

Collection "Industria"

Dr. LASSAR KOHN

Professeur à l'Université de Königsberg

---

LA CHIMIE  
dans la  
Vie quotidienne

12 CONFÉRENCES TRADUITES DE L'ALLEMAND

par

Henri SAUVALLE

Chimiste I. C. A. Paris

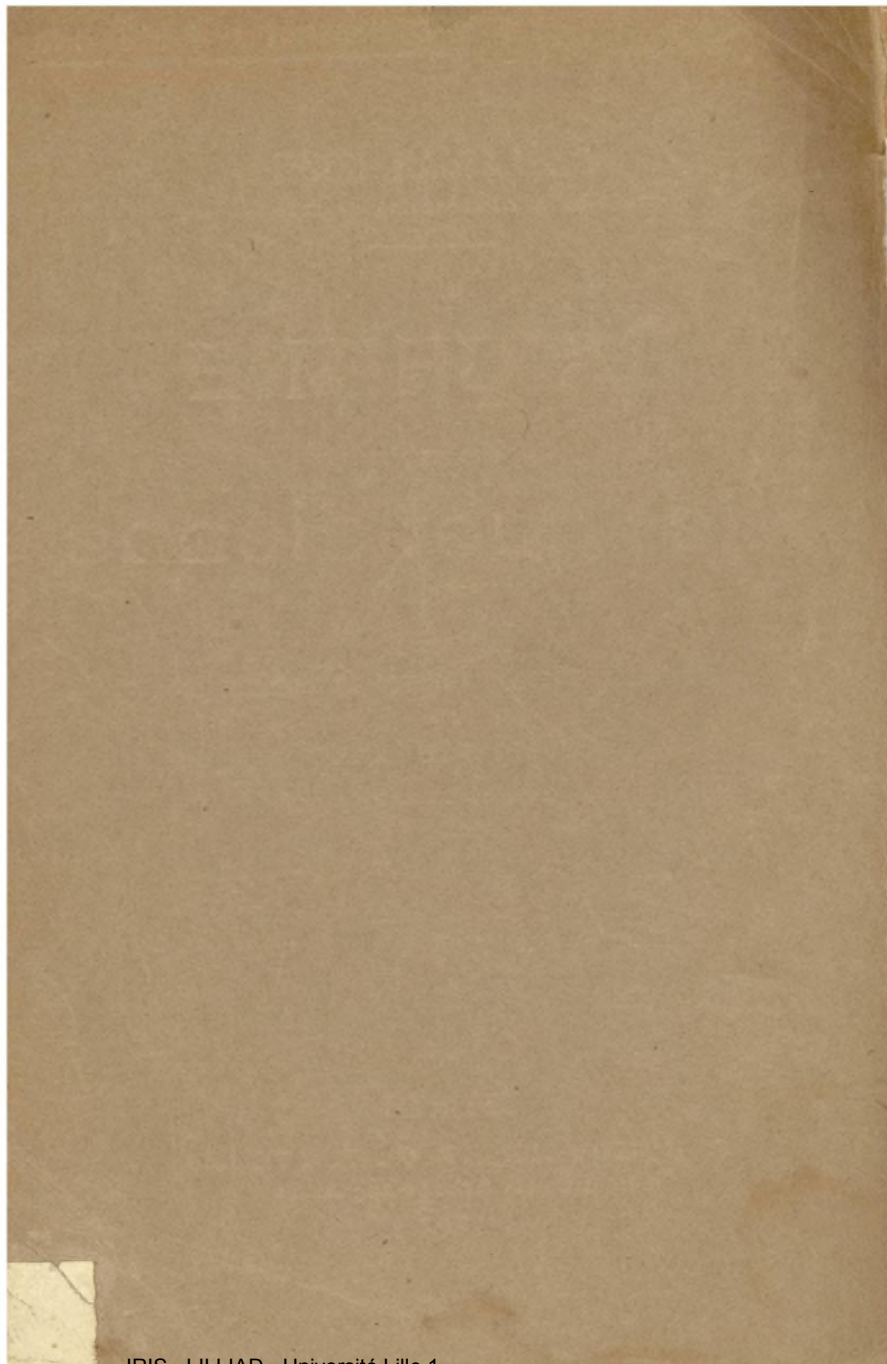
---

PARIS

J. DUMOULIN ET C<sup>o</sup>, ÉDITEURS

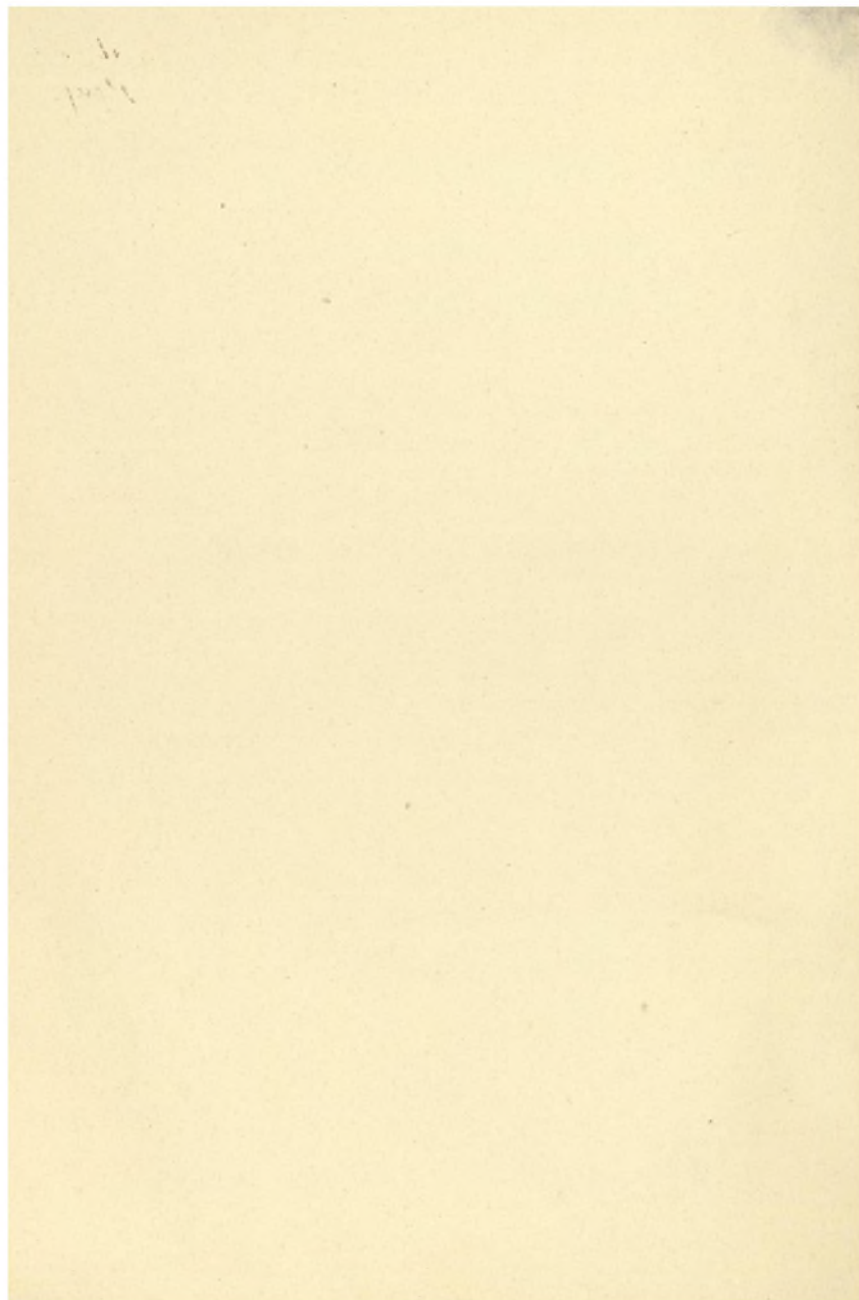
18, rue des Grands-Augustins

1907





BMIC 36



~~1891~~ → 20 x 06 24



Vitrine 15  
Ray - 5

N° Bib = 396301 / - 101778

**La Chimie**  
dans la  
**Vie quotidienne**

## COLLECTION « INDUSTRIA »

---

**Le Livre des Travaux artistiques d'Amateur.** Un volume in-8 colombier, orné de 150 illustrations. Prix : Broché, 6 fr. ; cartonné. . . . . 7 fr. »

**L'Art de photographier les Oiseaux et les Insectes,** par MM. KEARTON frères. Ouvrage orné de 160 photographies instantanées. Un volume in-8 colombier. Prix : cartonné, 8 francs; relié. . . . . 12 fr. »

**Les Dangers du Feu : au Feu !** par MAX DE NANSOUTY, *ouvrage de vulgarisation par le feu, la chaleur, la lumière, leurs dangers et la manière de les combattre.* Un volume in-16, orné de 32 illustrations, broché. . . . . 2 fr. 50

---

### EN PRÉPARATION :

**Le Machinisme dans la Vie moderne,** par MAX DE NANSOUTY

(Paraîtra en avril 1907)



Collection " Industria "

Dr LASSAR KOHN

Professeur à l'Université de Königsberg

---

La Chimie  
dans la  
Vie quotidienne



12 CONFÉRENCES TRADUITES DE L'ALLEMAND

PAR

**Henri SAUVALLE**

Chimiste I. C. A. Paris

---

PARIS

J. DUMOULIN ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

18, rue des Grands-Augustins, Paris, VI<sup>e</sup>

1907

Seule traduction, autorisée, droits réservés

Collection "Lectures"

DR. LASSAR KOHN

Professeur à l'Université de Bonn

# La Chimie

dans la

# Vie quotidienne

de

IS GEBRÜDER TRUBNER & CO. VERLAG

Berlin, Sauerländer

Druck von

PARIS

J. GUMOUIN ET C<sup>o</sup> ÉDITEURS

14, rue de Valenciennes, Paris, VI<sup>e</sup>

1897

Les droits de reproduction sont réservés



# TABLE DES MATIÈRES

## PREMIERE CONFERENCE

page 1

La respiration. — La physique et la chimie. — Le poids de l'air. — L'argon. — L'ozone. — Différence de l'air inspiré et de l'air expiré. — Comment se maintient la chaleur de corps. — La combustion. — Les allumettes. — Le phosphore rouge et le phosphore blanc.

## DEUXIEME CONFERENCE

17

Nature de la flamme. — Les bougies. — Composition des matières grasses: huiles, pétrole, carbures d'hydrogène. — Les éléments chimiques. — La quadrivalence du carbone. — Les formules chimiques. — Atome et molécule. — La distillation. — L'éther de pétrole, la vaseline et la paraffine. — La fabrication du gaz d'éclairage et ses sous-produits. — Nature de la flamme. — La cuisine au gaz. — L'incandescence par le gaz. — L'acétylène.

## TROISIEME CONFERENCE

38

Nutrition des plantes. — La fumure. — La jachère. — Les engrais artificiels. — Les os. — Les superphosphates. — Les sels de potasse. — Les engrais azotés. — Les bases, les acides et les sels. — Les eaux-mères. — Alimentation de l'homme et des animaux. — Essais de digestion artificielle. — L'albumine. — Les graisses. — Les hydrates de carbone. — Le lait et la caillage. — Les fromages. — L'appareil de Soxhlet. — La fibrine. — Le sérum. — Ration alimentaire du bétail. — Colle et gélatine.

## QUATRIEME CONFERENCE

66

Alimentation variée. — Le beurre. — La margarine. — Les graisses alimentaires artificielles. — La farine d'amidon. — Les sucres. — La saccharification des fruits. — Régime diététique des

diabétiques. — La glucose. — Les bonbons. — Le caramel. — Le sucre de canne. — Les primes d'exportations et le régime fiscal des sucres. — La saccharine. — L'absorption des aliments. — Le sel de cuisine. — Le fer. — Le but de la cuisson. — Les potages. — La panification. — Cuisson des pommes de terre.

CINQUIEME CONFERENCE

98

Quantité indispensable de chaque aliment et valeur nutritive des principaux. — La fermentation. — Le vin. — Les vins de fruits non alcooliques. — Le champagne. — L'hydromel. — Le coumyss. — La bière. — Le malt. — L'eau-de-vie de vin. — La levure industrielle. — L'eau-de-vie de grains. — L'alcool de pommes de terre. — L'alcool de mélasse. — L'esprit de bois. — Raffinage de l'alcool. — L'alcool absolu. — L'alcool dénaturé. — Les spiritueux.

SIXIEME CONFERENCE

129

Le vinaigre de vin. — L'essence de vinaigre. — Le vinaigre de bois. — L'acide acétique glacial. — L'esprit de bois. — L'acétone. — La poudre à canon. — Le feu grégeois. — Le fulminate. — Le coton-poudre (nitro-cellulose). — La dynamite. — Le collodion. — La nitrogélatine. — La cordite. — Les matières textiles: la laine, le coton et la soie. — La laine d'effilochures. — Le carbonisage. — La soie artificielle.

SEPTIEME CONFERENCE

149

La tannerie. — Le cuir. — Epilation et gonflement des peaux. Matières tannantes. — Le cuir de bœuf. — Le bois de quebracho. — Le sumac. — Les extraits tannants. — Les cuirs pour semelles. — Le tannage à l'alun ou mégissage. — Les peaux pour ganterie. — L'apprêt des fourrures. — Le parchemin. — Le cuir chromé. — Le chamoisage. — Les peaux lavables. — Le blanchiment à l'air. — Le bleuissage du linge. — Le blanchiment chimique. — Le chlorure de chaux. — L'antichlore. — L'eau de Javelle. — L'acide sulfureux. — L'eau oxygénée. — La teinturerie. — Les mordants et les laques colorantes. — Les matières colorantes directes. — Les couleurs dérivées du goudron. — L'indigo. — L'alizarine. — Les extraits de bois tinctoriaux. — Le pastel. — L'impression en couleurs.

HUITIEME CONFERENCE

171

Peintures à l'huile et à la détrempe. — Huiles siccatives et non siccatives. — Les vernis. — Les encres. — La cellulose. — La fabri-



cation du papier. — Le papier aux chiffons. — L'encollage du papier. — Le papier de paille et d'alfa. — La cellulose à la soude. — La cellulose au bisulfite. — Brevets relatifs à l'industrie du papier.

NEUVIEME CONFERENCE

188

La chaux calcinée. — La potasse. — La soude Leblanc. — L'acide sulfurique. — La grande industrie chimique. — L'acide nitrique. — Le sel de Glauber. — Le chlorure de chaux. — La soude en cristaux. — La soude à l'ammoniaque ou soude Solvay. — La potasse artificielle. — La potasse de mélasse et de suint. — La savonnerie. — La potasse et la soude caustique. — Le savon mou et le savon blanc. — Le savon fraudé. — Le savon à la résine. — Les eaux douces et les eaux dures. — Les emplâtres.

DIXIEME CONFERENCE

211

La verrerie. — Les glaces. — Les verres à la potasse et à la soude. — Le quartz. — Le strass. — Le verre à l'or. — Le verre opale. — Les argiles. — La terre glaise. — Les briques. — Le ciment et le mortier. — Les agglomérés. — La céramique. — L'émail. — La poterie. — Le grès cérame. — La faïence et la majolique. — La porcelaine. — La peinture sur porcelaines. — La photographie. — La pierre infernale. — Les chlorures, bromures et iodures d'argent. — La daguerréotypie. — Le développement des négatifs. — La talbotypie. — Le procédé à l'albumine. — Le procédé au collodion humide. — Les plaques sèches au gélatino-bromure. — La platinotypie. — La photographie du spectre solaire. — La lumière rouge. — La retouche. — Les plaques sensibles aux couleurs. — La photographie en couleurs. — La gélatine chromée. — La chromotypie. — Les rayons de Roentgen. — Les substances radioactives. — Le radium.

ONZIEME CONFERENCE

250

Les métaux précieux et les métaux communs. — Les minerais. — L'or et le platine. — L'eau régale. — L'eau forte. — L'argent. — Valeur relative de l'or et de l'argent. — Le bimétallisme. — L'étalon d'or. — Réduction des oxydes métalliques. — Grillage des sulfures. — La métallurgie. — Le fer, la fonte et l'acier. — Le fer forgé. — Le haut fourneau. — Les scories. — Le coke. — Le puddlage. — Le fer laminé. — Les rails et les chemins de fer. — L'acier de cémentation. — L'acier fondu. — Le convertisseur Bessemer. — La fonte blanche. — Le manganèse. — La déphospho-

ration du fer. — La fonte d'acier. — Récupération des gaz. — Fours à régénérateurs. — Fours à flamme libre. — Le zinc. — La galvanoplastie. — L'électrolyse par voie humide et par voie thermique. — Le potassium, le sodium et l'aluminium.

