 502. — 2. Chandelles, 509; chandelles à la baguette, 509; chandelles moulées, 510. — 3. Bougies de paraffine et de belmontine, 510. — Bougies d'acide sébacique, 512. — 4. Bougies de cire, 512; — Cire des abeilles, 512; blanchiment de la cire, 513; propriétés chimiques de la cire, 514. — Cire de Chine, 514, — cire des Andaqués, 514, — cire du Japon, 514, — cire de Carnauba, 514, — cire de palmier, 514, — cire de myrica, 514. — Préparation des bougies de cire, 515; cierges d'église, 516; bougies filées, 516. — Bougies de blanc de balcine, 517.

Glycérine, 518. — Préparation de la glycérine, 518. — Propriétés et usages de la glycérine, 519. — Nitroglycérine, 521.

Éclairage à l'aide des lampes, 521. — Substances liquides employées pour l'éclairage, 521. — Épuration de l'huile, 521. — Des lampes en général, 521. — Classification des lampes, 525; — 1. Lampes à aspiration, 526; — 2. Lampes à pression, 530 (lampes aérostatiques, 530, lampes hydrostatiques, 531, lampes statiques, 531, lampes mécaniques, 521, lampe Carcel, 532, lampe à modérateur, 533). — 3. Lampes à huile solaire et à pétrole, 553.

Éclairage au gaz, 537. — Historique et généralités, 537. — A. *Gaz de houille*, 539. — De la houille, 539. — Produits de la distillation sèche de la houille, 542. — Préparation du gaz brut: — (cornues, 542; fermeture des cornues, 542; fours, 544; chargement des cornues et distillation de la houille, 544; — barillet, 546). — Condensation des pro-

duits volatils de la distillation, 546 : — (condensateurs, 547 ; laveur, 549 ; extracteur, 550). — Épuration du gaz d'éclairage, 551 : — (par la chaux, 551, par les acides et les sels métalliques, 552, par le mélange de Laming, 552). — Gazomètre, 553. — Statique de la préparation du gaz, 556. — Distribution du gaz, 558. — Soupape hydraulique, 559. — Régulateur de la pression du gaz, 559. — Essai du gaz d'éclairage, 560 : — (Méthode gazométrique, 562, détermination du poids spécifique, 563, essai photométrique, 563, appareil d'Erdemann, 564). — Compteurs, 564. — Brûleurs ou becs, 566. — Produits secondaires de la fabrication du gaz de houille, 567 : — Coke, 568, eau ammoniacale, 568, goudron de houille, 568, brai ou asphalte, 571, chaux épuisée, 571, soufre du mélange de Laming, 571. — Composition du gaz de houille, 572. — B. *Gaz au bois*, 572. — Historique et généralités, 572. — Fabrication du gaz au bois, 574. — Brûleurs pour le gaz au bois, 574. — C. *Gaz de tourbe*, 576. — Produits de la distillation de la tourbe, 576. — Production et composition du gaz de tourbe, 576. — D. *Gaz à l'eau*, 577. — Fabrication du gaz à l'eau, 577. — Gaz-platine de Gillard, 578. — Gaz à l'eau carburé, 578 : — Procédé de White, 580, gaz mixte de Leprince, 581, procédé d'Isoard, 581, méthode de Baldamus et Grüne, 581, procédé de Kirkham, 581, gaz d'air, 582. — E. *Gaz extrait des corps gras*, 583. — Produits de la distillation des huiles grasses, 583. — Préparation du gaz d'huile, 583. — Gaz de suint, 583. — F. *Gaz d'huile de schiste et de pétrole*, 584. — Appareil de Hirzel, 585 ; gaz de créosote, 587. — G. *Gaz de résine*, 587.

Autres modes d'éclairage, 588. — Lumière de Drummond, 588. — Lumière de Tessié du Motay, 589. — Éclairage au magnésium, 589. — Lumière de Chatham, 590. — Éclairage électrique, 590 : — Régulateur de la lumière électrique, 592. — Pouvoir éclairant des matières éclairantes, 594.

Industrie de la paraffine et des huiles minérales, 594. — *Paraffine*, 594. — Extraction de la paraffine du pétrole, de l'ozokérite, du nœst-gil et du bitume, 595. — Préparation de la paraffine par distillation sèche, 597. — Préparation du goudron, 597 ; traitement du goudron, 602 ; procédé de Hübner, 607. — Rendement en paraffine, 608. — Propriétés de la paraffine, 610. — *Fabrication des huiles minérales*, 611.

Pétrole, 615. — Généralités et état naturel, 615. — Formation du pétrole, 616. — Purification du pétrole brut, 617. — Constitution chimique des pétroles, 618. — Applications industrielles du pétrole, 619.

CHAPITRE VIII

DES COMBUSTIBLES ET DES APPAREILS DE CHAUFFAGE.

(Pages 621 à 703.)

Des combustibles en général, 621. — Combustibilité, 621. — Inflammabilité, 622. — Effet calorifique, 622. — Détermination de l'effet calorifique absolu, 622 ; — d'après Karmarsch, 623, d'après Berthier, 623, par l'analyse élémentaire, 625, d'après A. Stromeyer, 625. — Effet calorifique spécifique, 625. — Effet calorifique pyrométrique, 626. — Équivalent mécanique de la chaleur, 627.

Bois et charbon de bois, 627. — *Bois*, 627. — Du bois en général, 627. — Éléments du bois, 628. — Valeur calorifique du bois, 629. — *Charbon de bois*, 630. — Carbonisation en meules, 631. — Carbonisation en tas, 635. — Carbonisation en fours, 636. — Carbonisation avec production simultanée de goudron, 638. — Propriétés du charbon de bois, 640. — Combustibilité et valeur calorifique du bois, 642. — Charbon roux, 642. — Bois roux, 643.

Tourbe et charbon de tourbe, 643. — Formation et composition de la tourbe, 643. — Déshydratation de la tourbe, 645. — Tourbe pressée, 648. — Valeur calorifique de la tourbe, 648. — Nouvelle application de la tourbe, 649. — Charbon de tourbe, 649.

Lignite, 650. — Formation du lignite, 650. — Terre alumineuse, 651. — Différentes sortes de lignites, 651. — Composition des lignites, 651. — Usage du lignite, 652.

Houille, 652. — Généralités et mode de formation des dépôts de houille, 652. — Eléments accessoires des houilles, 654. — Classification des houilles, 654. — Houilles grasses, 655. — Houilles maigres, 655. — Houilles demi-grasses, 656. — Anthracite, 657. — Effet calorifique et pouvoir évaporatoire des houilles, 657. — Charbon de boghead, 659. — Houille feuilletée, 655. — Wcmys-coal, 659.

Coke, 659. — Généralités, 659. — Lavage des houilles, 660. — Carbonisation en meules, 660. — Carbonisation en fours, 661 (fours à coke fermés, 662, carbonisation des menus de houille, 662; fours Appolt, 665, fours de Marsilly, 667, de Jones, 667, fours de Fromont et de Gendebien, 667, de Pauwells et Dubochet, 667, de Knab, 668). — Propriétés et valeur calorifique du coke, 669. — Composition du coke, 670.

Combustibles artificiels, 670. — Péras, 670. — Charbon patenté de Wylam et Warlich, 670. — Charbon de Paris, 671. — Briquettes, 671.

Combustibles liquides, 671. — Emploi du pétrole comme combustible, 671; son pouvoir évaporatoire, 672.

Combustibles gazeux, 672. — Gaz des hauts-fourneaux, 672. — Gaz de générateurs, 673. — Régénérateur de Siemens avec chauffage au gaz, 673. — Gaz de chauffage, 673.

Appareils de chauffage, 674. — Généralités, 674.