DOUZIEME CONFERENCE

295

Les alliages. — Les monnaies. — Le bronze et la patine. — Le laiton, le tombac et le vermeil. — Le maillechort, l'alfénide et le métal anglais. — Le métal d'imprimerie. — L'acier au nickel. — Les alcaloïdes. — La morphine. — Le méthane, la constitution du benzène et les carbures cycliques en chimie organique. — La pyridine. — La conicine. — La quinine. — La quinoléine. — Les fébrifuges. — L'antipyrine. — La phénacétine. — Les soporifiques. — Le chloral. — Les analgésiques. — L'éther et le chloroforme. — Les gouttes d'Hoffmann. — Les antiseptiques: l'iodoforme, l'acide phénique, le sublimé, l'acide salicylique. — L'asepsie. — Considérations sur l'industrie chimique moderne. — Conclusion.

## PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION

---

La clarté est la politesse de ceux  
qui parlent en public.

ARAGO.

L'ouvrage que nous présentons au public est la réunion des conférences faites à l'association d'instruction complémentaire de Königsberg, par le Docteur Lassar Kohn, professeur à l'Université de cette ville.

Espérant que ses travaux seraient susceptibles d'intéresser d'autres personnes que celles auxquelles ils furent primitivement destinés, l'auteur les publie en rappelant à ses lecteurs que chacune des conférences eut une durée d'une heure environ, et qu'il serait bon de consacrer également une heure à la lecture et à l'étude de chacun des chapitres qui composent le présent volume.

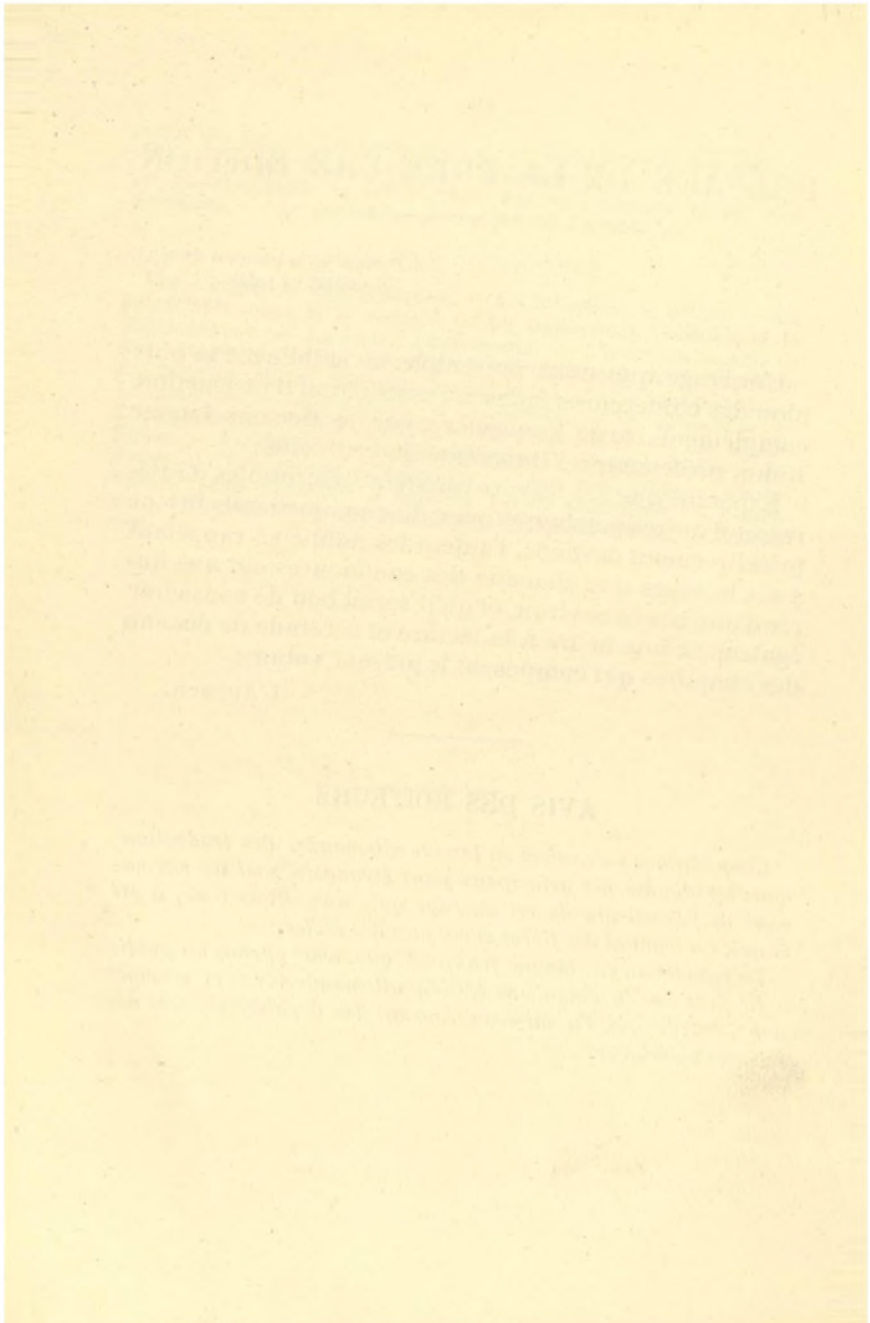
L'AUTEUR.

---

### AVIS DES ÉDITEURS

*Cinq éditions successives en langue allemande, des traductions dans les idiomes des principaux pays étrangers, sont un sûr garant de l'excellence de cet ouvrage qui, aux États-Unis, a été inscrit au nombre des livres classiques des écoles.*

*La traduction en langue française que nous offrons au public a été faite sur la cinquième édition allemande revue et corrigée par l'auteur qui l'a mise au courant des derniers progrès des sciences chimiques.*







## PREMIÈRE CONFÉRENCE

La respiration. — La physique et la chimie. — Le poids de l'air. — L'argon. — L'ozone. — Différence de l'air « inspiré » et de l'air « expiré ». — Comment se maintient la chaleur du corps. — La combustion. — Allumettes. — Phosphore rouge et phosphore blanc.

MESDAMES ET MESSIEURS,

Dans les conférences que nous commençons aujourd'hui nous essayerons de vous montrer que les nombreux phénomènes qui accompagnent notre vie journalière ne peuvent être expliqués qu'à l'aide de connaissances chimiques. La plupart de ces phénomènes nous sont d'ailleurs tellement familiers que nous n'y prêtons plus d'attention et que nous prenons très rarement la peine de songer aux rapports qui règnent entre eux.

Nous commencerons tout d'abord par l'étude de la respiration, phénomène que nous accomplissons d'une façon continue, pendant toute notre existence. Nous pourrions même dire que la durée de notre passage sur la terre est précisément le temps compris entre notre premier et notre dernier soupir.

Les questions suivantes nous viennent involontairement à l'esprit: Que respirons-nous? Pourquoi respirons-nous? Ce que nous respirons, tout le monde le sait, c'est l'air qui nous entoure. Mais, qu'est cet air? La démonstration indispensable de son existence matérielle va nous obliger d'empiéter un peu sur le domaine de la physique. La physique s'occupe spécialement de l'étude des phénomènes naturels dans lesquels ne se produit aucun changement de substance, tel que celui de la détermination du poids de l'air dont nous nous occupons ici. Elle nous expliquera

également comment une barre de fer est transformée en aimant, sans qu'il y ait changement dans la substance de la barre de fer. La chimie, au contraire, a pour but l'étude des phénomènes donnant lieu à des changements dans la matière; elle n'aura pas à expliquer la transformation du fer en aimant; mais, par exemple, la formation de la rouille à sa surface. La rouille transforme le morceau de fer en un corps brun rouge qui, contrairement au métal, ne possède plus de solidité, et peut même être pulvérisé par les doigts; ce corps constitue évidemment une tout autre substance que le fer qui lui a donné naissance. La chimie s'occupera donc moins de rechercher le poids de l'air que de résoudre la question de savoir si l'air est un corps simple ou composé.

Pour en revenir à notre sujet, nous pouvons nous poser cette question : l'air est-il une substance réelle, ou bien n'existe-t-il pas en dehors de notre imagination? Il s'agit, ici, de ne pas nous tromper. Personne, en effet, ne possède d'organe lui permettant de percevoir l'existence matérielle de l'air. Nous parlons tous de sa pesanteur et pourtant, il y a peu de personnes parmi nous qui soient capables de peser une quantité d'air déterminée, et qui pourraient nous dire, par exemple (question qui ressort du domaine de la physique) à combien de kilogrammes s'élève le poids de l'air contenu dans la salle où nous nous trouvons.

Il nous est impossible de nous rendre compte directement de la pesanteur de l'air. Nous y mouvons nos mains et notre corps sans rencontrer de résistance appréciable. Et cependant, malgré la difficulté que nous éprouvons à apprécier sa pesanteur, malgré les faits faciles à accumuler qui semblent contredire cette vérité, tout le monde sait, aujourd'hui que l'air possède un certain poids. Ceci provient de ce que nous avons entendu répéter cette assertion depuis notre enfance, comme un fait absolument incontestable.

D'ailleurs, dans le domaine des sciences physiques, il y a bien d'autres faits que nous considérons comme certains, et qu'il nous serait pourtant difficile de prouver. Parmi ceux-ci, citons, par exemple, la notion de la forme sphérique de la terre. Tout le monde est convaincu de cette vérité et pour-

tant il n'en existe pas encore une preuve claire et facile à comprendre pour tous les profanes (1).

Nous sommes en meilleure posture, même sans aucune connaissance préparatoire, pour prouver la pesanteur de

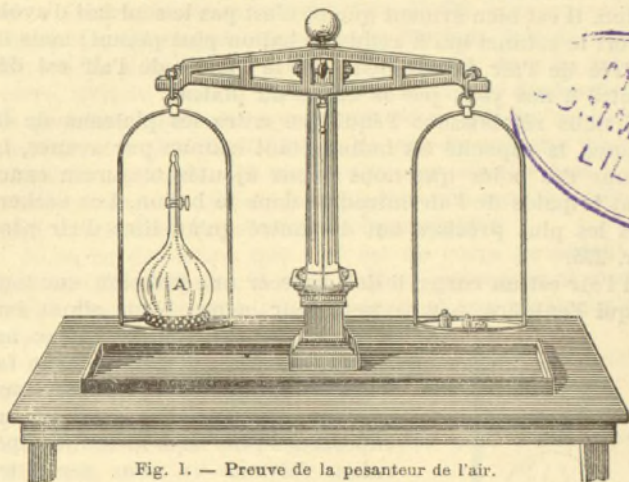


Fig. 1. — Preuve de la pesanteur de l'air.

l'air et son existence matérielle. Dans ce but, nous allons procéder à la simple expérience suivante.

Plaçons sur le plateau d'une balance le ballon A et, au moyen de poids convenables, équilibrons les deux plateaux. Le ballon A a ceci de particulier qu'il porte un robinet à son col. Le robinet étant ouvert nous l'adaptons à une

(1) REMARQUE. — On produit en général, comme preuve la plus simple, le fait que, sur mer, on voit d'abord apparaître l'extrémité des mâts de navires se dirigeant vers l'observateur, ce qui s'explique par la courbure de la surface de l'Océan, due à la sphéricité de la terre. Pourtant les Grecs de l'antiquité avaient déjà remarqué ce phénomène et, quelque intelligents que furent certains d'entre eux, aucun n'en déduisit la forme sphérique de la terre, jusqu'aux travaux d'Erastostènes, le créateur de la géographie scientifique, né en 276 avant J.-C. En effet, l'exemple fourni est tout à fait insuffisant par lui-même, et il n'a pu être répandu que lorsqu'on se fut assuré par d'autres recherches purement scientifiques, de la sphéricité de la terre.



pompe pneumatique; et une fois le vide fait dans le ballon, nous fermons le robinet pour maintenir le vide. Puis, le ballon étant placé sur la balance, ouvrons le robinet: nous voyons immédiatement s'abaisser le plateau qui porte le ballon. Il est bien évident que ce n'est pas le seul fait d'avoir ouvert le robinet qui a rendu le ballon plus pesant; mais la rentrée de l'air à l'intérieur, et le poids de l'air est démontré à nos yeux par la chute du plateau.

Si nous rétablissons l'équilibre entre les plateaux de la balance, la capacité du ballon étant connue par avance, la somme des poids que nous avons ajoutés mesurera exactement le poids de l'air introduit dans le ballon. Les recherches les plus précises ont démontré qu'un litre d'air pèse 1 gr. 295.

Si l'air est un corps, il doit exercer une pression sur tout ce qui l'entoure, par sa pesanteur même. Nous allons immédiatement chercher à nous en assurer, l'occasion étant d'ailleurs favorable, car cette expérience nous explique également un fait que nous exposerons plus tard. La simple opération suivante va nous permettre de résoudre la question.

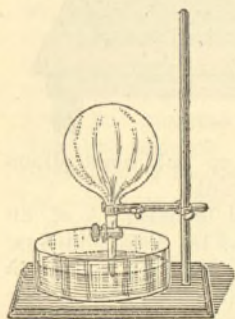


Fig. 2. — Preuve de la pression atmosphérique.

Nous prenons de nouveau notre ballon, nous expulsions l'air qu'il contient, puis, après avoir fermé le robinet, nous plaçons son goulot sous l'eau (v. fig. 2). Ouvrons maintenant le robinet, nous voyons l'eau jaillir à l'intérieur du ballon et le remplir. La raison de ce fait est que l'air extérieur exerce une pression

sur la surface du liquide contenu dans notre cuve et que cette pression, ne trouvant pas son équivalent dans le ballon, l'eau y est refoulée dès qu'on ouvre le robinet.

Au lieu d'un ballon, prenons un long tube de verre, fermé à chaque extrémité par un robinet. Le tube étant vide d'air, nous plaçons son extrémité inférieure sous l'eau, puis nous ouvrons le robinet.



Nous voyons aussitôt l'eau s'élever dans le tube jusqu'à plus de 10 mètres de hauteur. Prenons comme liquide, au lieu de l'eau, du mercure qui pèse treize fois et demi davantage: il s'élèvera dans le tube d'une hauteur proportionnellement moindre, c'est-à-dire de 760 mm. en chiffres ronds. La colonne de mercure de 760 mm. fait donc équilibre à la pression de l'air et sa hauteur, dans le tube de verre, variera suivant l'augmentation ou la diminution de la pression atmosphérique. C'est parce que la colonne de mercure est plus facile à manier que la colonne d'eau de 10 mètres de haut, que nous l'utilisons, sous le nom de baromètre (du grec *barus*, lourd) pour mesurer le poids, ou plus exactement la pression de l'atmosphère.

Nous en déduisons que l'air est un corps possédant une pesanteur spécifique; il nous reste à apprendre si c'est un corps simple ou bien s'il est constitué par plusieurs principes ou éléments.

Il est évident que l'analyse (1) d'un corps que nous ne pouvons ni saisir avec les mains, ni voir par les yeux, n'est pas chose facile; aussi ce problème, vieux comme le monde, n'a-t-il été résolu que depuis un peu plus d'une centaine d'années.

La plupart des combinaisons chimiques, même celles qui présentent les formes les plus compliquées, paraissent relativement simples dès que l'on a appris à connaître les rapports qui existent entre leurs éléments.

Dans le cas présent nous pouvons démontrer, sans la nécessité de connaissances chimiques préalables, que l'air se compose au moins de deux corps et que de ces deux corps l'un entretient la combustion, tandis que l'autre y est impropre. Pour cela, il suffit d'enflammer un petit morceau de phosphore: si nous opérons dans la pièce où nous nous trouvons, il brûlera en produisant une épaisse fumée blanche (fig. 3 A). Sous cette forme, le phénomène ne nous conduit pas encore à l'analyse de l'air, mais il y suffira si nous brûlons le phosphore dans un espace clos, au lieu de

(1) REMARQUE. — Analyser signifie séparer une matière, en ses éléments constitutifs.

l'espace ouvert de cette salle. Pour obtenir un espace clos, pour séparer un volume d'air défini de l'atmosphère ambiante nous n'avons qu'à plonger sous l'eau contenue dans une cuve, le bord inférieur d'une cloche de verre, comme celle qui est représentée en B sur la fig. 3. L'air qu'elle renferme se trouve séparé par l'eau, de l'air environnant.

Sous cette cloche B, posons à la surface de l'eau, sur laquelle elle flottera, une nacelle supportant un fragment de phosphore, enflammons-le et recouvrons de la cloche (v. fig. 3 en R) : il brûle vivement pendant quelque temps à l'intérieur de cette cloche en se combinant à une certaine partie de l'air qu'elle contient, puis il s'éteint. Pendant ce

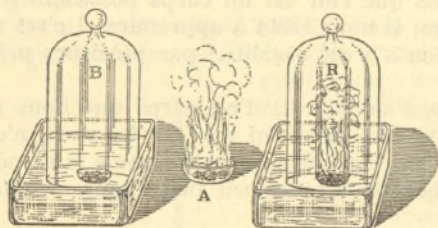


Fig. 3. — Détermination de la teneur en oxygène de l'air par la combustion du phosphore.

temps, la pression de l'atmosphère extérieure fait monter dans la cloche une quantité d'eau équivalente à la quantité d'air qui a été utilisée par le phosphore pour sa combustion et dont la disparition a produit un vide relatif. La disparition de cette certaine quantité d'air repose sur le fait que le phosphore s'est combiné avec elle en formant un corps solide, qui n'est autre que la fumée blanche qui s'en est dégagée et, sous cette forme solide, l'espace occupé par la combinaison du phosphore avec cette sorte d'air est absolument infime. La fumée blanche ne tarde pas du reste à se dissoudre dans l'eau à l'état d'acide phosphorique.

Si nous cherchons à nous rendre compte maintenant de la nature de l'espèce d'air restant sous la cloche, nous verrons qu'il se différencie de l'air ambiant par le fait que rien n'y peut plus brûler et que même un corps aussi combustible que le phosphore s'y éteint.

Dans les conditions les plus diverses, cet air se com-

porte comme un corps essentiellement indifférent, n'ayant aucune tendance à se combiner avec d'autres corps pour en former de nouveaux. En raison du fait qu'il est impropre à l'existence des êtres qui y sont plongés il a reçu le nom d'azote, dérivé du grec *a*, sans, et *zoon*, vie. (A l'étranger on l'appelle nitrogène, c'est-à-dire qui engendre le nitre ou salpêtre). La portion d'air qui, au cours de notre expérience, s'est combinée au phosphore porte le nom d'oxygène, dérive du grec *oxus*, acide et *gennao*, j'engendre. Ce nom lui a été donné par Lavoisier qui a découvert ce gaz il y a un peu plus d'un siècle (1774) et qui pensait, opinion qui ne s'est pas justifiée depuis, qu'il doit se trouver de l'oxygène dans tous les acides sans distinction (v. p. 54); nous venons de voir, par exemple, que le phosphore se transforme en acide phosphorique par suite de sa combinaison avec l'oxygène. Contrairement à l'azote, l'oxygène est un corps essentiellement actif possédant une tendance extraordinaire à se combiner à d'autres éléments pour former de nouveaux corps. Nous venons d'observer une combustion accompagnée de la production de flamme, celle du phosphore que l'oxygène produit, ainsi que toutes les combustions auxquelles nous assistons dans la vie journalière.

Toutes les combustions reposent sur le fait que le corps qui brûle s'unit à l'oxygène en formant quelque chose de nouveau, de différent de la matière en combustion. Nous avons ainsi la preuve que les corps se modifient pendant la combustion; par suite l'explication des phénomènes de la combustion rentre bien dans les attributions de la chimie.

Le gaz oxygène, ou l'oxygène, ces deux noms sont équivalents, peut également se combiner à un assez grand nombre de corps sans qu'il y ait production de flamme. La rouille, terreur des ménagères, a son origine dans la propriété que possède le fer de se combiner à l'oxygène de l'air pour former un oxyde de fer, qui est précisément la rouille.

Les combinaisons de ce genre, entre les corps les plus divers et l'oxygène, ne peuvent pas être appelées des combustions, car ce mot, dans le langage courant, évoque toujours l'idée d'un feu. Pour cette raison on a donné en chimie le nom spécial d'oxydation à tous les modes de combi-



naison de l'oxygène avec les autres corps, au cours desquels la réaction se fait lentement et sans produire de flamme. Ce nom est tiré du grec *oxus*, acide, que nous avons déjà vu servir de racine à oxygène. Par conséquent le terme d'oxyde que nous entendons mentionner si souvent, nous devient aisément compréhensible: il désigne simplement le produit de la combinaison d'un corps avec l'oxygène. Oxyde de plomb signifie donc : combinaison du plomb avec l'oxygène; bioxyde de plomb, la même combinaison dans laquelle il entre une quantité double d'oxygène, etc.

Analysons maintenant l'air atmosphérique en appliquant toutes les précautions scientifiques usitées en pareil cas, nous trouvons qu'il renferme, outre l'azote et l'oxygène, un peu de gaz acide carbonique, auquel nous reviendrons plus loin, et de la vapeur d'eau, ou humidité.

Les proportions de ces différents corps, pour 100 parties d'air, sont les suivantes :

Azote . . . . .	78.35 parties
Oxygène . . . . .	20.77 —
Vapeur d'eau . . . . .	0.85 —
Gaz acide carbonique . . . . .	0.03 —
	<hr/>
	100 00

Les chimistes désignent en les pourcentage ces différentes parties et ils disent par conséquent que l'air contient 78,35 p. 100 d'azote, etc.

Il y a quelques années, on a découvert que l'azote extrait de l'atmosphère par des procédés chimiques (nous venons d'apprendre à en connaître un, la combustion du phosphore dans un espace d'air clos) n'était pas pur, mais qu'un certain nombre d'éléments gazeux étrangers lui étaient mélangés en quantité minime. Ces derniers ont reçu le nom d'argon, métargon, néon, krypton, xénon.

Ils se font tous remarquer par leur indifférence aux réactions chimiques; d'ailleurs leur quantité totale dans l'atmosphère est si faible qu'il est inutile, pour nous, de nous en occuper davantage.

La propriété que présente l'atmosphère d'absorber la vapeur d'eau et de l'abandonner ensuite sous forme de pluie est d'une importance capitale dans l'économie de la



nature, car c'est sur elle que repose la croissance des plantes. Nous faisons un usage fréquent de cette propriété dans la vie journalière, par exemple, en faisant sécher le linge blanchi ou simplement le plancher d'une pièce fraîchement lavée. Nous parlerons encore, pour terminer, d'un autre corps contenu dans l'air: l'ozone, simple modification de l'oxygène. Nous ne pouvons pas nous occuper de ses rapports avec l'oxygène avant d'avoir défini ce qu'en chimie on appelle un atome (v. p. 29) car cette définition est nécessaire à sa compréhension.

Maintenant que nous connaissons la composition de l'air nous pouvons nous demander pourquoi il est indispensable à notre existence. Nous savons en effet que lorsqu'il vient à manquer, toute vie cesse, par suite d'asphyxie. Cela tient aux raisons suivantes. L'air que nous respirons, d'une manière continue et inconsciente, parvient dans les bronches, traverse les parois des vaisseaux ténus dans lesquels le sang circule à l'intérieur des poumons, et arrive ainsi en contact avec lui. Les parois organiques minces, comme, par exemple, celles des vaisseaux du poumon, présentent cette particularité d'être imperméables aux liquides tout en restant perméables aux gaz, phénomène que l'on appelle la diffusion. L'air qui est arrivé au contact du sang par diffusion lui abandonne son oxygène et lui prend son acide carbonique. L'air expiré doit donc être très riche en acide carbonique et c'est ce que nous pouvons démontrer sans peine.

Dans ce but, je fais passer, par aspiration, au moyen de la bouche placée en A au courant d'air au travers d'un lait de chaux qui se trouve dans le matras B (voir fig. 4). La quantité extrêmement faible d'acide carbonique contenu dans l'air atmosphérique qui barbote dans l'eau de chaux, après y avoir pénétré au moyen d'un petit tube C, est si faible que le trouble qu'elle y produit est à peine visible, même pour les personnes placées près de l'appareil, à cause du peu de durée de l'opération. Si maintenant, je fais passer



Fig. 4. — Moyen de déceler l'acide carbonique dans l'air expiré.

de l'air expiré en l'insufflant par le tube C dans la même eau de chaux, il se formera rapidement un trouble suffisamment sensible pour être aperçu des personnes les plus éloignées. Ce trouble est dû à ce que l'acide carbonique contenu dans l'air expiré se combine à la chaux, pour former du carbonate de chaux insoluble qui reste en suspension dans l'eau sous forme d'une poudre blanche.

L'analyse suivante montre quelle est l'importance de la teneur en acide carbonique de l'air expiré comparativement à celle de l'air inspiré, une fois que l'air expiré a été desséché pour le débarrasser de la vapeur d'eau.

Nous trouvons qu'il contient pour 100 volumes :

Azote . . . . .	79,58	parties p. 100
Oxygène . . . . .	16,04	—
Gaz acide carbonique . . . . .	4,38	—
	<hr/>	
	100 00	

Nous voyons que la teneur en oxygène a diminué d'un cinquième environ, tandis que celle de l'acide carbonique est devenue à peu près 140 fois plus forte. L'oxygène absorbé par le sang est distribué par celui-ci dans toutes les parties du corps et il joue le rôle d'un oxydant. Il oxyde en particulier le carbone contenu dans beaucoup de composés — qui se reforment ensuite naturellement à l'aide des aliments — en transformant quantitativement ce carbone en acide carbonique, qui, ainsi que chacun le sait, est un gaz. Cet acide carbonique ainsi formé dans toutes les parties du corps, y compris les tissus cellulaires, est repris par le sang qui revient aux poumons, où il est échangé contre de l'oxygène, dont il se sature de nouveau. Le sang qui vient d'être oxygéné présente une belle couleur rouge, tandis que celui qui arrive aux poumons, chargé d'acide carbonique, est d'un rouge brunâtre.

Cette oxydation ininterrompue dans tout l'organisme par suite de la respiration, est, comme toute combustion, car le mot oxydation n'est qu'un terme différent pour un phénomène identique, accompagnée d'un dégagement de chaleur, et c'est la chaleur ainsi produite, qui maintient notre corps à sa température normale de 37° C.

Nour allons démontrer par une expérience facile que la combustion et l'oxydation osnt réellement la même chose, au point de leurs effets définitifs. Nous avons appris, page 7, que la rouille du fer était le produit d'une oxydation, transformant ce métal en oxyde de fer sans qu'il y ait production de flamme, et, par l'expérience journalière, nous savons que cette formation de rouille, cette oxydation, s'accomplit au cours des années sans qu'il y ait jamais d'inflammation. Plongeons maintenant l'extrémité d'un fil de fer

très mince, préalablement chauffé au rouge dans un flacon plein d'oxygène, nous verrons ce fil de fer brûler comme une bougie allumée. Il produit une lumière très intense, projette des étincelles dans tous les sens; bref, présentant tous les symptômes d'une vive combustion, au lieu d'une oxydation longue à s'étendre, il se transforme en moins d'une minute en un oxyde de fer, analogue à la rouille, ce qui prouve



Fig. 5. — Combustion du fer dans l'oxygène.

donc bien que l'oxydation et la combustion produisent des résultats identiques. La différence essentielle entre ces deux phénomènes n'est donc qu'une question de durée.

Ce que la combustion accomplit en quelques instants, n'est souvent accompli par l'oxydation qu'au bout de longues années. Il est évident aussi que tout brûle mieux au sein de l'oxygène que dans l'air où le fer, par exemple, ne peut brûler. Car dans l'atmosphère l'oxygène est mélangé à l'azote, dans une proportion de 1 à 4 et cette forte dilution est la cause de l'abaissement de son énergie.

Sachant que la circulation entière du sang dans toutes les parties du corps de l'homme s'effectue en moins de 10 secondes, depuis le départ du cœur jusqu'au retour dans ce



même organe, nous comprendrons facilement alors comment la chaleur de notre corps peut se maintenir égale grâce à l'oxydation, quoique nous soyons obligés de céder constamment une notable quantité de calorique, par radiation, à l'atmosphère plus froide qui nous entoure. Dans la cinquième conférence nous apprendrons à connaître le poids exact de carbone qui est brûlé journellement dans ce but. De ce que nous venons de voir déjà, il ressort clairement que, sans un remplacement suffisant, la provision de composés carbonés contenus dans le corps s'épuiserait rapidement, c'est pour cette raison, ainsi qu'à cause du remplacement d'autres sécrétions, que nous sommes forcés d'absorber constamment des quantités suffisantes d'aliments.

Avant de passer à l'étude de ces derniers, étude d'un si grand intérêt, puisque les aliments sont la base même de notre existence, nous parlerons encore un peu aujourd'hui de la combustion, puis, au commencement du prochain chapitre, du feu qui l'accompagne, parce que ces phénomènes sont provoqués par l'oxygène que nous connaissons déjà.

Dans le but de produire les combustions, nous utilisons dans la pratique des matières riches en carbone, connues de toute antiquité, telles que le bois et la tourbe, auxquelles sont venus s'ajouter à une époque plus récente, la houille et les divers charbons de terre.

La marche suivie par les combustions s'effectue de telle sorte que le carbone contenu dans ces matières se combine à l'oxygène de l'air pour former de l'acide carbonique, tandis que la quantité d'hydrogène, généralement minime, qu'elles contiennent, s'oxyde en formant de l'eau.

A froid, le carbone ne se combine jamais avec l'oxygène. Mais, si l'on amorce la réaction qui produit leur combinaison en les enflammant, les substances appropriées brûlent et les parties enflammées dégagent une quantité de chaleur suffisante pour porter les parties avoisinantes au degré propre à leur inflammation, c'est-à-dire à une température suffisante pour que le carbone et l'oxygène se combinent. Nous ne pouvons pas encore parler ici des procédés, si perfectionnés maintenant, qui permettent d'obtenir le maximum



d'utilisation des combustibles, mais nous aurons l'occasion d'y revenir au chapitre XI, lorsque nous nous occuperons de la métallurgie du fer et des méthodes de production de ce métal.

Nous pouvons nous demander ici : Comment enflamme-t-on un combustible ? comment fait-on du feu ? Aujourd'hui la question est bien facile à résoudre : on se sert des allumettes ; pourtant, ces dernières ne sont employées que depuis soixante-dix ans environ. Nous ne saurons probablement jamais comment les premiers hommes se procurèrent le feu, soit qu'ils l'aient réellement obtenu en frottant deux morceaux de bois sec l'un contre l'autre, soit qu'un éclair le leur ait donné par hasard en enflammant un arbre.

Certes on peut obtenir du feu par le frottement du bois et ce procédé a encore été trouvé récemment en usage chez des peuplades sauvages isolées. Mais il exige l'emploi d'un bois d'une sécheresse telle que le climat ne permettrait pas d'en trouver à l'état naturel, sous nos latitudes. C'est précisément la difficulté d'obtenir à nouveau du feu, et, par suite, l'important devoir de maintenir en ignition celui qui était allumé, qui nous fait comprendre pourquoi chez tous les peuples antiques, l'âtre, c'est-à-dire l'endroit où l'on conservait perpétuellement ce bien si précieux, était considéré comme un lieu sacré.

Ce n'est qu'à la fin du moyen âge que l'on trouva le procédé bien plus simple de recevoir l'étincelle, produite par le choc d'une pièce d'acier contre un silex, sur un morceau d'amadou ou d'étoupe, ce qu'on appelait « battre le briquet ». Au commencement du siècle dernier, on chercha un procédé plus pratique pour allumer le feu, en utilisant, pour l'obtenir, l'une des nombreuses méthodes chimiques déjà connues depuis longtemps dans les laboratoires. Jusqu'à l'application enfin couronnée de succès du phosphore (1) qui remonte à 1830 environ, le résultat de ces

(1) REMARQUE. — Son emploi pour un briquet allume-feu est mentionné pour la première fois par le *Journal de l'Empire* du 20 vendémiaire de l'an 14 (12 octobre 1805).

essais fut peu satisfaisant, car ces procédés étaient peu commodes, incertains et les appareils qu'ils exigeaient, parfois dangereux à manier.

Il paraît qu'un jeune Autrichien, Jean Irinyi qui, à cette époque, avait assisté à des expériences sur le phosphore, au cours d'une conférence, trouva la manière la plus pratique d'utiliser le phosphore pour obtenir du feu.

Dans d'autres pays on attribue cette invention à diverses personnes (1). Il existait déjà à cette époque des allumettes en bois garnies simplement de soufre à leurs extrémités et qui étaient d'un usage courant pour communiquer le feu commodément, d'un foyer à un autre. Irinyi enduisit d'un peu de phosphore le bout soufré du bâtonnet et l'allumette moderne était créée. Le phosphore, comme nous le savons, prend feu par simple friction; il enflamme donc le soufre qui communique la flamme au bois. En pratique la fabrication des allumettes est loin d'être aussi simple, on est arrivé cependant à les fabriquer de qualité excellente, au cours des années suivantes. En tant qu' « allume-feu » on n'a rien à reprocher à ce genre d'allumettes; mais certaines de leurs propriétés secondaires ont conduit à leur remplacement partiel par des allumettes de sûreté dites « suédoises ».