I. *Chauffage des habitations*, 676. — Chauffage direct, 676. — Chauffage à l'aide des cheminées, 676, des cheminées-poêles, 677, des poêles, 677. — Chauffage par l'air, 683, calorifères, 686; chauffage par des canaux, 687. — Chauffage par l'eau bouillante, 687. — Chauffage à la vapeur, 689; chauffage à l'eau et chauffage à la vapeur combinés, 690. — Chauffage au gaz, 690. — Chauffage sans l'emploi des combustibles ordinaires, 691.

II. *Chauffage des chaudières; fumivorité*, 692. — Généralités, 692. — Élimination de la fumée par lavage des produits de la combustion, 694, par l'emploi de grilles perfectionnées, 695 (grille à gradins, 695, grille à étages, 696, grille mobile, 696, grille à chaînette, 696, grille rotative, 697), par alimentation perfectionnée de la grille, 697 (dispositif de Stanley, 697, foyers à flamme renversée, 698, grille à secousses de Vogl, 699), par chargements méthodiques, 699, par injection d'air, 701. — Résumé, 702.

FIN DE LA TABLE DU TOME SECOND.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES

(Les chiffres romains indiquent le volume, les chiffres arabes la page.)

A

- | | |
|--|---|
| <p>Acétate d'aluminium, I, 481.</p> <p>— de cuivre, I, 95.</p> <p>— de plomb, I, 104.</p> <p>Acétimétrie, II, 254.</p> <p>Acide antimonique, I, 137.</p> <p>— arsénieux, I, 139.</p> <p>— arsénique, I, 140.</p> <p>— azotique, I, 244.</p> <p>— — fumant, I, 251.</p> <p>— benzoïque, II, 442.</p> <p>— borique, I, 451.</p> <p>— butyrique, II, 409.</p> <p>— caprique, II, 409.</p> <p>— capronique, II, 409.</p> <p>— caprylique, II, 409.</p> <p>— carbonique, II, 440.</p> <p>— carminique, II, 451.</p> <p>— chlorhydrique, I, 374.</p> <p>— euxanthique, II, 459.</p> <p>— gras, II, 493.</p> <p>— hyposulfureux, I, 352.</p> <p>— isopurpurique, II, 441.</p> <p>— lactique, II, 404.</p> <p>— naphthoïque, II, 443.</p> <p>— palmitique, II, 494.</p> <p>— phénique, II, 440.</p> <p>— phtalique, II, 442.</p> <p>— picrique, II, 440.</p> <p>— rosolique, II, 442.</p> <p>— sébacique, II, 512.</p> <p>— sulfindigotique, II, 457.</p> <p>— sulfureux, I, 352.</p> <p>— sulfurique, I, 356.</p> <p>— — anglais, I, 353.</p> | <p>Acide sulfurique fumant, I, 356.</p> <p>— stéarique, II, 493.</p> <p>— tannique, II, 357.</p> <p>— tartrique, II, 140.</p> <p>— trinitrocrésylique, II, 441.</p> <p>— trinitrophénique, II, 440.</p> <p>Acier, I, 35.</p> <p>— (industrie de l'), I, 47.</p> <p>— (production de l'), I, 47.</p> <p>— d'affinage, I, 37.</p> <p>— de Bessemer, I, 37.</p> <p>— boursoufflé, I, 41.</p> <p>— brut, I, 37.</p> <p>— de carburation, I, 40.</p> <p>— de cémentation, I, 40.</p> <p>— de Chenot, I, 36.</p> <p>— corroyé, I, 42.</p> <p>— damassé, I, 46.</p> <p>— fondu, I, 42.</p> <p>— de Glisenti, I, 43.</p> <p>— de Heaton, I, 40.</p> <p>— de Krupp, I, 42.</p> <p>— à loupe, I, 36.</p> <p>— de Martin, I, 40.</p> <p>— poule, I, 41.</p> <p>— puddlé, I, 37.</p> <p>— de tungstène, I, 45.</p> <p>— de Tunner, I, 40.</p> <p>— d'Uchatius, I, 39.</p> <p>Acierage, I, 197.</p> <p>Affinage au charbon de bois, I, 2.</p> <p>— suédois, I, 26.</p> <p>— de l'argent, I, 161.</p> <p>— de l'or, I, 174.</p> <p>Alambic de Salleron, II, 131.</p> <p>Albâtre, I, 640.</p> <p>Alcalimétrie, I, 397.</p> |
|--|---|

- Alcalis, I, 200, 300.
 Alcarrazas, I, 593.
 Alcool, II, 195.
 — caprylique, II, 512.
 — méthylique, II, 261.
 Alcoométrie, II, 226.
 Aldéhyde, II, 244.
 Alfénide, I, 87.
 Alizarine, II, 448.
 — artificielle, II, 445.
 Alliages, I, 5.
 — d'argent, I, 146.
 — de bismuth, I, 125.
 — de cuivre, I, 82.
 — d'or, I, 177.
 — de platine, I, 153.
 — de plomb, I, 102.
 Allumettes, II, 388.
 — antiphosphoriques, II, 398.
 — de sûreté, II, 398.
 Alpaka, I, 87.
 Alquifoux, I, 97, 571, 594.
 Aluminate de sodium, I, 479.
 Aluminium, I, 186.
 Alun, I, 466.
 — d'ammonium, I, 476.
 — de bauxite, I, 475.
 — concentré, I, 477.
 — cubique, I, 477.
 — de chrome, I, 116.
 — de cryolithe, I, 472.
 — insoluble, I, 477.
 — neutre, I, 477.
 — de plume, I, 466.
 — de potassium, I, 475.
 — de sodium, I, 476.
 Alunite, I, 467.
 Amalgamation, I, 155.
 — américaine, I, 158.
 — européenne, I, 155.
 — par le sodium, I, 172.
 Amalgame, I, 146.
 — de cuivre, I, 95.
 Amidon, II, 46.
 — de froment, II, 52.
 — de manioc, II, 57.
 — du marron d'Inde, II, 57.
 — de riz, II, 57.
 Ammoniaque, I, 403.
 — des betteraves, I, 411.
 — des eaux du gaz, I, 411.
 — des gaz de gueulard, I, 16, 410.
 — des os, I, 419.
 — de l'urine, I, 417.
 — des soffioni, I, 408.
 Anémomètre, I, 360.
 Anhydrite, I, 640.
 Aniline, II, 430.
 — brute, II, 430.
 — fulminante, I, 271.
 Annaline, I, 647 ; II, 22.
 Anthracène, II, 445.
 Anthracite, II, 657.
 Antrachinone, II, 446.
 Antichlore, II, 29.
 Antimoine, I, 134.
 — sulfuré, I, 135.
 Appareils de chauffage, II, 674.
 — distillatoires, II, 208.
 Aéromètres, II, 226.
 Argent, I, 154.
 — (essai de l'), I, 168.
 — (extraction de l'), I, 155.
 — (production de l'), I, 164.
 — de Chine, I, 86.
 — du Pérou, I, 87.
 Argentan, I, 86.
 Argenture, I, 169, 195, 578.
 Argile, I, 555.
 — à briques, I, 560.
 — limoneuse, I, 560.
 Arrow-root, II, 57.
 Arséniate de sodium, I, 140.
 Arsenic, I, 138.
 Arsenillo, I, 70.
 Asphalte, II, 280.
 — artificiel, II, 571.
 Astralite, I, 548.
 Avélanèdes, II, 360.
 Aventurine, I, 548.
 — de chrome, I, 549.
 Azalée, II, 449.
 Azaléine, II, 433.
 Azotate d'ammonium, I, 426.
 — d'argent, I, 170.
 — de calcium, I, 233.
 — de potassium, I, 229.
 — de sodium, I, 242.
 Azuline, II, 436.
 Azurine, II, 436.
 Azurite, I, 69.

B

- Babeurre, II, 408.
 Bablah, II, 359.
 Bain de bouse, II, 482.
 Bandanas, II, 487.
 Barattes, II, 407.
 Barille, I, 302.