En effet, le phosphore est un poison violent et son emploi en masse a mis à la disposition du public une substance des plus dangereuses; en outre, sa manipulation dans les fabriques était des plus néfaste pour les ouvriers auxquels elle faisait contracter d'affreuses maladies des os, généralement mortelles.

Le phosphore ordinaire est d'un blanc jaunâtre. Il présente la remarquable propriété de se transformer en une poudre rouge, ou phosphore rouge, lorsqu'on le chauffe pendant quelque temps à une température de 250°, dans un vase hermétiquement clos, car si on le chauffait à l'air libre il s'enflammerait aussitôt. Cette expérience est facile

(1) REMARQUE. — En France on attribue l'invention des allumettes phosphoriques à Charles Saurin, qui, encore élève d'un collège à Dôle, les inventa en 1832. (Note du traducteur.)

à réaliser. Dans le tube de verre A (v. fig. 6) plaçons un fragment de phosphore blanc. Nous fermons l'extrémité du tube en l'effilant à la lampe, puis nous le suspendons à l'intérieur d'un tube plus large B, où l'on introduit un liquide convenable, ne bouillant qu'à 250°. Si nous chauffons ce bain-marie jusqu'à l'ébullition, le tube contenant le phosphore et plongé dans les vapeurs ainsi dégagées atteindra bientôt lui-même cette température de 250°. Nous voyons alors le phosphore blanc se transformer en une matière rouge sous l'influence de cette température. De cette façon, nous pouvons effectuer cette expérience sans danger, tandis que si nous avions exposé directement à la flamme le tube chargé de phosphore, il aurait pu éclater et nous éclabousser de phosphore brûlant, qui occasionne de terribles brûlures.

Il existe encore une autre différence entre le phosphore blanc et le phosphore rouge (ou amorphe) c'est que ce dernier n'est pas vénéneux et qu'il est beaucoup plus difficile à enflammer: on ne peut pas lui faire prendre feu par friction. Pour y arriver on

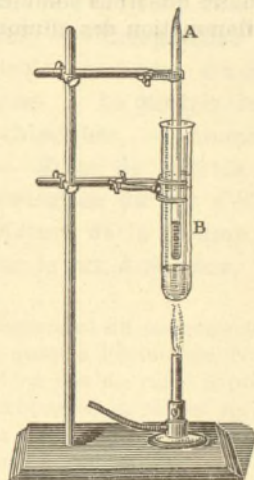


Fig. 6. — Transformation du phosphore blanc en phosphore rouge.

est obligé de lui ajouter des produits chimiques très riches en oxygène et qui le cèdent facilement, favorisant ainsi son inflammation. Le mélange employé pour enduire la tête des allumettes suédoises se compose de 32 parties de chlorate de potasse, 12 parties de chromate de potasse, 32 parties de bioxyde de plomb, et 34 parties de sulfure de plomb. Les trois premières des substances énumérées sont extrêmement riches en oxygène. Si l'on frotte ce mélange oxydant fixé au bout d'un bâtonnet, sur une surface enduite de phosphore rouge, telle que le côté



d'une boîte d'allumettes suédoises, la pointe du bâtonnet s'enflamme et communique le feu à l'allumette.

Si nous préparons une certaine quantité du mélange destiné à fabriquer des allumettes suédoises (ce qu'il faut faire avec de grandes précautions, à cause des dangers d'explosion spontanée) et que nous venions à l'enflammer, nous voyons cette masse déflagrer en produisant l'éclair bleuâtre que nous sommes accoutumés de voir accompagner l'inflammation des allumettes de cette espèce.

---



## DEUXIÈME CONFÉRENCE

---

Nature de la flamme. I. Bougies. — Composition des matières grasses : huiles, pétrole, carbures d'hydrogène. — Les éléments chimiques. — La quadrivalence du carbone. — Les formules chimiques. — Atome et molécule. — La distillation. — Éther de pétrole. — Vaseline. — Paraffine. — La fabrication du gaz d'éclairage et ses sous-produits. — Nature de la flamme. II. Cuisine au gaz. Incandescence par le gaz. Acétylène.

La combustion des substances contenant du carbone sert, non seulement au chauffage, mais aussi à l'éclairage. Nous savons, ce que l'expérience ne tardera pas du reste à prouver, que seules les substances carbonées, capables de se transformer par combustion en gaz ou en vapeurs, peuvent produire une flamme et servir ainsi à l'éclairage.

Les matières très riches en carbone telles que le bois, la houille, le suif ne produisent donc une flamme en brûlant que parce que sous l'influence de la chaleur elles donnent naissance à des gaz et à des vapeurs combustibles. « La flamme n'est autre chose qu'un mélange de gaz brûlant que la chaleur propre de la flamme reforme constamment aux dépens de la substance en combustion. »

Enflammons un morceau de bois : il brûlera avec une flamme. Mais, si nous en avons extrait au préalable tout ce qui peut se volatiliser en le chauffant à l'abri de l'air, le transformant ainsi en ce qu'on appelle du charbon de bois, nous verrons que ce dernier, une fois en ignition, ne produira plus de flamme, mais qu'il se consumera sous forme de tisons incandescents.

L'expérience suivante nous montrera que nous pouvons extraire d'une flamme, celle d'une bougie par exemple, le gaz produisant la flamme, le recueillir, puis le faire brûler à part. Dans ce but nous introduisons dans la flamme un tube de verre dont l'une des extrémités est effilée en pointe (v. fig. 7), tandis que l'autre bout se termine juste sous le bouchon d'une éprouvette pleine d'eau. Un deuxième tube passé au travers du même bouchon plonge d'un bout jusqu'au fond de l'éprouvette, et est relié par l'autre à un tube de caoutchouc, également rempli d'eau, afin d'agir comme siphon.

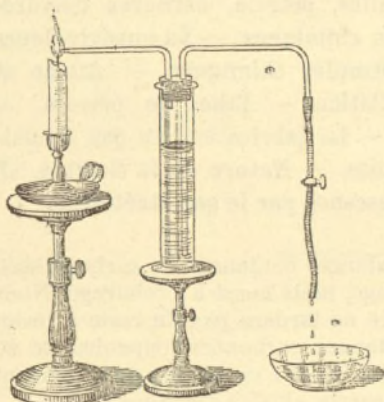


Fig. 7. — Moyen de recueillir les gaz combustibles de la flamme d'une bougie.

Si l'on vient à faire écouler l'eau de ce tube en ouvrant un peu la pince qui le ferme, de telle sorte que le liquide coule lentement, il se produit au bout du tube effilé, dans l'intérieur de la flamme, par conséquent, un effet de succion. Une partie des vapeurs et des gaz de la flamme sont aspirés à l'intérieur de l'éprouvette, tandis que la flamme

diminue beaucoup, parce qu'on lui enlève une portion du gaz servant à l'alimenter. Il faut siphonner lentement afin qu'il n'entre pas, en même temps, de l'air dans le cylindre. Une fois celui-ci rempli de gaz, on ouvre son bouchon et y présentant la flamme, nous verrons que son contenu, c'est-à-dire le gaz extrait de la bougie, peut être allumé et brûler tranquillement; ce qui nous fournit la preuve qu'il existe des gaz combustibles à l'intérieur des flammes éclairantes.

Nous allons nous occuper maintenant des trois substances utilisées le plus généralement pour l'éclairage : les bougies, les huiles et le gaz. Nous ne parlerons pas ici de l'électricité

comme source lumineuse, car ce genre d'éclairage ne ressort pas du domaine de la chimie.

Les bougies représentent la forme sous laquelle on emploie les matières éclairantes solides. Dans les anciens temps, pour les préparer on fondait du suif dans un récipient, c'est-à-dire de la graisse animale déjà obtenue par fusion, et l'on y trempait une mèche. En répétant plusieurs fois cette opération on obtenait une bougie de suif ou chandelle. Ces chandelles brûlaient d'une manière fort imparfaite en formant rapidement un fumeron qu'il fallait fréquemment enlever ou « moucher » avec une paire de ciseaux spéciaux appelés « mouchettes » instrument bien oublié aujourd'hui. On peut facilement s'en rendre compte en regardant la chandelle allumée au début de cette conférence.

Voici les raisons de cette combustion imparfaite. Nous savons déjà que la haute température de la flamme transforme le suif en gaz. Ce cas se produit naturellement dans la mèche qui aspire la graisse fondue dans son voisinage, la flamme produisant la chaleur nécessaire à la vaporisation du suif. Les gaz ainsi produits parviennent à l'air où ils brûlent, l'oxygène de l'air transformant leur carbone en acide carbonique et leur hydrogène en eau.

Mais la mèche elle-même n'arrive pas au contact de l'air extérieur dont elle est séparée par les gaz ascendants. Elle se carbonise sous l'influence de la chaleur sans pouvoir s'enflammer, parce que le carbone qu'elle contient manque d'oxygène et ne peut pas brûler. La mèche forme ainsi un fumeron charbonneux qui empêche la flamme de brûler régulièrement. La régularité de la combustion n'est rétablie que lorsqu'on a mouché la chandelle, en enlevant le fumeron.

Ces inconvénients nous semblent maintenant de peu d'importance parce que nous n'avons plus à les supporter, mais on voit Gœthe écrire dans les « Spruche in Reimen » : « Je ne sais pas ce qu'on pourrait inventer de plus utile



Fig. 8 — Combustion défectueuse des chandelles.



que l'art de faire brûler les chandelles sans avoir à les moucher. » Cela devait être en vérité une chose bien désagréable que d'avoir à interrompre sa lecture du soir, à chaque instant pour moucher une chandelle dont, entre temps, la force éclairante avait baissé au point de rendre toute lecture impossible. A peine un demi-siècle s'est-il écoulé depuis la disparition de cet inconvénient.

Les chandelles étaient fabriquées avec le suif, tel que la nature le livrait. Les recherches chimiques entreprises avec succès vers 1800 ont abouti à l'invention des bougies de stéarine actuelles. Ces recherches ont enseigné que toutes les graisses d'origine animale ou végétales se composent essentiellement de glycérine unie à des acides gras.

La graisse des animaux, celle du bœuf par exemple, se compose de glycérine combinée à trois acides gras : les acides stéarique, palmitique et oléique. Les deux premiers sont des corps solides, le troisième est liquide.

Plus une graisse renferme d'oléate de glycérine plus sa consistance est molle. Les graisses du porc et de l'oie, par exemple, en renferment une très grande proportion. La décomposition des graisses en leurs deux principes est facile à réaliser dans l'industrie; on obtient ainsi un mélange des trois acides gras qui par une compression ultérieure est privé de tout ce qu'on peut lui enlever d'acide oléique.

Le résidu blanc obtenu, en forme de pain, par cette compression, bien qu'il ressemble encore extérieurement aux graisses dont il provient, constitue, après purification, le mélange d'acide stéarique et palmitique employé à la fabrication des bougies. Avant de couler ces dernières on y ajoute encore 10 p. 100 de paraffine (nous allons voir tout à l'heure quelle est cette matière) afin d'obtenir la couleur blanc opaque que nous sommes habitués à voir aux bougies. Le mélange de stéarine et de palmitine aurait l'inconvénient de cristalliser par refroidissement si l'on n'y ajoutait pas de paraffine et, par suite, les bougies présenteraient une surface toute striée.

Les mèches des chandelles étaient fabriquées avec du fil tordu. Cambacérès, le premier, eut l'idée d'introduire dans les bougies de stéarine, bien plus solides, des mèches



tressées en coton, ce qui constitue un progrès aussi simple qu'inappréciable quant à ses effets. L'extrémité des mèches tressées se courbe pendant la combustion de la bougie par suite de la torsion des fils, elle sort de la flamme et brûle parce qu'elle est alors en contact avec l'oxygène de l'air; la mèche est donc aussi bien consumée que le restant de la bougie. Le fumeron si gênant des chandelles ne peut plus se former, le mouchage devient inutile, de sorte que les bougies de stéarine se consomment toutes seules, complètement et régulièrement (1).

En dehors des bougies de stéarine, nous avons encore à mentionner les bougies de cire, ou cierges. La cire d'abeilles est une graisse d'origine animale et sa composition chimique est très semblable à celle des autres matières grasses. Elle se compose également d'acides gras et d'un alcool, car au point de vue chimique, la glycérine appartient à la classe des alcools. Les acides gras qu'on trouve dans la cire sont l'acide cérotique et l'acide palmitique combinés avec l'alcool myricique. La cire étant plus consistante que le suif, les bougies qu'on fabrique avec elle sont bien supérieures aux chandelles.

Comme substances éclairantes liquides on a employé surtout, jusqu'au début de la dernière trentaine d'années, les huiles d'olive, de colza et de navette, qui fournissent une flamme par l'entremise de la mèche qui trempe dans le récipient qui les contient. Comme composition chimique ces huiles ressemblent beaucoup aux graisses animales. Elles se composent aussi de glycérine et d'acides gras : ce sont en somme des graisses liquides à la température ordinaire.

Le pétrole, qu'on emploie aujourd'hui de préférence aux huiles végétales, est une substance tout à fait différente. C'est un mélange de carbures d'hydrogène. Comme nous rencontrons souvent cette expression, même dans les journaux, il faut que nous sachions exactement ce qu'elle signi-

(1) REMARQUE. — Le célèbre chimiste français Chevreul a beaucoup contribué par ses travaux sur les matières grasses à l'adoption des bougies de stéarine et au perfectionnement de leur fabrication. (N. d. t.)

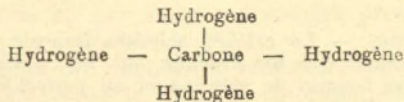
fie. Et, pour cela, il est nécessaire que nous étudions d'un peu plus près le côté chimique de la question.

En chimie, on nous parle des éléments. On entend par éléments les principes des corps qui n'ont pu être séparés en matières constituantes distinctes par aucun des moyens connus. On compte un peu plus de 70 éléments. La plupart se rencontrent rarement: il n'y en a guère que 20 qui jouent un rôle dans la vie courante. C'est avec ces 20 éléments principaux qu'est construit le monde dans lequel nous vivons. Ceci montre que la multiplicité des combinaisons qu'ils sont susceptibles de former entre eux doit être étonnamment grande et c'est ce qui a lieu en effet.

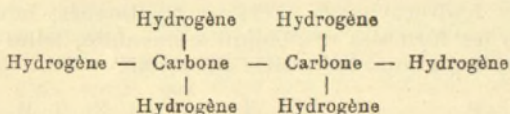
De tous les éléments, celui qui l'emporte de beaucoup sur tous les autres réunis, par sa capacité de combinaison, c'est le carbone. L'extrême diversité avec laquelle ses atomes sont capables de se combiner, soit avec les atomes d'autres éléments, soit entre eux-mêmes, en présence d'atomes d'autres corps, l'emporte sur celle de tous les autres éléments pris ensemble.

C'est à l'aide du carbone que la nature a construit les plus compliquées de toutes ses œuvres, à savoir les êtres vivants. Il s'ensuit que partout où il existe un tissu vivant, on trouve du carbone, aussi bien dans les pépins de la pomme que dans la chair des animaux, ou dans leur squelette: car ce dernier est également imprégné de combinaisons carbonées.

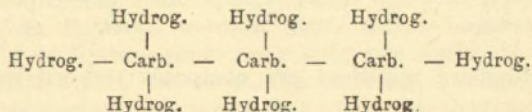
La quantité innombrable des combinaisons du carbone peut se classer aisément, comme on sait le faire à présent, dans un système d'une lecture facile, si l'on prend comme point de départ ses combinaisons avec l'hydrogène ou carbures d'hydrogène. Un atome de carbone peut se combiner avec 4 atomes d'hydrogène, ce qu'on représente par des traits d'union dans les formules chimiques, aussi dit-on qu'il est quadrivalent. Ceci peut être figuré par le schéma suivant :



Nous avons déjà dit que les atomes du carbone étaient capables de s'unir entre eux, de s'enchaîner en quelque sorte. La découverte de ce fait nous a fait connaître de nouveaux carbures d'hydrogène dans lesquels les atomes de carbone ne se lient pas seulement entre eux, mais fixent encore des atomes d'hydrogène comme le représentent les schémas ci-dessous :



et, en abrégé,



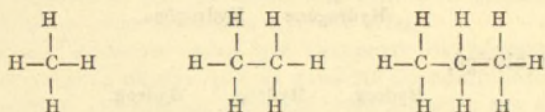
Nous avons relié ensemble jusqu'à 3 atomes de carbone et nous pourrions facilement continuer de la sorte. Dans les laboratoires, on a poussé cette chaîne jusqu'à ce qu'elle contienne 60 atomes de carbone. En outre, ces chaînes peuvent se ramifier dans toutes les directions, et même se refermer l'une sur l'autre en formant une sorte d'anneau. Bref, nous voyons que le nombre de carbures d'hydrogène susceptibles d'existence est énorme.

Dans notre dernière conférence nous serons à même de reconnaître le rôle important que jouent comme remèdes dans la thérapeutique, précisément les corps constitués par des composés d'atomes de carbone liés en forme d'anneau, ce qu'on appelle une chaîne cyclique.

Dans les précédents schémas nous avons écrit d'abord en toutes lettres les noms des deux éléments, puis nous les avons abrégés sans que la compréhension des « formules chimiques » aient eu à en souffrir. Mais ce mode d'écriture serait tout à fait fastidieux dans la pratique; la chimie étant comme toutes les autres, une science cultivée dans tous les pays, on s'est arrangé de façon que les formules



chimiques soient comprises par les chimistes de tous les pays. On a convenu de donner un nom dérivé du latin ou du grec à tous les éléments et de les représenter par la première lettre de ce nom scientifique. Le carbone, en latin *carbo*, est représenté par la lettre C, l'hydrogène, en latin *hydrogenium*, par la lettre H. C'est ce qu'on appelle les symboles de la nomenclature chimique. Appliquons cette règle aux hydrocarbures ci-dessus mentionnés, nous obtiendrons les formules symboliques suivantes, telles qu'on les trouve dans tous les traités de chimie :



Les chimistes appellent ces composés respectivement :

méthane

éthane

propane

Un grand nombre de carbures d'hydrogène, à chaînes droites de carbone, dont nous avons rencontré plus haut les premiers termes sous les noms de méthane, éthane et propane, existent dans la nature, spécialement dans le pétrole d'Amérique.

Le premier terme de cette série, le méthane, est très riche en hydrogène, le plus léger de tous les éléments; aussi le trouve-t-on à l'état gazeux. C'est un produit de la décomposition des substances organiques en présence de l'eau, et il se dégage de la vase des marais lorsqu'on l'agite avec un bâton. En raison de cette origine on lui donnait autrefois le nom de gaz des marais; aujourd'hui, les chimistes l'appellent méthane.

On peut le recueillir à l'état naturel beaucoup plus facilement qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord. Il suffit de plonger dans l'eau stagnante, un peu au-dessus de la surface vaseuse du fond, un entonnoir à large pavillon dont la douille est en haut. On remue la vase au-dessous du pavillon, les bulles montent, s'échappent par la douille et peuvent être recueillies dans un récipient approprié.

L'hydrocarbure suivant est l'éthane dont la molécule (v. ci-dessous) se compose déjà de 8 atomes. Le propane qui vient ensuite en contient 11. Ces deux derniers hydrocarbures sont encore gazeux. Le troisième se trouve dans le pétrole brut.

Nous allons expliquer, avant de continuer, la signification des mots molécule et atome que nous venons d'employer. On appelle atomes les plus petites parties indivisibles des corps simples. Cette dénomination provient d'un mot grec signifiant « qui ne peut être divisé ». Les plus petites parties d'un corps qui n'est pas un élément, mais une combinaison, doivent renfermer des atomes de chacun des éléments qui le constituent. C'est cette plus petite partie (encore divisible) d'un corps composé que l'on appelle molécule, du mot latin *molecula*, petite masse. La plus petite partie d'un hydrocarbure sera donc une molécule et renfermera toujours des atomes de carbone et d'hydrogène.

L'hydrocarbure qui renferme 4 atomes de carbone ne se présente plus sous la forme d'un gaz, mais déjà sous celle d'un liquide; bouillant, il est vrai, à 1°. Dans les carbures subséquents, le point d'ébullition s'élève suivant la progression du nombre des atomes de carbone contenus dans la molécule. Ainsi, l'hexane, qui renferme 6 atomes de carbone et que l'on rencontre aussi dans le pétrole, bout à 70°. En même temps que la teneur en carbone augmente les hydrocarbures deviennent de plus en plus consistants et finissent par constituer des corps solides.

Le pétrole brut renferme un très grand nombre d'hydrocarbures. Chauffons-le dans une cornue, en nous arrangeant de manière à condenser tout ce qui est volatil et qui s'échappe à l'état gazeux, en le refroidissant au moyen d'un réfrigérant (v. fig. 9) de façon à le liquéfier. Au cours de cette opération, appelée distillation, il passera d'abord des composés gazeux que le pétrole brut contient en solution et que le réfrigérant n'a pu liquéfier. Ensuite passent les composés à point d'ébullition encore bas, mais susceptibles d'être liquéfiés dans le réfrigérant. On les vend dans le commerce sous le nom d'éther de pétrole ou ligroïne. On y trouve aussi de la benzine. Tous ces produits donnent sou-



vent lieu à des explosions, voici pourquoi : leur grande volatilité leur permet de se mélanger à l'air environnant, celui d'une chambre par exemple. Si ce mélange d'air et de benzine arrive au contact d'une flamme, les vapeurs de la benzine s'enflamment brusquement et se transforment en acide carbonique et en vapeur d'eau, grâce à l'action de l'oxygène atmosphérique. Cette combustion instantanée est d'une telle rapidité qu'elle prend la forme d'une explosion. Voilà pourquoi il faut toujours éviter d'employer ces substances autrement qu'au jour et près d'une fenêtre ouverte, quand on procède au détachage des vêtements.

Dans la distillation du pétrole brut, la température des vapeurs s'élève petit à petit, ce que l'on reconnaît en consultant le thermomètre plongé dans l'appareil distillatoire. A partir d'une température donnée, on recueille le produit à part, en changeant le récipient, et c'est lui qui constitue le pétrole lampant. Ce pétrole du commerce, doit, à cause de sa grande inflammabilité, répondre à des données déterminées, fixées par la législation respective de chaque pays. Ces données sont telles que le pétrole ne puisse faire explosion lorsqu'on le brûle dans les lampes. Avant que cette réglementation ne fût adoptée, il arrivait que le pétrole du commerce contenait encore des parties appartenant à la benzine. Lorsque celle-ci s'était volatilisée hors du récipient de la lampe, et qu'elle s'était suffisamment mélangée à l'air, il se produisait une explosion au contact de la flamme, ce qui faisait éclater le récipient.

Les résidus de la distillation du pétrole brut américain, une fois la distillation du pétrole proprement dit terminée, et qui restent dans la cornue, ont une consistance analogue à celle du beurre et sont transformés en vaseline. Par contre les résidus du pétrole russe sont beaucoup moins purs et ne produisent que des lubrifiants.

L'appareil à distiller que nous reproduisons fig. 9 est le plus généralement employé dans les laboratoires. Le produit à distiller, contenu dans un ballon H, est chauffé jusqu'à son point d'ébullition au moyen de la flamme d'un brûleur à gaz ou d'une lampe à alcool. Les vapeurs qui se dégagent du liquide en ébullition montent dans le col,



fermé hermétiquement par un bouchon, et passent dans la tubulure latérale soudée au col du ballon. De là, elles gagnent le tube intérieur A du réfrigérant, qui est entouré par un tube B, beaucoup plus large que le premier. Ce tube B, ou manchon, est réuni intimement au tube A au moyen de deux bouchons C placés à ses deux extrémités, de telle sorte que l'on peut y faire circuler continuellement un courant d'eau froide, y pénétrant par l'ajutage d'entrée D, et sortant par l'ajutage de sortie E. Il se produit ainsi un refroidissement continu et énergique à l'intérieur du tube

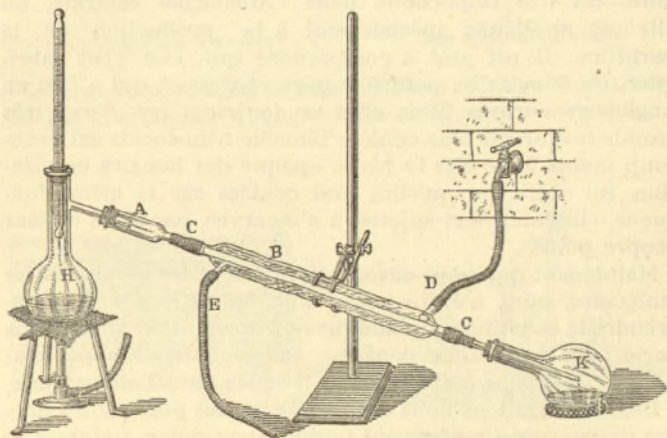


Fig. 9. — Appareil à distillation.

A; les vapeurs qui y passent se liquéfient peu à peu, et viennent couler, à l'état de gouttelettes, dans le ballon K, ou récipient, placé au bout de l'appareil. Un thermomètre passant dans le bouchon du ballon à distiller H et plongeant dans le col, un peu en dessous de la tubulure latérale, permet de noter la température à laquelle les vapeurs distillent. Cet appareil ingénieux est dû à Liebig et il en porte le nom; dans l'industrie on emploie des appareils analogues, modifiés d'une façon appropriée à la fabrication en

grand. Dans ce cas, les appareils sont naturellement fabriqués en métal au lieu de verre.

La paraffine, dont nous avons parlé page 20, est aussi un mélange de carbures d'hydrogène, de constitution moléculaire supérieure. Ces carbures, possédant des molécules très riches en carbone, se présentent en conséquence à l'état solide. On ne les retire pas du pétrole mais du goudron produit par les charbons de terre appelés lignites lorsqu'on les soumet à la distillation sèche (nous reviendrons tout à l'heure sur ce procédé). La fabrication du goudron de lignite est très importante dans l'Allemagne centrale, où elle est appliquée spécialement à la production de la paraffine. Il est aisé à comprendre que l'on peut fabriquer des bougies en paraffine pure et c'est ce qui a lieu en Angleterre surtout. Mais elles ne jouissent pas d'une très grande faveur car leur couleur blanche translucide est beaucoup moins belle que le blanc opaque des bougies en stéarine. En outre, lorsqu'elles sont coulées sur la même longueur, elles sont fort sujettes à s'incurver, par suite de leur propre poids.

Maintenant que nous savons ce que sont les atomes et les molécules, nous n'éprouverons aucune difficulté à comprendre la constitution chimique de l'ozone, dont nous avons parlé page 9. L'ozone constitue une modification particulière de l'oxygène à côté duquel il existe dans l'atmosphère.

Des investigations nous ont appris que les plus petites parties de l'oxygène renferment toujours au moins 2 atomes et constituent par conséquent une molécule. Cette particularité vient de la tendance qu'ont ces éléments de s'unir entre eux. Nous sommes obligés de concevoir les éléments de cette façon, car s'ils n'avaient aucune tendance à se combiner entre eux, ils seraient restés à côté les uns des autres de toute éternité sans former de corps composés. Lorsque certains éléments, tels que l'oxygène, se trouvent à l'état libre dans l'air, leur tendance à la combinaison les pousse à se combiner les uns aux autres, neutralisant ainsi réciproquement leur capacité de combinaison ou affinité; c'est de cette façon qu'ont pris naissance les molécules diatomiques de l'oxygène atmosphérique ordinaire.

Or, lorsque l'oxygène est soumis à certaines influences telles que celles de l'étincelle électrique (la foudre dans la nature), ou à d'autres encore, il peut se produire le fait qu'au lieu de la réunion de 2 atomes, 3 cherchent à s'unir entre eux. Et ceci a lieu en effet. Mais l'union de ces 3 atomes n'est pas très stable, et le troisième atome s'en sépare dès qu'il a l'occasion de se combiner à un autre élément. C'est cette variété de l'oxygène, dont la plus petite partie contient 3 atomes, qui a reçu le nom d'ozone.



une molécule d'oxygène



une molécule d'ozone

Il nous reste encore, comme matières éclairantes, à parler du gaz d'éclairage, auquel viendra s'ajouter l'acétylène.

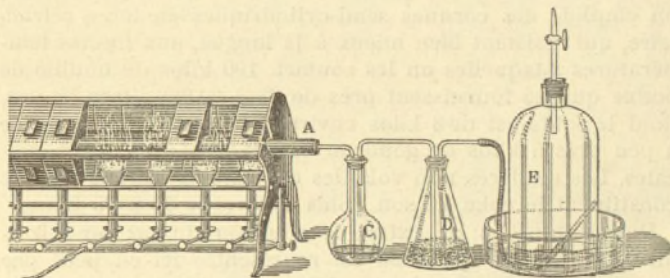


Fig. 10. — Appareil de laboratoire pour produire le gaz d'éclairage.

Si nous chauffons (1) aussi fortement que possible dans le tube de fer, fermé à une extrémité, représenté en A dans la fig. 10. des matières telles que le bois, la tourbe, la houille, en les soumettant ainsi à ce qu'on appelle une distillation sèche, tout ce qu'elles renferment de corps volatils en sera chassé sous forme de vapeur et de gaz et, suivant le tube abducteur, parviendra dans le flacon C. On appelle

(1) REMARQUE. — Pour chauffer le tube A nous nous servons précisément d'un fourneau à gaz de forme allongée, dit grille à combustion, également représenté dans la figure.



vapeur les espèces d'air qui reprennent la forme liquide à la température ordinaire, tandis que les gaz sont les sortes d'air qui conservent leur forme gazeuse à la même température.

Par conséquent, celles des substances volatiles éliminées par la chaleur qui sont susceptibles de redevenir liquides, à la température ordinaire, se condenseront en C sous forme de goudron et d'eaux ammoniacales (sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure), tandis que tout ce qui reste gazeux à la température ordinaire s'échappera de C, passera en D puis, de là, ira s'accumuler sous la cloche E, qui sert ici de réservoir à gaz. Nous pouvons très bien appeler notre réservoir E un gazomètre, car l'ensemble de notre appareil représente, en petit, les parties essentielles d'une usine à gaz.

Dans les véritables usines, on distille principalement la houille comme matière première et, au lieu de tubes de fer, on emploie des cornues semi-cylindriques en terre réfractaire, qui résistent bien mieux à la longue, aux hautes températures auxquelles on les soumet. 100 kilos de houille de bonne qualité fournissent près de 28 à 30 000 litres de gaz, dont le poids est de 8 kilos environ et produisent, en outre à peu près 5 kilos de goudron et 4 kilos d'eaux ammoniacales. Les matières non volatiles qui restent dans la cornue constituent le coke, et son poids s'élève de 70 à 75 kilos.

Dans l'industrie, on extrait le goudron du gaz par refroidissement. Cette opération est représentée ici en petit par le matras C. Une fois le gaz débarrassé du goudron, on le fait barboter dans l'eau, on le lave pour dissoudre tout ce qu'il peut encore contenir de matières solubles telles que le gaz ammoniac qui en constitue la majeure partie; s'il y restait, il abaisserait de beaucoup la valeur éclairante du gaz.

Le gaz ammoniac se compose d'azote et d'hydrogène, ces deux éléments existant dans la houille sous forme de combinaisons de constitutions très complexes. L'ammoniac se forme sous l'influence de la haute température des cornues, par réduction de ces composés complexes, en un corps bien plus simple. Le gaz ammoniac est très soluble dans l'eau et c'est sous la forme de solution, appelée ammoniacque ou

alcali volatil, à l'odeur si pénétrante et si caractéristique, qu'il est connu du public. Nous apprendrons page 53 les usages de l'énorme quantité d'ammoniaque, constamment produite par l'ensemble des usines à gaz du monde entier.

Le matras D que nous avons intercalé dans notre appareil correspond aux épurateurs utilisés dans les usines pour la purification du gaz, obtenue au moyen de couches d'oxyde de fer hydraté. On emploie dans ce but le minerai de fer appelé limonite, très répandu dans la nature, et qui est un oxyde de fer hydraté. Il suffit de le pulvériser pour l'utiliser. Ce corps a pour but d'absorber le soufre contenu dans le gaz d'éclairage parce qu'il se combine avec ce soufre en formant du sulfure de fer, corps employé dans l'industrie chimique. Les traces de soufre qui restent dans le gaz brûlent lors de la combustion en formant de l'acide sulfureux, corps gazeux à l'odeur pénétrante que chacun de nous a senti en enflammant une allumette soufrée; il se transforme même partiellement en acide sulfurique sous l'influence de la chaleur de la flamme du gaz d'éclairage en combustion. L'oxyde de fer hydraté retient à peu près tout le soufre contenu dans le gaz, sauf une combinaison qui est le sulfure de carbone. Le gaz n'en contient qu'une bien faible quantité; mais on n'a pas encore réussi à trouver dans la technique du gaz, un procédé pratique pour l'en retirer.

Le gaz, purifié de la manière décrite, est ensuite recueilli dans les gazomètres et de là il est distribué, au moyen de conduites tubulaires, aux endroits où il doit être employé. Nous pouvons enflammer celui que nous venons de préparer ici, en ouvrant le robinet H, et nous le voyons brûler avec sa flamme éclairante bien connue.