- Barille de cuivre, I, 69.
 Baryte, II, 22.
 Baume de soufre, I, 350.
 Bauxite, I, 332, 475.
 Becs à gaz, II, 566.
 Becs de lave, II, 566.
 Belmontine, II, 510, 595.
 Benzine, II, 426.
 Benzol, II, 426.
 Betterave à sucre, II, 73.
 Beurre, II, 407.
 — de Galam, I, 428.
 Bicarbonate de sodium, I, 335.
 Bichlorure d'étain, I, 122.
 — de mercure, I, 147.
 Bière (essai de la), II, 188.
 — (préparation de la), II, 155.
 Biscuit de porcelaine, I, 569.
 — de viande, II, 418.
 Bismuth, I, 123.
 Bisulfate de sodium, I, 379.
 Blackband, I, 8.
 Blanc de baleine, II, 517.
 — de fard, I, 125.
 — de plomb, I, 105.
 — de zinc, I, 131.
 Blanchiment, II, 460.
 — du coton, II, 462.
 — des épingles, I, 120.
 — de la laine, II, 461.
 — de la soie, II, 464.
 Blanquette, I, 302.
 Blende, I, 125.
 Bleu d'aniline, II, 436.
 — de Berlin, I, 54 ; II, 470.
 — de Brème, I, 90.
 — de cobalt, I, 60.
 — de France, I, 58.
 — à l'huile, I, 93.
 — de Leithener, I, 60.
 — de lépidine, II, 447.
 — lumière, II, 438.
 — de Lyon, II, 437.
 — minéral, I, 93.
 — de montagne, I, 93.
 — de Mulhouse, II, 437.
 — de naphtyle, II, 445.
 — de nuit, II, 438.
 — de Paris, I, 54 ; II, 437.
 — de Parme, II, 438.
 — de phényle, II, 442.
 — à poudrer, I, 59.
 — Raymond, I, 58.
 — soluble, II, 437.
 — Thénard, I, 60.
 Bleu de toluidine, II, 437.
 — de Turnbull, I, 56.
 Bleuine, II, 437.
 Bois, II, 627.
 — bleu, II, 457.
 — de Brésil, II, 458.
 — de campêche, II, 457.
 — jaune, II, 458.
 — roux, II, 643.
 — de santal, II, 450.
 Boracite, I, 290, 451.
 Borate de calcium, I, 462.
 — de sodium, I, 457.
 Borax, I, 457.
 Boronatrocalcite, I, 451, 462.
 Boue superficielle, II, 174, 195.
 Bougies, II, 493.
 — d'Apollon, II, 493.
 — de blanc de baleine, II, 517.
 — de cire, II, 512.
 — filées, II, 516.
 — de mélanyle, II, 493.
 — de paraffine, II, 510.
 — stéariques, II, 493.
 Bouillon de viande, II, 413, 415.
 Bournonite, I, 70.
 Boussingaultite, I, 408.
 Brai, II, 571.
 Brassage, II, 167.
 — à la vapeur, II, 185.
 Briques, I, 595.
 — calcaires, I, 597.
 — creuses, I, 610.
 — de Dina, I, 614.
 — hollandaises, I, 609.
 — légères, I, 612.
 — pressées, I, 603.
 — réfractaires, I, 613.
 Briquet, II, 389.
 — chimiques, II, 389.
 — à hydrogène, II, 389.
 — à la Congrève, II, 390.
 Briquettes, II, 671.
 Britannia (métal), I, 119.
 Brome, I, 340.
 Brongniartine, I, 288.
 Bronze, I, 82.
 — d'aluminium, I, 188.
 — de cobalt, I, 62.
 — d'or, I, 179.
 — statuaire, I, 83.
 Brûleurs, II, 566.
 Brun d'aniline, II, 439.
 — Bismark, II, 440.
 — bistre, II, 460.

- Brun grenat, II, 441.
 — havanne, II, 439.
 — de phényle, II, 441.
- C**
- Câbles de fils de fer, I, 34.
 Cachou, II, 361.
 Cadmium, I, 133.
 Calain, I, 102.
 Calamine, I, 125.
 Calcaire lithographique, I, 616.
 Calorifères, II, 686.
 Camphène, II, 592.
 Canadol, II, 619.
 Canne à sucre, II, 64.
 Caoutchouc, II, 281.
 — (production du), II, 284.
 — durci, II, 284.
 — vulcanisé, II, 282.
 Capsules, I, 149.
 Carbonate d'ammonium, I, 425.
 — de calcium, I, 616.
 — de plomb, I, 105.
 — de potassium, I, 200, 206.
 — de sodium, I, 306.
 Carbonisation du bois, II, 631.
 — en meules, II, 631, 650.
 Carburant du gaz, II, 580.
 Carmin, II, 452.
 — d'indigo, II, 457.
 — d'orseille, II, 453.
 Carnallite, I, 200, 290.
 Carrara, I, 581.
 Caséinate de calcium, II, 478.
 Carthame, II, 451.
 Carthamine, II, 451.
 Carton, II, 42.
 — à glacer, II, 43.
 Carton-pierre, II, 43.
 Cellulose, II, 1.
 Cément, I, 40.
 Cémentation (sépar. de l'or), I, 174.
 Cendre de bois, I, 209.
 — bleues, I, 93.
 — gravelées, II, 146.
 Céramique, I, 555.
 Céruse, I, 105.
 Céruse de Pattinson, I, 109.
 Chagrin, II, 359.
 Chambres de plomb, I, 359.
 Chamoiserie, II, 356.
 Champignons du bois, II, 263.
 — du vinaigre, II, 246.
- Chandelles, II, 509.
 Chanvre, II, 7.
 — d'ananas, II, 9.
 — du Bengale, II, 9.
 — de Bombay, II, 9.
 — de Callouï, II, 8.
 — des Indiens, II, 9.
 — de Manille, II, 9.
 Chaptalisage, II, 151.
 Charbon de boghead, II, 540, 659.
 — de bois, II, 630.
 — à gaz, II, 540.
 — d'os, II, 400.
 — roux, I, 254 ; II, 642.
 — de terre, II, 539, 652.
 — de tourbe, II, 619.
 — de varech, I, 222.
 — de vinasse, I, 218.
 Chaudières évaporatoires, II, 96.
 Chauffage, II, 621, 574.
 — par l'air, II, 683.
 — des chaudières, II, 692.
 — par l'eau bouillante, II, 687.
 — au gaz, II, 690.
 — des habitations, II, 676.
 — par les poêles, II, 677.
 — à la vapeur, II, 689.
 Chaux, I, 616.
 — (cuisson de la), I, 618.
 — carbonatée marneuse, I, 617.
 — du gaz, I, 57 ; II, 571.
 Cheminées, II, 676.
 Cheminées-poêles, II, 677.
 Chiffons, II, 20.
 — (succédanés des), II, 20.
 Chinagrass, II, 8.
 Chlorate de potassium, I, 395.
 Chlorures alcalins, I, 379.
 — d'ammonium, I, 421.
 — d'antimoine, I, 138.
 — de calcium, I, 290.
 — de chaux, I, 379.
 — de chaux (essai du), I, 392.
 — de chrome, I, 116.
 — d'étain, I, 122.
 — de magnésie, I, 395.
 — de platine et d'élaïle, I, 154.
 — de plomb, I, 109.
 — de potassium, I, 201.
 — de sodium, I, 284.
 — de soufre, I, 374.
 — de zinc, I, 132.
 Chlorométrie, I, 392.
 Chromate de baryum, I, 577.
 — de calcium, I, 112.