L'analyse suivante donnera une idée de la composition d'un gaz d'éclairage :

Hydrogène . . . . .	45,2	volumes p. 100
Méthane (voyez page 24). . . . .	35,0	—
Autres carbures d'hydrogène. . . . .	4,4	—
Gaz oxyde de carbone . . . . .	8,6	—
Azote . . . . .	4,8	—
Acide carbonique . . . . .	2,0	—
	<hr/>	
	100,0	volumes p. 100



Lors de la combustion du gaz, par suite de sa teneur en carbone, il se forme, comme nous pouvons le prévoir, du gaz acide carbonique, ainsi que de l'eau grâce à l'hydrogène qu'il contient; cette eau est immédiatement gazéifiée par suite de la haute température de la flamme. Le gaz d'éclairage brûle donc en ne produisant, selon toute apparence, que deux corps gazeux inodores, incolores et invisibles.

Mais il se produit toujours un peu d'acide sulfureux dans les pièces éclairées au gaz, par suite de sa teneur, bien minime pourtant, en combinaisons sulfureuses. Ce gaz sulfureux est des plus nuisibles aux plantes, ce qui nous explique pourquoi les plantes d'appartement ne peuvent pas prospérer dans les chambres éclairées ou chauffées au gaz. Mais la petite quantité d'acide sulfureux dont il s'agit ici, est comme l'expérience l'a prouvé, heureusement inoffensive pour les hommes.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, le soufre contenu dans le gaz brûle en produisant partiellement de l'acide sulfurique gazeux. C'est cet acide qui finit par former des taches sur les verres de lampe, lorsqu'on néglige de les nettoyer. L'acide sulfurique se condense au contact de la paroi de verre sous forme de fines gouttelettes; comme c'est un liquide excessivement caustique, c'est-à-dire très destructif, il carbonise les particules de poussière qui y tombent. Voici donc la raison de cette fâcheuse tendance qu'ont les verres de lampes à gaz, à se couvrir peu à peu de taches brunâtres, phénomène qui ne se produit pas avec les lampes à huile ou à pétrole, parce que ces combustibles ne contiennent pas de soufre.

Revenons maintenant sur la nature de la flamme éclairante, étude à laquelle le physicien anglais Davy s'est livré le premier. Cela nous est rendu facile précisément par la flamme du gaz, qui va nous faciliter notre démonstration et nos explications.

Nous constatons qu'une flamme éclairante est très riche en carbone, en y introduisant une assiette de porcelaine. Par suite du refroidissement ainsi produit, le carbone s'y dépose sous forme de noir de fumée. Ce carbone est primi-



tivement extrait des carbures d'hydrogène par la chaleur qui règne à l'intérieur de la flamme, dont la haute température suffit en même temps à le porter au blanc incandescent, qui produit la lumière de la flamme. Lorsqu'il parvient au bord extérieur de celle-ci, il est mis en contact avec l'oxygène de l'air : il y brûle en formant également de l'acide carbonique, et disparaît en se répandant sous cette forme gazeuse dans l'atmosphère ambiante. Nous pouvons facilement constater par l'expérience que cela a réellement lieu ainsi.

Dans l'emploi du gaz en cuisine, progrès qui se généralise de plus en plus, et qui se justifie par sa commodité et sa propreté, les personnes utilisent toujours le gaz sous la forme de flamme non éclairante et c'est pour cette raison que les ustensiles de cuisine ne sont pas souillés de suie, car cette flamme ne produit pas de dépôt de carbone.

Les chimistes, qui depuis 50 ans utilisent le gaz partout où on le fabrique emploient dans ce but le brûleur primitivement inventé par Bunsen, et dont le principe, modifié suivant le besoin, a été appliqué dans la suite aux fourneaux à gaz modernes. Notre fig. 11 représente un bec Bunsen entier, en R, ainsi que ses parties séparées, A, D, H. Le gaz est amené en B dans le support A du brûleur au moyen d'un tube de caoutchouc. Il s'en échappe par le petit ajustage C. Si nous allumons en cet endroit, il brûle avec sa flamme éclairante ordinaire. Mais le brûleur n'est jamais

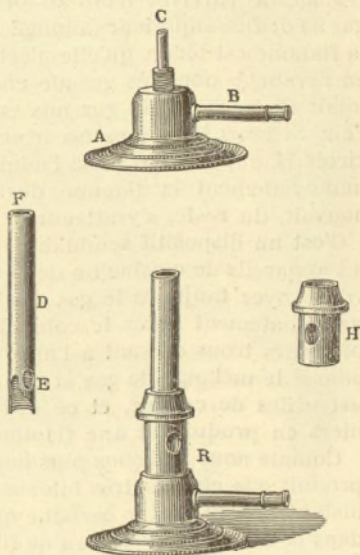


Fig. 11. — Brûleur Bunsen entier et démonté.

employé de cette façon; on assujettit sur l'ajutage C, au moyen d'un pas de vis, un tube D dans lequel sont pratiqués plusieurs trous E qui viendront se placer à la hauteur de la pointe C. Lorsque le gaz s'échappera de C, son courant ascendant dans le tube R entraînera de l'air par les trous E, de sorte que c'est un mélange de gaz et d'air qui parvient à l'orifice F du brûleur. La bague H, ou virole, également percée de trous, est mobile autour du tube D et permet le réglage de l'arrivée d'air au brûleur. Si nous allumons le gaz à l'orifice supérieur (allongé du tube D), nous voyons que la flamme est bleue, qu'elle n'éclaire plus, mais qu'elle émet en revanche une très grande chaleur, due à la combustion totale du carbone du gaz mis en contact avec l'oxygène de l'air. Si nous bouchons les trous du tube R en tournant la virole H, supprimant ainsi l'admission de l'air, nous voyons immédiatement la flamme devenir éclairante, comme on pouvait, du reste, s'y attendre.

C'est un dispositif semblable que l'on retrouve dans tous les appareils de cuisine ou de chauffage par le gaz. Là aussi, vous voyez toujours le gaz s'échapper d'une pointe placée immédiatement après le robinet, et autour de cette pointe plusieurs trous servant à l'arrivée de l'air dans le tube qui amène le mélange de gaz et d'air au brûleur, placé sous les ustensiles de cuisine, et ce mélange brûlera sous ces derniers en produisant une flamme non éclairante.

Comme nous le disons plus haut, la flamme non éclairante produit une chaleur très intense, par suite de la combustion instantanée de tout le carbone qu'elle contient. Introduisons dans la flamme un faisceau de fils de platine (le platine n'est pas altéré même à cette température), nous le voyons devenir d'un blanc éblouissant, émettant ce qu'on appelle la lumière incandescente. Le dernier et sensible progrès réalisé dans le domaine de l'éclairage au gaz, l'incandescence par le gaz, est la représentation très perfectionnée de ce phénomène.

Dans le bec à incandescence, nous voyons, comme dans le brûleur Bunsen, la flamme rendue non éclairante au moyen de l'admission de l'air obtenue à l'aide de petits trous, quatre en général, placés près de l'entrée du gaz à

la partie inférieure du bec. La flamme non éclairante, mais d'une chaleur intense, porte à l'incandescence un cône creux, communément appelé manchon, suspendu au-dessus. Ce cône se compose des oxydes d'éléments très rares, oxydes de cerium et de thorium, dont les chimistes connaissaient depuis longtemps la propriété d'émettre une lumière très vive lorsqu'on les chauffe à de hautes températures.

Mais ce ne fut qu'Auer de Welsbach, un chimiste allemand, qui parvint le premier à faire une application pratique de cette propriété, et encore n'y réussit-il qu'après de longs travaux. Son principal mérite réside dans l'invention du corps incandescent, constitué par un manchon en tissu de coton, que l'on imprègne des solutions d'oxydes de cérium et de thorium, puis que l'on calcine ensuite pour détruire la matière textile. Le mélange incombustible d'oxydes conserve la structure et la forme du tissu et constitue ainsi le manchon à incandescence d'une si grande fragilité.

Déjà en 1885, Auer avait construit un bec à incandescence pour l'éclairage des appartements; mais le procédé ne devint réellement pratique qu'en octobre 1891 et il a été encore bien perfectionné depuis, car on a réussi, au moyen de mélanges appropriés des deux oxydes, à transformer en un blanc agréable à l'œil, la couleur lunaire, livide, que les manchons émettaient à l'origine. Nous voyons donc que, tandis que dans les anciennes méthodes d'éclairage par le gaz, c'est le carbone rendu lumineux dans la flamme où il se dégage, qui produit la lumière, avec le manchon Auer ce sont les oxydes des métaux précités qui produisent la lumière parce qu'ils possèdent naturellement la propriété d'émettre une lumière bien plus puissante.

Nous savons par une expérience journalière que les hautes températures altèrent les corps de toutes sortes. Depuis que l'on dispose de températures qui laissent loin

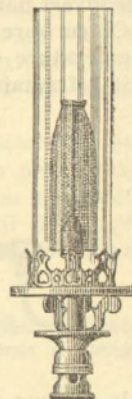


Fig. 12 Bec à incandescence par le gaz.



derrière elles toutes celles que l'on employait auparavant, on a réussi à préparer facilement de nouveaux composés qu'il était presque tout à fait impossible d'obtenir autrefois. Les plus hautes températures connues sont celles qui existent entre les pointes des charbons des lampes électriques à arc. Si l'on fait brûler ces dernières, par exemple dans un mélange de chaux et de charbon, c'est-à-dire si l'on chauffe ces matières au four électrique, nom de l'appareil employé, ces deux corps réagissent l'un sur l'autre. Il se forme alors un produit appelé carbure de calcium, découvert par le chimiste français Moissan.

Ce carbure de calcium ayant été formé à la plus haute température connue, on peut le considérer comme tout à fait réfractaire à la chaleur. Quelque insensible qu'il soit

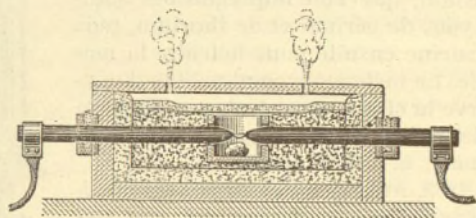


Fig. 13. — Four électrique.

à la chaleur, il l'est fort peu vis-à-vis de l'eau, même froide.

Aussitôt qu'on en verse sur ce produit il se modifie complètement; il se décompose en dégageant un gaz préparé par les chimistes, au moyen d'autres procédés, depuis longtemps, et appelé par eux gaz acétylène; ce composé gazeux est un carbure d'hydrogène. Autrefois très difficile à préparer et par suite très coûteux, l'acétylène est devenu si bon marché (grâce au carbure de calcium produit par le four électrique) (1) que l'on put commencer à l'utiliser

(1) REMARQUE. — Depuis, le four électrique a été employé avec beaucoup de succès à l'obtention des métaux existant dans les minerais difficilement fusibles tels que le chrome, le vanadium, le tungstène, utilisés en métallurgie et à fondre des substances réputées infusibles, comme la chaux, le quartz et l'alumine. (Note du traducteur.)

comme substance éclairante en janvier 1895. En effet, la fabrication de l'acétylène consiste simplement à arroser d'eau le carbure calcique.

C'est M. Willson qui le premier en fit la proposition. Mais la carrière de l'acétylène n'a répondu ni aux espérances que l'on se faisait ni aux succès qu'on lui avait prophétisés. L'inclination bien connue du caractère humain, de toujours exagérer tout ce qui est nouveau, a joué son rôle ici aussi. Aujourd'hui on a reconnu que l'obligation où l'on se trouverait d'avoir à préparer journallement soi-même l'acétylène destiné à l'emploi domestique dans de petits gazogènes privés, constitue un grand désavantage vis-à-vis de la constante capacité d'emploi du bon vieux gaz d'éclairage, ou de l'électricité, qui sont fournis par des usines centrales.

Ce désavantage peut être moins sensible pour des établissements usiniers, qui peuvent employer du personnel à la fabrication de l'acétylène; mais pour les villas isolées, etc. sa préparation constituera toujours un travail d'un agrément problématique, qui risque fort de le faire tomber en désuétude (1).

(1) REMARQUE. — Par suite de son instabilité il est impossible de conserver longtemps l'acétylène car on risquerait le danger de formidables explosions spontanées. (N. d. t.)

### TROISIÈME CONFÉRENCE

---

**Nutrition des plantes. — Fumure. — Jachère. — Engrais artificiels. — Les os, les superphosphates. — Les sels de potasse. — Engrais azotés. — Bases, acides et sels. — Les eaux-mères — Alimentation des hommes et des animaux. — Essais de digestion artificielle. — Albumine. — Graisses. — Hydrates de carbone. — Le lait et le caillage. — Les fromages. — Appareil de Soxhlet. — Fibrine. — Sérum. — Ration alimentaire du bétail. — Colle et gélatine.**

Nous arrivons maintenant aux matières alimentaires.

Le globe terrestre, comprenant la terre proprement dite et l'atmosphère qui l'entoure, se compose de matières inanimées. C'est à sa surface, ou dans la couche d'air environnante, que vivent les végétaux et les animaux. Les végétaux sont capables de retirer de la matière inanimée tous les matériaux propres à leur alimentation. Les animaux ne le peuvent pas et ils dépendent directement ou indirectement du règne végétal pour leur subsistance.

Un arbre, par exemple, qui demeure toujours au même endroit, peut y vivre pendant des siècles. La nature lui fournit tout ce qui est nécessaire à sa subsistance et la pluie lui procure l'humidité dont il a besoin. Il retire, de l'acide carbonique atmosphérique, tout le carbone nécessaire à la formation de son bois, ou des organes complexes qui assurent son existence. Les feuilles et plus spécialement, selon toute vraisemblance, les granules vertes qu'elles renferment, et que l'on nomme granules de chlorophylle, ont la



propriété de dissocier l'acide carbonique en carbone et en oxygène, en fixant le carbone dont elles ont besoin et en abandonnant l'oxygène à l'atmosphère. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'acide carbonique est un gaz très stable, qu'il est difficile de scinder en ses principes, même au laboratoire. Nous savons tous qu'il se produit aux hautes températures de toutes les flammes.

Tous les composés inorganiques (c'est-à-dire provenant de la matière inanimée) dont les plantes ont besoin se trouvent dans le sol sur lequel elles poussent. Nous pouvons reconnaître ces corps lors de la combustion du bois, car ils subsistent après celle-ci, sous forme de cendres.

Si nous étudions d'un peu près ces cendres végétales, les analyses nous donneront les résultats suivants. La teneur en cendres d'une plante de seigle, par exemple, est de 6,38 p. 100 de son poids au moment de la floraison; celle des grains de seigle murs n'est plus que de 1,93 p. 100. Les cendres elles-mêmes ont la constitution suivante, exprimée en centièmes, et dans l'énumération desquels nous ne nous servirons que de termes faciles à comprendre.

Composition de la cendre d'une plante de seigle.		Composition de la cendre du grain de seigle.	
Acide phosphorique . . .	20,35 p. 100.	47,52 p. 100	—
Sels potassiques. . . . .	37,16 —	34,50 —	—
Silice . . . . .	24,88 —	2,75 —	—
Chaux et Magnésie. . . . .	12,32 —	14,13 —	—
Acide sulfurique. . . . .	4,03 —	—	—
Sel marin. . . . .	0,76 —	0,90 —	—
Oxyde de fer . . . . .	0,50 —	0,20 —	—

Il faut donc que le sol renferme tous ces composés pour que le seigle puisse croître à sa surface. Il n'y a jamais pénurie de la plupart de ces substances, comme par exemple, de silice ou acide silicique, nom chimique du sable pur, ou de l'oxyde de fer.

Les analyses que Liebig le premier a entreprises vers 1840 et poussées à l'extrême quant à leurs conséquences, ont eu pour résultat que l'on sait maintenant qu'il faut

ajouter d'une manière générale au sol, pour en éviter l'épuisement :

De l'acide phosphorique;  
Des sels de potasse;  
De l'azote;

Nous n'avons pas encore pu mentionner le dernier de ces corps au point de vue nutritif, mais nous allons bientôt apprendre ce qu'il en est exactement à son sujet. Les autres parties constituantes de la cendre existent d'habitude en quantités suffisantes dans les terrains.

Tous les peuples civilisés ont pratiqué l'agriculture depuis des temps immémoriaux et cependant personne ne s'était jamais rendu compte, d'une façon précise, des phénomènes qui se passent pendant la croissance des plantes. On avait naturellement cherché une explication depuis longtemps, mais, au lieu de parvenir à une connaissance exacte des choses, on avait abouti à des conceptions tout à fait erronées, dont les savants eux-mêmes ne voulurent pas démordre jusqu'en 1850. Comme on ne parvint pas à trouver de lien entre le monde inorganique, c'est-à-dire inanimé, et le monde organique, c'est-à-dire vivant, on accepta l'hypothèse d'un abîme infranchissable séparant les deux règnes.

C'était une force mystérieuse, la force vitale, quelque chose d'indéfinissable, impossible à expliquer, qui appartenait en propre à la matière vivante et la différenciait de la matière inerte. Cette fausse conception en amena une autre : c'est que la nature, lors de la création aurait placé dans le monde une quantité déterminée de matière organique, c'est-à-dire douée de force vitale; celle-ci, par un cycle éternel, engendrerait l'existence d'une quantité déterminée de vie végétale, également fixée par la nature, lors de la création et, par là, de vie animale sur le globe terrestre. Ces conceptions fantaisistes qui n'étaient qu'un voile gisant l'ignorance, furent détruites par Liebig au moyen de ses recherches basées sur des expériences irréfutables. Ces travaux prouvent que l'hypothèse d'une pareille force vitale est non seulement fausse, mais encore superflue, par-



ce que les plantes ne sont pas obligées de tirer leurs moyens d'existence des matières organiques, c'est-à-dire ayant déjà vécu, mais, qu'au contraire, elles construisent leur organisme avec des matériaux inorganiques, c'est-à-dire inertes. Il en résulte que la somme totale de matière organique n'a pas été déterminée par la nature au début de toutes choses terrestres, comme l'admettait l'ancienne hypothèse; mais, bien au contraire, que l'homme, doué de réflexion, peut développer considérablement la végétation en donnant une nutrition convenable aux végétaux. Comme le règne végétal est la nourrice du règne animal et de l'humanité (v. conf. IV) on voit que l'homme gouverne la terre d'une manière bien supérieure à celle qui était admise dans ces conceptions surannées.

N'est-il pas étonnant qu'il ait fallu tant de siècles à l'humanité pour parvenir à cette conception? nous y trouvons une raison de plus pour admirer Liebig qui sut trouver ces lois, d'autant plus qu'il n'avait jamais été agriculteur. Même Thaer, par exemple, ce grand réformateur de l'agriculture, le premier presque qui ait jamais tenté d'explorer scientifiquement les phénomènes de la vie végétale et qui obtint des résultats remarquables dans l'élevage du bétail vers le début du dix-neuvième siècle, même ce savant-là n'avait vu dans la teneur en cendres des végétaux que des éléments de composition fortuits, et il n'avait pas su reconnaître qu'elle est une condition indispensable de leur développement. D'après lui, les végétaux prospèrent d'autant mieux que la couche d'humus du sol à la surface duquel ils poussent est plus épaisse, et, par suite, que la quantité de substances organiques en décomposition, c'est-à-dire ayant vécu déjà auparavant, est plus considérable.

Bref, il avait eu une conception encore fautive de l'état de choses propre à la nutrition des plantes. On voit donc que, jusqu'à Liebig, l'agriculture a été pratiquée d'une façon absolument primitive et empirique, c'est pourquoi maints territoires de terre arable ont été complètement épuisés au cours des temps. On constate ainsi qu'en Sicile, l'ancien grenier d'abondance des Romains, où l'on n'a jamais fourni d'engrais au sol depuis plus de deux mille ans, l'hec-



tare de terre cultivée ne produit en moyenne que 1 100 litres de froment, tandis qu'en de nombreuses régions de l'Europe le rendement moyen s'élève à 2 300 litres.

On avait remarqué de très bonne heure, que si l'on cultive les mêmes espèces pendant plusieurs années de suite dans un même champ, son rendement, ou plutôt sa capacité de production, par rapport à son étendue, baisse d'année en année. C'est pourquoi l'on adopta l'usage d'alterner les cultures en un cycle déterminé, c'est ce qu'on appelle pratiquer des assolements.

Aussi trouvons-nous, dans les rares ouvrages agronomiques qui nous sont parvenus de l'antiquité classique que, comme suite à cette observation, le changement alternatif des cultures est fort recommandé. Du reste, jusqu'au milieu du dix-huitième siècle, les traités d'agriculture ne contiennent rien en dehors des matières qui ont déjà été traitées dans des ouvrages vieux de près de deux mille ans. On peut donc affirmer qu'il n'y avait eu aucun progrès accompli en agriculture sur les méthodes de l'antiquité, pendant cette longue période.

La raison du rendement meilleur des terres sur lesquelles on pratique l'assolement, est que les diverses plantes n'utilisant pas d'une manière uniforme les matières nutritives contenues dans l'humus, le sol se trouve épuisé d'une façon variable. La preuve en est fournie par l'analyse des divers végétaux cultivés et qui en montre la composition variée.

D'autre part, on a, dès la plus haute antiquité, fumé les champs avec tous les détritits résultant de l'économie domestique agricole et l'on a ainsi, tout en ignorant le pourquoi et le comment, rendu au sol presque tout ce qui lui était enlevé. On n'avait eu recours à la fumure que parce qu'on avait reconnu d'une manière fortuite que cette pratique améliorerait le rendement de la terre arable. Cependant, beaucoup de produits de la culture disparaissant par suite de vente ou de consommation, il arrivait forcément qu'une certaine quantité de sels minéraux était annuellement soustraits à l'humus, sans lui être jamais restitués, il en résultait un abaissement continu de la capacité productrice du sol, en dépit de la fumure.

Ceci avait été également reconnu dans la pratique, sans qu'on ait pu en trouver la véritable raison, et cette remarque avait conduit à l'adoption de la méthode des jachères. Ce procédé consiste à laisser un champ en friche pendant un an, lorsqu'il a été cultivé pendant plusieurs années de suite. On obtenait ainsi une réelle augmentation de sa fertilité pour la période suivante.

Ce fait n'est pas compréhensible *a priori*, car, s'il est permis de s'exprimer ainsi, il ne tombe du ciel ni de l'acide phosphorique ni des sels potassiques, c'est-à-dire qu'aucun de ces composés ne peut parvenir du dehors sur la terre en friche, pendant l'année de jachère; par suite, il ne se produit pas, par cette méthode, d'augmentation dans la quantité de ces deux principes des plus nécessaires à l'existence de la plante.

Les résultats favorables obtenus par la mise en jachère provenaient d'une autre cause que nous allons expliquer. A l'intérieur de l'humus, les sels potassiques et l'acide phosphorique se trouvent principalement sous une forme insoluble dans l'eau, inutilisables par les racines des végétaux, qui ne peuvent les absorber qu'à l'état de solution.

Cependant, l'action combinée de l'humidité et de l'acide carbonique atmosphérique circulant dans le sol arable, attaque peu à peu ces combinaisons insolubles, en les transformant lentement en corps solubles. Les fragments de pierres s'effleurissent, comme on l'a dit, dans le sol. Cette provision de sels devenus solubles, c'est-à-dire utilisables pour la nutrition végétale, et qui n'a pas été employée pendant l'espace d'un an, s'ajoute à ceux qui se dissolvent toujours plus ou moins, en temps ordinaire, et l'ensemble suffit à produire des récoltes d'un rendement plus avantageux au cours de la période de culture suivante.

Vers 1750, on s'aperçut qu'il était possible de faire pousser du trèfle, c'est-à-dire du fourrage, sur les champs de céréales pendant l'année qu'ils restaient inutilisés, sans que les rendements des récoltes de céréales ultérieures, en souffrissent de façon sensible. Les racines du trèfle, comme nous le savons aujourd'hui, s'enfoncent profondément sous terre et vont chercher les sels inorganiques à une profondeur



inaccessible aux racines de céréales. Ce fut pour l'époque un grand progrès, car, grâce à l'augmentation de la récolte du fourrage, il devenait possible d'élever beaucoup plus de bestiaux et, sans compter la valeur intrinsèque du bétail, on obtenait beaucoup plus de fumier. Lorsque le sol s'était fatigué du trèfle on l'ensemencé (comme l'expérience apprend bientôt à le faire) avec des pois, des haricots, des pommes de terre, etc. De cette façon on arrive à une succession régulièrement alternante de céréales ou de plantes potagères, avec intercalement périodique de plantes fourragères.

Si ce système d'assolement avec suppression de la jachère était rendu possible c'est parce que, ainsi que nous l'avons déjà dit, les plantes variées emploient chacune des quantités relativement différentes des divers sels inorganiques nécessaires à leur nutrition. En outre elles puisent les éléments nutritifs qui leur sont nécessaires, dans des couches tantôt superficielles, tantôt profondes, du sol de sorte que si le cycle d'assolement est régulièrement suivi, les sels plus spécialement exigés par une certaine plante, ont été moins employés par des cultures antérieures et restent donc en quantité suffisante dans le sol. Un cycle quaternal de froment, pommes de terre, orge et trèfle enlève les quantités ci-dessous indiquées de matières inorganiques à un hectare de terre arable, quantités exprimées en kilos et calculées sur des récoltes moyennes.

	Pommes de terre.				Quantités totales pour les 4 années.	
	Froment.	Orge.	Trèfle.	les 4 années.		
Acide phosphorique.	35,2	27,3	30,5	35,2	129,2	kilos
Sels de potasse . . . . .	61,5	102,7	60,5	144,0	368,7	—
Silice . . . . .	175,4	10,8	138,6	26,0	350,8	—
Chaux et magnésie.	34,9	25,5	35,3	206,4	302,1	—

Cette façon de procéder des cultivateurs était, sans qu'ils puissent s'en rendre compte, encore plus dévastatrice que l'ancienne, au point de vue des sels inorganiques, car, au fur et à mesure qu'un champ était fumé davantage par suite de l'augmentation de la culture pastorale, le champ



voisin devenait d'autant plus pauvre. Cette conséquence désavantageuse se serait sûrement fait sentir dès notre temps, si Liebig n'était pas venu donner l'explication de ce qui se passait dans la culture du sol. Il indiquait en même temps qu'on pouvait trouver dans les inépuisables réserves de sels minéraux accumulés par la nature, des équivalents peu coûteux aux sels inorganiques enlevés au sol, ce qui rendait la jachère désormais superflue.

A présent, on supplée aux pertes que le sol éprouve du fait des récoltes, au moyen d'engrais artificiels, quand le fumier ne suffit pas. C'est par cette découverte, précisément, que Liebig a rendu un si grand service à l'humanité; c'est lui, le premier, qui a reconnu que la seule méthode rationnelle pour conserver la fertilité du sol arable, consistait à lui rendre les composés et autres substances qui lui avaient été retirés par la croissance même des végétaux. Et, comme il existe d'énormes dépôts de ces engrais artificiels, on peut, par un emploi abondant, dont la limite d'ailleurs est fixée par l'expérience, augmenter de beaucoup le rapport du sol.

Nous allons passer maintenant à l'étude de la composition de ces engrais artificiels, étude sur laquelle il faut nous arrêter ici, car la plupart des matières brutes, telles que la nature les produit, doivent d'abord être rendues utilisables en agriculture, au moyen de procédés chimiques.

Les principales sources dont on dispose pour l'obtention d'acide phosphorique à bon marché (l'agriculteur ne saurait employer un engrais coûteux) sont les trois suivantes: les os, la phosphorite et les scories de déphosphoration Thomas pulvérisées. Les os se composent essentiellement de phosphate de chaux; ils contiennent, en outre, des matières grasses et des substances gélatineuses. Voici ce que nous avons à en dire.

Si l'on calcine des os dans un vase clos, muni seulement d'un tube d'abduction pour les vapeurs, c'est-à-dire, si on les traite d'une manière analogue à celle que l'on applique à la houille pour la fabrication du gaz, ils laissent dans la

cornue une masse d'un noir pur, le charbon ou noir animal, qui correspond donc au coke obtenu dans les usines à gaz. Ce noir animal possède la propriété remarquable d'enlever la couleur des solutions colorées. Si l'on vient à agiter du vin rouge avec ce charbon et qu'on le filtre ensuite on obtient un liquide ayant l'aspect de l'eau, mais qui ne diffère cependant du vin rouge que par l'absence de la couleur. Dans l'industrie, on emploie sur une grande échelle cette propriété décolorante dont l'exemple cité, sans posséder aucun intérêt pratique, est une illustration typique. C'est ainsi que l'on obtient par ce procédé la blancheur du sucre; et nous retrouverons, lorsque nous nous occuperons de l'industrie de l'alcool, d'autres applications du noir animal.

C'est en pulvérisant finement le noir animal et en le mélangeant avec des substances grasses appropriées que l'on obtient le cirage.

Lorsque l'on calcine les os à l'air, au lieu de le faire dans un vase clos, le carbone qu'ils contiennent brûle entièrement et il reste ce qu'on appelle de la cendre d'os, substance parfaitement blanche qui sert de point de départ, non seulement à la fabrication des engrais artificiels, mais aussi à celle du phosphore dont nous avons déjà parlé, à propos des allumettes; on emploie également cette cendre dans la fabrication de verre opale (v. conférence X).

En outre des os, on se sert aussi du phosphate de chaux minéral, que l'on trouve dans beaucoup d'endroits disséminés sur toute la surface du globe; il s'appelle en général phosphorite et se trouve à l'état de plus ou moins grande pureté. En Floride, dans l'Amérique du Nord, il s'en trouve d'abondants dépôts contenant en moyenne environ 82 p. 100 de phosphate de chaux. Comme les impuretés que contient ce minéral, ne gênent que fort peu la transformation chimique subséquente dont nous allons parler tout à l'heure, la vente de cette variété s'étendit rapidement dans le monde entier jusqu'en 1895. A cette époque il se produisit divers changements dans les circonstances. D'abord on avait constaté, depuis quelque temps déjà, une baisse notable dans la consommation des phosphates, due à l'état de



stagnation générale de l'agriculture (cet état de choses a changé depuis, fort heureusement); en outre, les dépôts que l'on a trouvés depuis dans le Tennessee, autre contrée de l'Amérique du Nord, et surtout en Algérie, où ils sont même très riches, sont venus faire concurrence à la phosphorite de Floride et en diminuer l'écoulement en Europe.

Autrefois, le guano jouait un très grand rôle comme engrais phosphorique; mais par suite de l'épuisement croissant de ses dépôts, il passe peu à peu au second plan. Ce corps est constitué par les excréments décomposés d'oiseaux de mer et il s'en trouve de vastes quantités sur la côte du Pérou et dans les îles voisines. Il est en général très riche en acide phosphorique et contient en même temps beaucoup d'azote.

Enfin, le procédé de déphosphoration du fer, inventé par Thomas, en 1879, et que nous apprendrons à connaître au chapitre XI, produit la poudre de scorie, autre source de phosphore actuellement très précieuse pour l'agriculture, parce qu'elle est très peu coûteuse.

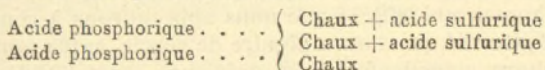
Dans les substances précitées, à l'exception de la dernière et partiellement aussi du guano, l'acide phosphorique se trouve sous la même forme que celui contenu dans le sol arable, c'est-à-dire à l'état de phosphate de chaux insoluble. Si l'on pulvérisait ces matières et qu'on les répandit telles quelles sur les champs, leur efficacité serait tout à fait insuffisante. En effet, le phosphate ne devient soluble, et par cela même assimilable par les plantes, que très lentement lorsqu'il est simplement soumis aux actions naturelles dont nous avons déjà parlé pour expliquer la raison d'être de la jachère (v. p. 43). Bref, il serait pour ainsi dire sans aucune valeur pour l'agriculteur, parce que les plantes ne pourraient l'utiliser qu'après de longues années.

Tout change si l'on transforme artificiellement les phosphates insolubles en sels solubles dans l'eau. Dans cet état on les offre aux racines des plantes sous une forme facilement assimilable. Pour y arriver on emploie, d'après Liebig, un procédé consistant à les broyer d'abord finement, puis à les arroser avec de l'acide sulfurique très concentré, ce que l'on nomme éjailler. L'engrais artificiel porte



le nom de superphosphate parce qu'il est beaucoup plus actif que le phosphate brut.

Les sources d'acide phosphorique indiquées plus haut le contiennent toutes, principalement à l'état de combinaison avec la chaux : 2 molécules d'acide phosphorique ont fixé 3 molécules de cette dernière. Au point de vue chimique, l'acide sulfurique est plus actif que l'acide phosphorique, c'est-à-dire que son affinité, ou puissance de combinaison avec la chaux est plus considérable. Mais une molécule d'acide sulfurique ne peut jamais fixer qu'une molécule de chaux. Si l'on fait agir 2 molécules d'acide sulfurique, — dont la quantité est facile à calculer en poids au moyen des formules chimiques — sur des os calcinés ou sur de la phosphorite extraite de la terre, on obtient, comme le schéma suivant permet aisément de s'en rendre compte :



un nouveau composé dans lequel il n'y a plus qu'un tiers de la chaux pour 2 molécules d'acide phosphorique, tandis que les 2 autres tiers se sont combinés avec l'acide sulfurique en formant du sulfate de chaux, communément appelé plâtre. Cette nouvelle sorte de phosphate calcique, ainsi préparée, est soluble dans l'eau. Donné au sol sous cette forme, il est facilement assimilé par les plantes. Et si, dans la pratique, on parle ordinairement de fumure à l'acide phosphorique, c'est bien de fumure au moyen de ce phosphate artificiellement préparé qu'il s'agit. Si l'on dissolvait directement de l'acide phosphorique dans l'eau on obtiendrait un liquide tellement caustique qu'il détruirait toute végétation.