- Chromate de plomb, I, 114.
 — de potassium, I, 113.
 — de zinc, 132.
 Chronoscope, I, 267.
 Chrysaniline, II, 439.
 Ciments, I, 268.
 — anglais, I, 648.
 — métallique, I, 133.
 — de Paros, I, 648.
 — de Portland, I, 630.
 — romain, I, 630.
 Cinabre, I, 147.
 — d'antimoine, I, 138.
 Cire, I, 512.
 — des abeilles, II, 512.
 — des Andaquies, II, 515.
 — à cacheter, II, 279.
 — de Carnauba, II, 515.
 — de Chine, II, 515.
 — à dorer, I, 180.
 — de myrica, II, 515.
 — d'Ocuba, II, 515.
 — de palmier, II, 515.
 Cobalt, I, 58.
 Cocheuille, II, 541.
 Cœruleum, II, 61.
 Cognac, II, 206.
 Coke, II, 568, 659.
 Collage du papier, II, 35.
 Colle, II, 360.
 — (essai de la), II, 363.
 — (succédané de la), II, 373.
 — albuminoïde, II, 372.
 — d'amidon, II, 296.
 — élastique, II, 373.
 — gluten, II, 372.
 — liquide, II, 367.
 — d'os, II, 366.
 — de poisson, II, 371.
 — de peau, II, 361.
 Collodion, I, 282.
 Coloration des métaux, I, 197.
 Colorine, II, 449.
 Combustibles, II, 621.
 Composition grise, I, 270.
 — incendiaire, I, 271.
 Compteurs, II, 564.
 Concrete, I, 636.
 Condensateurs, II, 547.
 Conservation du bois, II, 261.
 — de la viande, II, 416.
 — du vin, II, 137.
 Coralline, II, 441.
 Corduan, II, 348.
 Cornish stone, I, 557.
 Coton, II, 10.
 — -poudre, I, 278.
 Couleurs d'aniline, II, 433.
 — d'anthracène, II, 445.
 — d'application, II, 482.
 — de bronze, I, 85.
 — de cuivre, I, 89.
 — de cinchonine, II, 447.
 — de cobalt, I, 58.
 — de garance, II, 449.
 — de goudron, II, 425.
 — à lavis, II, 425.
 — de moufle, I, 576.
 — de naphthaline, II, 442.
 — à pastel, II, 425.
 — de séve, II, 425.
 — vapeur, II, 478.
 Coupellation, I, 101, 168.
 Couperose bleue, I, 87.
 — blanche, I, 132.
 — verte, I, 48.
 Couverte, I, 570.
 Craie, I, 617.
 Crèmes, II, 278.
 Crème, II, 407.
 Créosote, II, 604.
 Creusets, I, 615.
 — de bauxite, I, 616.
 — de chaux, I, 616.
 — de ciment, I, 615.
 — de graphite, I, 615.
 — de magnésie, I, 616.
 — de spinelle, I, 616.
 — de verrerie, I, 498.
 Cristal, I, 534.
 Cristaux des chambres de plomb, I, 359.
 Crown-glass, I, 537.
 Cudbear, II, 453.
 Cuir, II, 354.
 — gras, II, 356.
 — de Russie, II, 346.
 — de Turquie, II, 347.
 — verni, II, 348.
 Cuivrage, I, 95.
 Cuivre, I, 69.
 — (alliages de), I, 82.
 — (production du), I, 81.
 — blanc, I, 86.
 — de ciment, I, 79.
 — gris, I, 70, 154.
 — pyriteux, I, 70.
 — rosette, I, 74.
 — sulfuré, I, 70.
 Curcuma, II, 459.
 Cuve à l'arsenic, II, 470.

Cuve à la couperose, II, 469.
 — à l'étain, II, 470.
 — d'indigo, II, 468.
 — à l'orpiment, II, 470.
 — au pastel, II, 468.
 — à la potasse, II, 469.
 — au sucre, II, 470.
 — à la soude, II, 469.
 — à l'urino, II, 470.
 — au vitriol, II, 469.
 — au zinc, II, 471.
 Cyanine, II, 447.
 Cyanure de baryum, II, 52.
 — métalliques, I, 15.
 — de potassium, I, 54.

D

Dahlia, II, 436.
 Déchaulage du jus sucré, II, 88.
 Décoloration du verre, I, 496.
 Décreusage de la soie, II, 319.
 Dégommage, II, 320.
 Dégras, II, 345, 357.
 Démêlage, II, 167.
 Dénaturation du sel, I, 297.
 Dénitrificateur, I, 361.
 Désargenterie du plomb, I, 161.
 Désinfection, I, 185.
 Dextrine, II, 59.
 Dextrose, II, 110.
 Dialyse, II, 80, 86.
 Diamant de bore, I, 465.
 Diastase, II, 166.
 Diatite, II, 296.
 Diffusion, II, 86.
 Dividivi, II, 359.
 Dolomie, I, 617.
 Dorure, I, 179, 194, 578.
 — brillante, I, 578.
 — au feu, I, 179.
 — de Meissen, I, 578.
 Drap, II, 307.
 — brut, II, 308.
 — en toile, II, 308.
 Drèche, II, 192.
 Droit de brûlerie, II, 234.
 Dualine, I, 278.
 Dynamite, I, 277.

E

Eau, II, 159.
 — ammoniacale, I, 411; II, 568.

Eau de Cologne, II, 277.
 — -forte, I, 244.
 — du gaz, I, 411; II, 568.
 — de Javel, I, 394.
 — de Labarraque, I, 394.
 — de la mer, I, 285.
 — de mille-fleurs, II, 277.
 — à souder, I, 133.
 — -de-vie, II, 195.
 — -de-vie de betterave, II, 201.
 — -de-vie de pomme de terre, II, 200.
 Ébullioscope, II, 132.
 Éclairage, II, 488.
 — au gaz, II, 537.
 Écorce de chêne, II, 357.
 Égyptian, I, 582.
 Electro-chimie, I, 191.
 Électrotypie, I, 198.
 Élimination de l'acide du vin, II, 154.
 — des essences de l'alcool, II, 224.
 Email, I, 546.
 Émeraaldine, II, 438.
 Empâtage, II, 167.
 Encre d'alizarine, II, 460.
 — à copier, II, 460.
 — d'imprimerie, II, 289.
 — à marquer, I, 179, II, 460.
 — noire, II, 460.
 — rouge, II, 450.
 Enlevages, II, 479.
 Éponge de platine, I, 152.
 Épurateur, II, 33.
 Épuration des huiles grasses, II, 521.
 Érythrobenzine, II, 442.
 Esprit de bois, II, 260.
 — minéral, II, 198.
 — -de-vin, II, 195.
 Essai hydrostatique, I, 168.
 Essayeur du gaz, II, 564.
 Essences, II, 275.
 — de mirbane, II, 430.
 — de poires, II, 277.
 — de pommes, II, 227.
 — d'Orient, I, 552.
 Étain, I, 116.
 — en feuilles, I, 119, 523.
 Étamage, I, 120, 197.
 Éther conanthique, II, 134.
 Exhausteur, II, 550.
 Explosives (préparations), I, 252.
 Extrait de lait, II, 407.
 — d'odeurs, II, 277.
 — de viande, II, 413.

F

Faïence, I, 596.
 Farine, II, 236.
 Fécule, II, 46.
 — de cassave, II, 58.
 — de pommes de terre, II, 48.
 Feldspath, I, 555.
 Fenian fire, II, 586.
 Fer, I, 7.
 — affiné, I, 24.
 — -blanc, I, 32, 120.
 — brut, I, 9.
 — chromé, I, 111.
 — ductile, I, 24.
 — des houillères, I, 8.
 — magnétique, I, 7.
 — sulfuré, I, 348, 362.
 Fermentations, II, 115, 179.
 — acétique, II, 246.
 — alcoolique, II, 116.
 Ferricyanure de potassium, I, 53.
 Ferrocyanure de potassium, I, 50.
 Feux blancs, I, 140.
 — colorés, I, 272.
 — fénian, II, 386.
 Feuilles d'étain, I, 119, 523.
 Fibre végétale, II, 1.
 — de noix de coco, II, 9.
 Fiel de verre, I, 503.
 Fil de coton, II, 13.
 — de fer, I, 32.
 • — de verre, I, 506.
 Filage du lin, II, 6.
 Filature du coton, II, 11.
 Filoselle, II, 318.
 Filtres, II, 92.
 Fine-metal, I, 25.
 Flacons de Bologne, I, 506.
 Flamme, II, 480.
 Flavin, II, 459.
 Fleurs de garance, II, 448.
 — de soufre, I, 347.
 Flintz, I, 8.
 Flowing-colours, I, 590.
 Flux, I, 4.
 — blanc, I, 242.
 — noir, I, 242.
 Fondants, I, 4.
 — de Baumé, I, 242.
 Fonte, I, 9.
 — (affinage de la), 24.
 — (moulage de la), 20.
 — (production de la), 20.

Fonte blanche, I, 17.
 — émaillée, I, 24.
 — grise, I, 18.
 — malléable, I, 23.
 — miroitante, I, 17.
 — truitée, I, 18.
 Formes à papier, II, 33.
 Four annulaire, I, 607.
 — à briques, I, 604.
 — à grès, I, 582.
 — à porcelaine, I, 573.
 — à chaux, I, 618.
 — à sole tournante, I, 303.
 — à soude, I, 307.
 — à verre, I, 500.
 — à verre avec régénérateurs, I, 503.
 Fourneau de Gerstenhöfer, I, 76, 363.
 — à loupes, I, 10.
 Foyers fumivores, II, 693.
 — à flamme renversée, II, 698.
 Franklinite, I, 8.
 Fromages, II, 407.
 Fuchsine, II, 433.
 Fulmi-coton, I, 278.
 Fulminate de mercure, I, 148.
 Fumivorité, II, 692.
 Fustet, II, 458.
 Fustic, II, 458.

G

Gahnite, I, 125.
 Galactoscope, II, 406.
 Galène, I, 96.
 Gallisage, II, 152.
 Gallons, II, 361.
 Galvanographie, I, 199.
 Galvanoplastie, I, 192.
 Garance, II, 447.
 Garanceux, II, 449.
 Garancine, II, 449.
 Gaude, II, 459.
 Gaz d'air, II, 582.
 — au bois, II, 572.
 — de chauffage, II, 673.
 — de créosote, II, 587.
 — à l'eau, II, 577.
 — d'éclairage, II, 537.
 — (essai du), II, 560.
 — de générateurs, I, 30; II, 673.
 — de gueulard, I, 30; II, 672.
 — de houille, II, 539.
 — d'huile, II, 583.
 — d'huile de schiste, II, 581.

Gaz oxy-hydrogène, II, 588.
 — de pétrole, II, 585.
 — platine, II, 578.
 — de résine, II, 587.
 — de suint, II, 583.
 — de tourbe, II, 576.
 Gazomètre, II, 535.
 Gélatine, II, 360.
 Générateurs, I, 30, 503.
 Genêt des teinturiers, II, 459.
 Glaces, I, 519.
 — argentées, I, 524.
 — platinées, I, 525.
 Glaçure, I, 569, 588, 594.
 — plombique, I, 594.
 Globe-oil, II, 619.
 Glonoïne, I, 273.
 Glu marine, II, 295.
 Glucose, II, 110.
 Gluten, II, 55.
 Glycérine, II, 518.
 Glyphographie, I, 198.
 Gobeleterie, I, 526.
 Golgas, II, 486.
 Gommeline, II, 59.
 Gomme élastique, II, 281.
 — plastique, II, 285.
 Goudron de bois, II, 631.
 — de houille, II, 425, 541, 568.
 Gousses de Chine, II, 459.
 Graduation, I, 293.
 Graines d'Avignon, II, 459.
 — jaunes, II, 459.
 Graisse, II, 494.
 Gravure sur acier, I, 48.
 — galvanique, I, 197.
 Grenat soluble, II, 441.
 Grès, I, 581.
 Grillage des minerais, I, 3.
 Grille à étages, II, 696.
 — à gradins, II, 695.
 Gueulard, I, 12.
 Gutta-percha, II, 285.
 Gypse, I, 639.

H

Halimétrie, II, 190.
 Haloxylène, I, 265.
 Harmaline, II, 435.
 Haut-fourneau, I, 11.
 Hématéine, II, 457.
 Hœmatinon, I, 548.
 Houblon, I, 157.

Houblon (conservation du, II, 158.
 — (essai du), II, 158.
 — (succédané du), II, 159.
 Houille, II, 539, 652.
 — demi-grasse, II, 656.
 — grasse, II, 655.
 — feuilletée, II, 659.
 — maigre, II, 655.
 — maréchale, II, 656.
 — sèche, II, 656.
 Huile d'aniline, II, 433.
 — de coco, I, 429.
 — de cognac, II, 146.
 — de colza, II, 521.
 — détonante, I, 273.
 — essentielles, II, 275.
 — éthérées, II, 275.
 — de goudron, II, 426, 570.
 — de graissage, II, 612.
 — grasses, II, 521.
 — de houblon, II, 157.
 — de marc, II, 146.
 — minérale, II, 523, 611.
 — de navette, II, 521.
 — odorantes, II, 224.
 — d'olives, I, 430.
 — de palme, I, 427.
 — de paraffine, II, 611.
 — pétrosolaire, II, 620.
 — de poisson, I, 431.
 — solaire, II, 611.
 — de vitriol, I, 356.

Hyalographie, I, 555.
 Hydrométallurgie, I, 79, 159.
 Hypochlorite d'aluminium, I, 395.
 — de baryum, I, 395.
 — de magnésium, I, 395.
 — de sodium, I, 394.
 — de zinc, I, 395.
 Hyposulfite d'aluminium, I, 482.
 — de sodium, I, 355.

I

Ichthyocolle, II, 371.
 Imbibition (extraction de l'or par), I, 172.
 Impôt sur la bière, II, 193.
 — sur l'alcool, II, 232.
 Impression du coton, II, 481.
 — de la laine, II, 486.
 — de la soie, II, 486.
 — des tissus, II, 423, 477.
 Indiennes, II, 481.
 Indigo, II, 453.

Indigo (essai de l'), II, 455.
 Inquartation, I, 174.
 Iode, I, 337.
 Iode (production de l'), I, 340.

J

Jaune d'aniline, II, 439.
 — brillant, I, 134.
 — de cobalt, I, 62.
 — de chrome, I, 114.
 — indien, II, 459.
 — de Manchester, II, 443.
 — de Martius, II, 443.
 — de morinda, II, 459.
 — de naphthaline, II, 443.
 — de Naples, I, 138.
 — de zinc, I, 132.
 Jute, II, 8.

K

Kainite, I, 206, 290.
 Kaolin, I, 559, 561.
 Kelp, I, 222, 302.
 Kermès, II, 452.
 Kérosine, II, 620.
 Kiésérite, I, 290.
 Kino, II, 362.
 Kryolithe, I, 332, 472.

L

Lack-dye, II, 452.
 Lactoprotéine, II, 405.
 Lactose, II, 404.
 Laine, II, 298.
 Laine d'alpaca, II, 300.
 — artificielle, II, 307.
 — à carder, II, 304.
 — de chiffons, II, 307.
 — à peigne, II, 304, 311.
 Lait, II, 403.
 Lait (essai du), II, 403.
 Laiton, I, 83.
 — rouge, I, 85.
 Laminoir, I, 31.
 Lampes, II, 521.
 — à aspiration, II, 525.
 — de bureau, II, 529.
 — carcel, II, 532.
 — à éponge, II, 526, 536.

Lampe horaire, II, 532.
 — à huile solaire, II, 535.
 — à ligroïne, II, 526, 536.
 — mécaniques, II, 531.
 — à modérateur, II, 533.
 — à pétrole, II, 535.
 — à pompe, II, 532.
 — à pression, II, 530.
 — à régulateur, II, 533.
 — à tringle, II, 529.
 — à vapeur, II, 535.

Lapis-lazuli, I, 482.

Lagues, II, 424.
 — de garance, II, 448.
 — à l'huile, II, 291.

Larnes bataviques, I, 506.

Laveur, II, 549.

Lehm, I, 560.

Léiocomme, II, 59.

Lenzine, II, 22.

Leucogène, II, 464.

Levain, II, 237.

Levûre, II, 117.
 — artificielle, II, 231.
 — pressée, II, 230.
 — sèche, II, 230.

Libidibi, II, 359.

Lie de vin, II, 144.

Lignite, II, 650.

Lin, II, 2.

Lin (essai du), II, 15.
 — cotonisé, II, 14.
 — de la Nouvelle-Zélande, II, 9.

Liqueurs, II, 277.

Liquide de Condé, I, 185.
 — de Grouvelle, I, 395.
 — de Ramsay, I, 395.
 — de Wilson, I, 395.

Litharge, I, 103.

Lithofracteur, I, 265.

Lithophanies, I, 579.

Lithoponies, I, 579.

Lixiviation par l'eau, I, 159.
 — par le sel marin, I, 159.

Lo-Kao, II, 460.

Loess, I, 560.

Lumière de Chatham, II, 590.
 — de chaux, II, 589.
 — de Drummond, II, 589.
 — électrique, II, 590.
 — de magnésie, II, 589.
 — de magnésium, II, 589.
 — sidérale, II, 589.
 — de Tessié du Motay, II, 589.
 — de zircone, II, 589.

Lustres, I, 590.
 — d'argent, I, 591.
 — de Burgos, I, 590.
 — de cuivre, I, 591.
 — d'or, I, 590.
 — de platine, I, 579, 590.
 — de plomb, I, 591.
 Lutéoline, II, 459.

M

Macération, II, 85.
 Machine centrifuge, II, 105.
 — à papier, II, 37.
 Maclurine, II, 458.
 Magenta, II, 433.
 Magnésium, I, 190.
 Majolique, I, 586.
 Malachite, I, 69.
 Malt, II, 160, 167.
 — touraillé, II, 164.
 Maltage, II, 160.
 Maltine, II, 166.
 Mandarinage, II, 487.
 Manganate de calcium, I, 387.
 Manganèse (préparations de), I, 181.
 Mannite fulminante, I, 271.
 Marbre, I, 616.
 Marc, II, 144.
 Marne, I, 560.
 — argileuse, I, 560.
 Maroquin, II, 347.
 Mascagnin, I, 408.
 Massicot, I, 103.
 Mastics, II, 293.
 — de caséine, II, 293, 411.
 — de chaux, II, 293.
 — de fer, I, 50.
 — de glycérine, II, 294.
 — à l'huile, II, 294.
 — métallique, 87.
 — résineux, II, 294.
 Matières colorantes, II, 423.
 — éclairantes, II, 488.
 — tannantes, II, 357.
 Mattes, I, 5.
 — brute, I, 72.
 — de nickel, I, 63.
 Mauve, II, 433.
 Mauvéine, II, 435.
 Mèche, II, 505.
 Mégisserie, II, 350.
 Mélange de Laming, II, 552.
 — des minerais, I, 4.

Mélasse, I, 216; II, 68, 107.
 Mercure, I, 141.
 — (production du), I, 142.
 — fulminant, I, 148.
 Métal d'Aich, I, 85.
 — de Bath, I, 85.
 — à boutons, I, 85.
 — des canons, I, 82.
 — des caractères, I, 135.
 — de Christoffe, I, 87.
 — pour clichés, I, 125.
 — des cloches, I, 82.
 — de Muntz, I, 85.
 — de Newton, I, 125.
 — du prince Robert,
 — de Rose, I, 125.
 — rouge, I, 85.
 — de Sterro, I, 85.
 — de Wood, I, 134.
 Métallochromie, I, 197.
 Métallurgie, I, 1.
 Méthode d'Appert, II, 417.
 — catalane, II, 24.
 Millefiori, I, 560.
 Mine de platine, I, 149.
 Minerais, I, 2.
 — d'alun, I, 467.
 — d'alluvion, I, 117.
 — d'argent, I, 154.
 — de bismuth, I, 123.
 — de cuivre, I, 69.
 — d'étain, I, 116.
 — de fer, I, 7.
 — d'or, I, 179.
 — de plomb, I, 96.
 Minéraux de Stassfurt, I, 290.
 — sulfurifères, I, 343.
 Minium, I, 103.
 — de fer, I, 50.
 — oxydé, I, 104; II, 396.
 Mixture d'Armstrong, I, 271.
 Mo, I, 301.
 Mohair, II, 300.
 Moiré métallique, I, 120.
 Monnaies de nickel, I, 69.
 Mordants, II, 466, 478.
 Mortiers, I, 625.
 — aérien, I, 625.
 — hydraulique, I, 627.
 Mosaïque de verre, I, 543.
 Moulage en argile, I, 23.
 — artistique, I, 23.
 — des briques, I, 599.
 — en coquille, I, 22.
 — en sable gras, I, 22.

Moulage en sable maigre, I, 21.
 Moules à bougies, II, 507.
 Moulin à pilons, II, 25.
 Mout, II, 123, 167.
 Murexide, II, 453.
 Mycoderma aceti, II, 252.

N

Naphtaline, II, 442.
 Naphte pour carburation, II, 570.
 Naphtylamine, II, 443.
 Naphtylamine-fuchsine, II, 445.
 Navassite, II, 374.
 Nefl-gil, II, 576.
 Nickel, I, 62.
 — cubique, I, 68.
 — (production du), I, 68.
 Nicotianine, II, 271.
 Nicotine, II, 271.
 Nitrate d'ammonium, I, 426.
 — de potassium, I, 229.
 — de sodium, I, 242.
 Nitrères, I, 23f.
 Nitromannite, I, 271.
 Nitrobenzine, II, 429.
 Nitrobenzol, II, 429.
 Nitroglycérine, I, 273 ; II, 521.
 Nitroleum, I, 273.
 Noir d'aniline, II, 439.
 — animal, II, 92, 400.
 — de chrome, II, 473.
 — de fer, I, 137.
 — d'indigo, II, 439.
 — de Lucas, II, 439.
 — de platine, I, 152.
 — de Sedan, II, 473.
 Noix de galle, II, 359.

O

Oenanthine, II, 133.
 Oenocyanine, II, 133.
 Or, I, 171.
 — (production de l'), I, 171.
 — (séparation de l'), I, 173.
 — (essai de l'), I, 173.
 — (extraction de l'), I, 172.
 — en chiffons, I, 179.
 — en feuilles, I, 179.
 — de Mannheim, I, 85.
 — (mise en couleur de l'), I, 173.
 — mussif, I, 121.

Orange de chrome, I, 115.
 — Victoria, II, 441.
 Oréide, I, 85.
 Orcéine, II, 452.
 Orcine, II, 452.
 Organsin, II, 318.
 Orge, II, 156.
 Orpiment, I, 140.
 Orscille, II, 452.
 Os, II, 375.
 Osmose, II, 80, 86.
 Outremer, I, 482.
 — au carbonate de sodium, I, 488.
 — au sel de Glauber, I, 485.
 — à la silice, I, 489.
 Oxalate d'aluminium, I, 482.
 Oxanthracène, II, 446.
 Oxychlorure de zinc, I, 133.
 Oxydation de l'argent, I, 170.
 Oxyde d'antimoine, I, 137.
 — de chrome, I, 115.
 Ozokérite, II, 596.

P

Pain, II, 235.
 — aéré, II, 242.
 — d'extrait de viande, II, 418.
 Packfong, I, 86.
 Palladium, I, 150.
 Palmitine, II, 494.
 Papier, II, 99.
 — de bois, II, 20.
 — de couleur, II, 44.
 — mâché, II, 43.
 — à la mécanique, II, 36.
 — -parchemin, II, 44.
 Paraffine, II, 594.
 Parchemin minéral, II, 358.
 — végétal, II, 44.
 Parfumerie, II, 276.
 Parfums chimiques, II, 277.
 Parian, I, 581.
 Patine, I, 83.
 Pattinsonnage, I, 162.
 Peau, II, 335, 363.
 — de chien de mer, II, 359.
 Peinture sur verre, I, 543.
 — sur porcelaine, I, 576.
 Péonine, II, 441.
 Péras, II, 670.
 Perchlorate de potassium, I, 397.
 Perlasse, I, 214.
 Perles, I, 551.

- Perles de verre, I, 551.
 Permanganate de potassium, I, 184.
 Peroxyde de manganèse, I, 181, 386, 496.
 — (essai du), I, 182.
 — (régénération du), I, 386.
 — de plomb, I, 104.
 Persio, II, 452.
 Pétiotisation, II, 153.
 Petit-lait, II, 405.
 Pétrisseurs mécaniques, II, 238.
 Pétrole, II, 585, 615, 671.
 Phénicienne, II, 441.
 Phénol, II, 440.
 Phoenix-oil, II, 619.
 Phosphore ordinaire, II, 373.
 — amorphe, II, 386.
 Photogène, II, 611.
 Physique, I, 122.
 Pierre d'alun, I, 467.
 — artificielles, II, 633.
 — d'azur, I, 482.
 — infernale, I, 170.
 — précieuses artificielles, I, 540.
 — de strass, I, 540.
 Pikaba, II, 9.
 Pikromérite, I, 204, 290.
 Pile à cylindre, II, 26.
 Pinchbeck, I, 85.
 Pincoffine, II, 449.
 Pink-colour, I, 589.
 — salt, I, 122.
 Pipes de terre, I, 590.
 Pitt-oil, II, 620.
 Plantes textiles, II, 7.
 Plagma, I, 173.
 Platine, I, 149.
 Plâtre (cuison du), I, 641.
 — (durcissement du), I, 648.
 — (moulage en), I, 646.
 — aluné, I, 648.
 Plomb, I, 96.
 — de chasse, I, 101.
 Poètes, II, 677.
 — mixtes, II, 681.
 — russes, II, 679.
 — suédois, II, 689.
 Polarimètres, II, 79.
 Polissage, I, 522.
 Polyhalite, I, 290.
 Pommades, II, 277.
 Pommes de terre, II, 48.
 Porcelaine, I, 563.
 — frittée, I, 579.
 — de Réaumur, I, 506.
 Potasse, I, 200.
 Potasse caustique, I, 228.
 — de la carnallite, I, 200.
 — de la cendre, I, 209.
 — de l'eau de la mer, I, 208.
 — du feldspath, I, 207.
 — minérale, I, 206.
 — du suint, I, 225.
 — des vinasses, I, 215.
 — de varech, I, 221.
 Potée d'étain, I, 119.
 Poteries, I, 555.
 — de Delft, I, 591.
 Poudre d'Augendre, I, 267.
 — de Callou, I, 265.
 — détonante, I, 242.
 — de Horsford, I, 242.
 — de Howard, I, 148.
 — de mine, I, 265.
 — au picrate, I, 265.
 — à tirer, I, 252.
 — (essai), I, 265.
 Pourpre d'aniline, II, 435.
 — de Cassius, I, 180.
 — française, II, 453.
 — d'orseille, II, 453.
 Pourriture du bois, II, 263.
 Pouzzolane, I, 629.
 Préparation mécanique, I, 2.
 Produits intermédiaires, I, 5.
 — métallurgiques, I, 5.
 Protochlorure d'étain, I, 121.
 Protoxyde de cobalt, I, 61.
 Prussiate jaune de potasse, I, 50.
 — rouge de potasse, I, 53.
 Puddlage, I, 27.
 Purrhée, II, 459.
 Pyrite de fer, I, 362.
 Pyrocarbonate de sodium, II, 300.
 Pyrogène, II, 612.
 Pyronone, I, 265.
 Pyrolusite, I, 181.
 Pyro-papier, I, 283.
 Pyroxyline, I, 278.

Q

Quémason, I, 464.
 Quercitrin, II, 459.
 Quercitrine, II, 459.
 Quercitron, II, 459.
 Quiossage, II, 343.
 Quiosse, II, 343.

R

Ramié, II, 8.
 Rassol, I, 285.
 Ratafias, II, 278.
 Réalgar, I, 240.
 Recuit de l'acier, I, 44.
 — de la fonte, I, 23.
 Refroidissement du moût, II, 177.
 Régénérateurs, I, 80, 503 ; II, 673.
 Régénération des peintures, II, 292.
 — du soufre, I, 326.
 Régules, I, 5.
 Réservages, II, 479.
 Résidus des distilleries, II, 228.
 — de la soude, I, 324.
 Résines, II, 279.
 Rocou, II, 458.
 Rhum, II, 205.
 Rongeurs, II, 479.
 Rosaniline, II, 433.
 Roséine, II, 433.
 Rouge d'aniline, II, 433.
 — d'anthracène, II, 444.
 — de chrome, I, 115.
 — de Magdala, II, 444.
 — de naphthaline, II, 444.
 — de Paris, I, 104.
 — turc, II, 476.
 Rouissage du lin, II, 2.
 Rubine, II, 434.
 Rusma, I, 141 ; II, 337.

S

Saccharate de baryum, II, 64.
 — de calcium, II, 64.
 Saccharimétrie, II, 76.
 Saffian, II, 347.
 Safranine, II, 436.
 Sagou, II, 58.
 Salage, II, 419.
 Salicorne, I, 302.
 Salin, I, 219.
 Salpêtre, I, 229.
 — (essai du), I, 240.
 — (formation), I, 230.
 — (raffinage du), I, 235.
 — du Chili, I, 242.
 — de conversion, I, 237.
 Santorin, I, 629.
 Saponification par l'alumine, II, 497.
 — par les alcalis, I, 433.

Saponification par la baryte, II, 497.
 — par la chaux, II, 494.
 — par l'eau, II, 503.
 — par l'acide sulfurique, II, 498.
 — par la vapeur d'eau, II, 504.
 Sarrète, II, 459.
 Sassoline, I, 451.
 Saucisse aux pois, II, 419.
 Savons, I, 427.
 — (essai des), I, 448.
 — d'aluminium, I, 449.
 — brassés, I, 434, 441.
 — de calcium, I, 449.
 — de coco, I, 441.
 — grenus, I, 434.
 — d'huile d'olives, I, 437.
 — insolubles, I, 449.
 — lisses, I, 434.
 — mous, I, 443.
 — ponce, I, 444.
 — de potassium, I, 434.
 — de résine, I, 440.
 — de silice, I, 444.
 — de suif, I, 435.
 — de toilette, I, 445.
 Saxifragine, I, 265.
 Scaglia, I, 647.
 Schéeliasage, II, 155.
 Schiste alumineux, I, 468.
 — cuprifère, I, 70.
 Schœnite, I, 204, 290.
 Scories, I, 6.
 — pauvre, I, 26.
 — riche, I, 26.
 Scotch gold, I, 363.
 Secrétage, I, 146.
 Sel ammoniac, I, 421.
 — ammoniacaux, I, 421.
 — d'apprêt, I, 123.
 — Clément, I, 170.
 — de corne de cerf, I, 426.
 — de déblai, I, 201.
 — décolorant de Varrentrapp, I, 395.
 — décrépitant, I, 289.
 — d'étain, I, 122.
 — gemme, I, 284, 288.
 — de Glauber, I, 378.
 — marin, I, 284.
 — (production du), I, 299.
 — d'or, I, 181.
 — de potasse, I, 200.
 — de rosage, I, 122.
 — de soude, I, 318.
 — à souder, I, 133.
 Serpents de Pharaon, I, 374.

Sidérogaphie, I, 46.
 Sidérolithe, I, 585.
 Silicate de potassium, I, 530.
 — de sodium, I, 530.
 Silice, I, 494.
 Similor, I, 85.
 Siphon de Bréant, I, 366.
 Smalt, I, 58.
 Soie, II, 313.
 Solférino, II, 433.
 Sombrière, II, 374.
 Soude, I, 300.
 — caustique, I, 333.
 — d'azotate de sodium, I, 332.
 — de bauxite, I, 332.
 — de betterave, I, 302.
 — de cryolithe, I, 332.
 — de sel marin, I, 331.
 — de sulfate de sodium, I, 303.
 — (formation de la), I, 301.
 Soudure des ferblantiers, I, 102.
 Soufflerie cylindrique, I, 12.
 Soufre, II, 343.
 — en canons, I, 347.
 — des fabriques de gaz, I, 349.
 — du fer sulfuré, I, 347.
 — du kelp, I, 350.
 — naturel, I, 344.
 — (production du), I, 351.
 — des résidus de soude, I, 326.
 Sous-acétate de plomb, I, 101.
 Speiss, I, 5, 59, 61.
 Stannate de cuivre, I, 95.
 — de sodium, I, 122.
 Stassfurtite, I, 290, 463.
 Stéréochromie, I, 533.
 Stilbine, I, 135.
 Strass, I, 540.
 Stuc, I, 647.
 Sucre, II, 61.
 — (essai), II, 76.
 — (production du), II, 71.
 — de betteraves, II, 72.
 — (production du), II, 109.
 — candi, II, 108.
 — de canne, II, 64.
 — (production du), II, 71.
 — de féculle, II, 110.
 — de lait, II, 404.
 — de raisin, II, 110.
 Sulf, I, 429.
 Suint, I, 255; II, 301, 583.
 Sulfate d'aluminium, I, 477.
 — d'ammonium, I, 425.
 — de calcium, I, 639.

Sulfate de cuivre, I, 87.
 — de fer, I, 48.
 — de plomb, I, 108.
 — de potassium, I, 205.
 — de sodium, I, 303, 378.
 — de zinc, 132.
 Sulfhydrate de calcium, II, 337.
 Sulfite d'aluminium, I, 482.
 — de calcium, I, 449.
 Sulfocyanure d'ammonium, II, 553.
 Sulfure d'antimoine, I, 137.
 — d'arsenic, I, 140.
 — de cadmium, I, 134.
 — de carbone, I, 371.
 — de mercure, I, 147.
 Sumac, II, 358.
 — des tanneurs, II, 358.
 Sylvine, I, 200, 290.

T

Tabac, II, 270.
 — à fumer, II, 273.
 — à priser, II, 275.
 Tablettes de bouillon, II, 415.
 Tachydrile, II, 290.
 Tannage des peaux, II, 331.
 — à l'alun, II, 350.
 — à l'huile, II, 356.
 — rapide, II, 340.
 — au tan, II, 337.
 Tannin, II, 337.
 Tapioca, II, 58.
 Tartre, II, 146.
 Teinture, II, 422, 465.
 — du coton, II, 475.
 — de la laine, II, 467.
 — de la soie, II, 473.
 Terralithe, I, 585.
 Terre alumineuse, I, 468.
 — cuite, I, 596.
 — à foulon, I, 560.
 — glaise, I, 560.
 — de pipe, I, 590.
 — à porcelaine, I, 556.
 — à potier, I, 559.
 Terrésine, II, 281.
 Thallium, I, 364.
 Thermolampe, II, 572.
 Thermosiphon, II, 688.
 Tinkal, I, 458.
 Tissage, II, 6, 307, 320.
 — du coton, II, 14.
 — du lin, II, 8.

Tissage de la soie, II, 320.
 Tissus de coton, II, 14.
 — de laine, II, 310.
 — de lin, II, 6.
 — mixtes, II, 321.
 — de soie, II, 310.
 Titre monétaire, I, 166, 177.
 Tiza, I, 451, 462.
 Tôle, I, 32.
 — étamée, I, 120.
 — vitrifiée, I, 24.
 Toluidine, II, 433.
 Tombac, I, 85.
 Tourbe, II, 608, 643.
 — pressée, II, 617.
 Tournesol, II, 457.
 — en drapeaux, II, 458.
 Tourteaux, II, 84.
 — d'alun, I, 472.
 Trass, I, 629.
 Trempe en paquet, I, 43.
 Trinitrine, I, 273.
 Troma, I, 300.
 Tschuma, II, 8.
 Tuiles, I, 609.
 Turbines, II, 105.
 Tuyaux de drainage, I, 611.
 Tyraline, II, 433.

U

Urao, I, 301.

V

Vallonées, II, 360.
 Vaporimètre, II, 130.
 Varechs, I, 222.
 Vases étrusques, I, 591.
 — réfrigérants, I, 592.
 Ver à soie, II, 313.
 Vermillon, I, 147.
 — de chrome, I, 115.
 Vernis, II, 288.
 — à l'alcool, II, 290.
 — de copal, II, 291.
 — gras, II, 291.
 — à l'huile de lin, II, 288.
 Verre, I, 492.
 — agate, I, 548.
 — albâtre, I, 547.
 — à boudines, I, 511.
 — coloré, I, 541.
 — craquelé, I, 548.
 — creux, I, 525.

Verre de cryolithe, I, 517.
 — dévitrifié, I, 506.
 — doublé, I, 541.
 — filigrané, I, 550.
 — incrusté, I, 549.
 — laiteux, I, 547.
 — en manchons, I, 511.
 — opale, I, 517.
 — pour l'optique, I, 536.
 — pâte de riz, I, 547.
 — rubis, I, 542.
 — soluble, I, 530.
 — de thallium, I, 494.
 — à vitres, I, 509.
 Vert à l'aldéhyde, II, 438.
 — d'aniline, II, 438.
 — d'Arnaudon, I, 116.
 — de Brême, I, 90.
 — de Brunswick, I, 89.
 — de Casselmann, I, 92.
 — de chrome, I, 115.
 — de cobalt, I, 61.
 — d'émeraude, I, 116.
 — de Gentele, I, 95.
 — de Guignet, I, 116.
 — de gris, I, 95.
 — à l'iode, II, 438.
 — de Mathieu Plessy, I, 116.
 — minéral, I, 92.
 — de Mittler, I, 166.
 — de Pannetier, I, 166.
 — de Rinmann, I, 61.
 — de Saxe, I, 61.
 — de Scheele, I, 92.
 — de Schweinfurt, I, 93.
 — de sève, II, 461.
 — de vessie, II, 461.
 — de zinc, I, 61.
 Viande, II, 412.
 Vin, II, 121.
 — (maladies du), II, 135.
 — (amélioration du), II, 150.
 — de Champagne, II, 146.
 — mousseux, II, 146.
 Vinaigre, II, 244.
 — (essai du), II, 254.
 — de betteraves, II, 251.
 — de bois, II, 256.
 — de vin, II, 247.
 Vinasse, I, 215; II, 229.
 Violet d'aniline, II, 435.
 — de cobalt, I, 61.
 — Hofmann, II, 436.
 — à l'iode, II, 436.
 — impérial, II, 435.

Violet de naphthaline, II, 445.	Wollastonite, I, 425.
— non-pareil, II, 437.	Wongshy, II, 459.
— nouveau, II, 436.	Wootz, I, 36.
— de Nuremberg, I, 390.	
— de Paris, II, 436.	
Violine, II, 435.	X
Vitriol blanc, I, 132.	
— bleu, I, 87.	Xyloïdine, II, 48.
— de Chypre, I, 87.	
— double, I, 89.	
— vert, I, 48.	Z
Vulcan-oil, II, 619.	
W	
Wedgwood, I, 582.	Zéïodélite, II, 296.
Wemyss-coal, II, 659.	Zinc, I, 125.
	— oxydé rouge, I, 125.
	— silicaté, I, 125.
	Zincage, I, 196.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

ERRATA

T. I. Page 48, dernière ligne, au lieu de :	eaux-noires, lisez : eaux-mères.
— 201, ligne 11 en haut, —	préparation du carbonate de potassium, lisez : préparation du chlorure de potassium.
— 397, ligne 21 en haut, —	hypochlorate de potassium, lisez : perchlorate de potassium.
— 400, — 13 en haut, —	sur, lisez : par.
T. II. — 37, — 7 en bas, —	figure 249, lisez : figure 248.