En même temps que ce phosphate de chaux soluble il se forme du sulfate de chaux pendant le traitement des phosphates insolubles par l'acide sulfurique. On peut le laisser mélangé au phosphate, car l'addition ainsi obtenue de la chaux est des plus favorables pour les terrains pauvres en calcaires, puisque les plantes ont également besoin de chaux, ainsi que les analyses de cendres nous l'ont montré précédemment.

Ajoutons encore quelques mots au sujet des scories de déphosphoration, ce produit de rebut de la sidérurgie. L'acide phosphorique s'y trouve combiné avec la chaux sous une forme telle qu'elle peut être directement assimilée par les plantes sans être traitée au préalable par l'acide sulfurique. Cette matière constitue donc une source de phosphore des meilleur marché, car la dépense du traitement sulfurique est supprimée; elle est principalement employée à la fumure des prairies à laquelle elle convient particulièrement.

Nous passons ensuite à l'emploi des sels de potassé comme engrais. Jusqu'en 1860 ces sels étaient très chers, car la seule base servant à les préparer était alors la potasse, en chimie carbonate de potassium. La potasse (mot dérivé de l'allemand *pottasche* « cendres de pot ») était obtenue à l'origine, comme son nom l'indique du reste, par la lessive de cendres végétales, de bois principalement.

L'analyse des cendres végétales (v. p. 39) nous a montré que les plantes contiennent du potassium (1). Il y a cinquante ans, des marchands achetaient un peu partout, surtout à Paris, où les cheminées chauffées au bois livraient une cendre très pure, toutes les cendres de bois qu'ils pouvaient trouver, pour les revendre ensuite à des fabriques où on les transformait en potasse. Ce composé dont l'emploi est des plus considérable en verrerie, en savonnerie, et en teinturerie, était alors d'un prix élevé. Quoiqu'on ait appris à le retirer artificiellement d'autres sels potassiques, il est encore relativement cher aujourd'hui, de sorte que l'on n'aurait jamais pu l'employer comme engrais. Au cours de la neuvième conférence, nous parlerons d'une manière plus détaillée de la fabrication actuelle de la potasse, en même temps que de celle de la soude.

Les autres composés potassiques, beaucoup moins chers que la potasse et dont on se sert aujourd'hui comme engrais, sont le chlorure et le sulfate de potassium. Ils pro-

(1) REMARQUE. — Le potassium est l'un des éléments; c'est un métal; la potasse caustique, c'est-à-dire privée de l'acide carbonique de la potasse ordinaire, est son oxyde. (N. d. t.)



viennent tous des mines de sel gemme de Stassfurt, près de Magdebourg en Allemagne, et ce sont ces mines, peu nombreuses mais d'un très grand rendement qui fournissent au monde entier les sels potassiques nécessaires à l'agriculture et à l'industrie. Ces mines constituent une des richesses minérales qui ont contribué puissamment à donner à l'Allemagne moderne sa situation prépondérante dans l'industrie chimique.

Il existe à Stassfurt de nombreuses sources salines qui, depuis plusieurs siècles, fournissaient du sel de cuisine, par la concentration à chaud de leurs eaux.

On eut plus tard l'idée de faire, en cet endroit, des forages pour rechercher s'il n'y avait pas là des gisements de sel gemme. On trouva bien une sorte de sel, mais il avait un goût amer, le rendant impropre aux usages alimentaires. Plus tard, lorsqu'on eut trouvé et commencé à exploiter industriellement le véritable sel gemme, on rejeta de côté ce sel amer qui ne tarda pas à former de vastes amoncellements de sels dits « de rebut ».

Ces sels amers ne sont autres que des sels de potassium, comme on s'en aperçut dans la suite, qui se trouvent là en énormes amas et qui ont été l'origine de l'industrie florissante qui y prospère aujourd'hui. Les sels bruts, tels qu'on les extrait du sol, doivent d'abord être traités dans des fabriques spéciales avant de pouvoir servir comme engrais.

Une partie des sous-produits que l'on obtient au cours du traitement sont également utilisables dans l'industrie.

On admet l'hypothèse que le gisement salin est le reste d'un bras de mer desséché qui, après le commencement du dessèchement, s'était rempli à plusieurs reprises d'eau de mer, ce qui expliquerait la formation d'aussi grands amas salins. L'eau de mer contient entre autres corps du brome, et c'est de là qu'on a, pour la première fois obtenu cet élément dans le sud de la France, après la découverte de Balard. Ce corps joue un grand rôle en médecine et en photographie où, comme nous le verrons, on l'emploie beaucoup. Si l'hypothèse de l'origine maritime est exacte, les sels de Stassfurt doivent donc contenir du brome: on l'y a trouvé en effet et l'on en extrait aujourd'hui en grandes



quantités. Nous venons ainsi de reconnaître l'un des importants sous-produits de l'industrie des sels de potassium.

Étudions maintenant la manière dont les végétaux utilisent et assimilent l'azote. Les plantes ont besoin de cet élément pour élaborer l'albumine végétale, nous reviendrons (p. 60) sur ce corps à propos de l'albumine proprement dite. Ce corps remplit dans la structure des plantes le même rôle que l'albumine réelle dans l'organisme animal : c'est lui qui assure les fonctions vitales; autant dire que le manque d'azote est synonyme de déperdition.

Nous ne trouvons l'azote mentionné sous aucune rubrique dans les analyses de cendres (v. p. 39). La raison en est qu'aucune des combinaisons qu'il est susceptible de former ne peut résister au feu, et que, à la haute température développée pendant la combustion, il se dégage, soit isolément, soit à l'état de combinaison avec d'autres éléments. Nous avons déjà mentionné une de ces combinaisons lors de la fabrication du gaz d'éclairage, celle qu'il forme avec l'hydrogène, l'ammoniac, qui se volatilise lorsqu'on calcine la houille. On pourrait croire, *a priori*, que les végétaux ne doivent jamais manquer d'azote.

Nous avons vu, en effet (p. 39) qu'à l'aide de leurs feuilles ils puisent facilement dans l'atmosphère tout l'acide carbonique qui leur est nécessaire. Cependant comme nous le savons (v. p. 9) l'air ne contient que 3 parties d'acide carbonique pour 10 000, tandis que la même quantité d'air renferme 8 000 parties d'azote, en chiffres ronds. Mais l'azote est un gaz très indifférent, ce que nous avons déjà dit plusieurs fois; en outre, les plantes ne possèdent aucun organe extérieur propre à l'absorption directe de cette matière inerte, au rebours de ce qui se passe pour l'acide carbonique, qu'elles assimilent directement, à l'aide de leurs granules de chlorophylle.

Il se trouve bien de l'ammoniaque dans l'air, c'est-à-dire une combinaison azotée soluble dans l'eau, mais elle ne se rencontre qu'à l'état de traces évaluables en millièmes de partie. D'autre part, comme les plantes ne peuvent absorber les combinaisons azotées solubles dans l'eau que par leurs racines et non par leurs feuilles, il ne leur parvient donc de

toute cette ammoniacque que ce qui circule dans le sol avec l'air ou ce qui y est entraîné par la pluie ; or cette quantité est tout à fait insuffisante. De récentes recherches ont démontré que certains bacilles jouent un rôle prépondérant dans l'assimilation de l'azote par les végétaux. Il existe en effet, dans le sol une variété de bacilles ou bactéries, doués de la curieuse propriété de combiner, par le fait de leur existence même, l'azote avec l'oxygène et d'en former des combinaisons. Ces dernières réagissant sur d'autres corps déjà existants dans le sol, forment des substances solubles dans l'eau, des sels nitriques (ou azotiques) en général et ce sont ces derniers que les plantes absorbent pour leur nutrition. Disons à ce propos que l'acide nitrique est un produit d'oxydation de l'azote, par conséquent une combinaison oxygénée de ce dernier.

■ Nous savons même maintenant qu'il existe des plantes, appartenant à la famille des légumineuses, dont les nodosités radiculaires amassent de grandes quantités de matière azotée, sous l'influence de l'activité bactérienne. Ces réserves d'azote sont telles, que les plantes sont capables de croître parfaitement sans l'addition d'aucune fumure azotée, pourvu qu'il y ait dans le sol la quantité suffisante des sels potassiques et de l'acide phosphorique nécessaires. Il y a mieux encore : leurs racines, qui restent en terre lors de la récolte de la plante, enrichissent le sol en composés azotés. Aussi les a-t-on appelées « accumulateurs d'azote ». Par conséquent la plante cultivée l'année suivante, dont les racines n'ont pas la propriété d'accumuler un excès d'azote, en trouve dans le sol une réserve des plus profitables à sa croissance, sans qu'on ait ajouté de fumure azotée spéciale. Au prix actuel du salpêtre du Chili, qu'il faudrait employer sans cela comme engrais azoté (v. plus loin) on trouve que la valeur de l'azote ainsi fixé exprimée en argent, s'élève à 50 francs environ par hectare. Aussi a-t-on appris à se servir des bacilles ou nitrobactéries, et à les rendre directement utilisables par la culture.

Il existe pour cela deux procédés ; dans l'un on reporte quelques centaines de kilos d'un terreau où il a poussé des pois, riche par conséquent en bactéries nitrifiantes, sur un



champ qui doit être nouvellement ensemencé avec des pois, de sorte que les bactéries se trouvent d'ores et déjà dans le sol. Dans l'autre procédé, qui est bien plus perfectionné, on cultive les nitrobacilles à l'état de pureté dans du bouillon de culture pur. Ceci s'effectue dans des fabriques qui ont introduit ces cultures dans le commerce, sous le nom de nitragine. On arrose les pois à ensemercer avec ces bouillons étendus d'eau. Par conséquent, une colonie de nitrobactéries adhère à chacune des semences dès le jour des semailles; cette méthode a donné, dit-on, de très bons résultats dans les sols si pauvres en azote des landes du Nord de l'Allemagne.

Longtemps avant la connaissance de ces faits, des essais pratiques avaient démontré qu'il est très profitable pour le sol de lui fournir des substances azotées, de soutenir, en quelque sorte, l'action des nitrobactéries.

Les matières les plus convenables pour obtenir ce résultat sont naturellement les composés azotés solubles dans l'eau, dont deux surtout existent en quantités telles qu'il est facile de les obtenir à un prix assez bas pour qu'ils puissent être employés par le cultivateur. L'un est l'ammoniaque, à l'état de sulfate, l'autre est le salpêtre du Chili.

L'ammoniaque, qui nous est bien connue à présent, provient des usines à gaz. Au point de vue chimique ce corps est un alcalin, ou une base (ces deux termes sont synonymes aujourd'hui) et la principale propriété des bases est de se combiner avec les acides en formant des composés appelés sels. Le très grand nombre d'acides et de bases connus des chimistes permet de préparer un très grand nombre de « sels », contrairement à ce qu'indique le langage courant, qui ne désigne sous le nom de sel qu'un seul corps, le sel de cuisine (chlorure de sodium) (1).

Les acides et les bases peuvent être des corps solides, liquides ou gazeux. Par exemple le sable (ou silice) qui est

(1) REMARQUE. — Ces sels, s'appellent, par exemple, du sulfate de potasse, du carbonate de soude, etc., d'après des hypothèses anciennes sur leur constitution, restées dans la mémoire du public. Les chimistes modernes ayant une autre conception de la composition de ces corps, les nomment: sulfate de potassium, carbonate



une masse solide n'est autre que de l'acide silicique, au point de vue chimique, parce qu'il est capable de former un sel, le silicate de potasse, en se combinant avec une base comme la potasse. L'acide sulfurique est un acide liquide et l'acide carbonique un acide gazeux. La base potasse est un corps solide, l'aniline est une base liquide et l'ammoniaque dont nous nous occupons plus spécialement ici, est une base gazeuse. Le gaz ammoniac possédant la propriété d'être excessivement soluble dans l'eau, on le conserve pour plus de commodité sous la forme de dissolution aqueuse et comme on le trouve vendu sous cette forme, en général sous le nom d'alcali volatil, les profanes sont enclins à le croire un corps liquide par lui-même. Pour distinguer les deux corps on est convenu en français d'écrire le nom du gaz ammoniac au masculin tandis que la dissolution conserve le nom d'ammoniaque au féminin. Pour le rendre utilisable comme engrais, on a l'habitude de le combiner avec l'acide sulfurique ce qui produit un sel blanc, solide, le sulfate d'ammoniaque; c'est sous cette forme qu'on le répand à la surface du sol arable.

Le salpêtre constitue la deuxième source d'azote agronomique. Il se forme lors de la combinaison de l'acide azotique (1) (ou nitrique) soit avec la base soude, soit avec la base potasse; c'est par conséquent un azotate (ou nitrate) et l'on distingue en pratique le salpêtre de soude et le salpêtre de potasse.

Le salpêtre de potasse, ou nitre, est connu depuis fort longtemps et sert principalement à la fabrication de la poudre à canon. Nous parlerons de cette matière, ainsi que des explosifs modernes, dans une autre conférence, après

de sodium, etc.; comme il n'est pas possible de donner ici les raisons qui ont motivé ce changement, nous conserverons les anciennes appellations au cours de ce livre, d'autant plus que cela ne nuit pas à la compréhension des sujets traités.

(1) REMARQUE. — Les mots azotiques et nitriques sont synonymes ainsi que leurs dérivés: azotates, nitrates, etc., le mot nitrique dérive de nitre, appellation latine du salpêtre; du reste, l'azote est appelé nitrogène, créateur de nitre, dans la plupart des pays étrangers; son symbole est alors N au lieu de Az, en français. (Note du traducteur.)

avoir terminé l'étude des aliments. Le salpêtre de potasse est trop cher pour servir d'engrais en agriculture.

Le salpêtre de soude n'est connu que depuis les découvertes géographiques des temps modernes. C'est un corps blanc, solide, très soluble dans l'eau, et il porte le nom de salpêtre du Chili, d'après son pays d'origine. Dans cette contrée, il existe de vastes territoires où il ne ne pleut, pour ainsi dire, jamais et ce sont précisément ces contrées qui sont si riches en salpêtre.

En effet, s'il y pleuvait beaucoup tout le salpêtre qui s'y trouve eût été dissous et entraîné depuis longtemps. Pour le recueillir il suffit de léviger à l'eau chaude la terre qui le contient, opération que l'on a commencé à pratiquer en grand vers 1830. On obtient ainsi une solution de salpêtre de soude. Après que cette solution a été filtrée et concentrée pour la purifier, le salpêtre y cristallise par refroidissement; le liquide recouvrant les cristaux qui constituent le salpêtre commercial du Chili, s'appelle une eau-mère, ainsi que tout liquide au sein duquel un corps quelconque a cristallisé. Lorsqu'on évapore ces eaux mères on obtient le corps qui y est resté en solution, mais cette opération qui n'est effectuée que dans quelques endroits comme Kreuznach, en Allemagne, n'est pas pratiquée au Chili, où l'on se contente d'extraire l'iode, dont les eaux mères contiennent de petites quantités. Ce pays est devenu ainsi le principal producteur de ce corps relativement rare.

Après avoir étudié, au cours de ce qui précède, la manière dont les plantes retirent tous les corps nécessaires à leur structure et à leur existence, du monde inorganique, ainsi que de l'atmosphère; après avoir appris ainsi l'origine et la raison de l'emploi des engrais artificiels (1) nous allons

(1) Sous le nom d'engrais pour fleurs il existe, à présent, dans le commerce, des mélanges exactement composés et dosés, de tous les corps nutritifs nécessaires aux plantes d'appartement et de jardin; ces mélanges sont parfaitement solubles dans l'eau. Lorsqu'on s'en sert pour les fleurs en pot, il faut opérer avec prudence en ce qui concerne la quantité à employer, car un excès d'engrais serait des plus nuisible étant donné surtout le petit volume des pots à fleurs. Il faut prendre environ 50 centigrammes d'engrais par kilo de terre contenue dans le pot et dissoudre ces 50 centi-



passer maintenant, à l'étude de l'alimentation de l'homme et des animaux.

L'homme ne tire les matériaux nécessaires à la structure de son organisme que des substances végétales et il emploie dans ce but les fruits, les céréales, etc.; mais il peut aussi utiliser la chair des animaux, qui eux-mêmes se repaissent aussi de végétaux ou de la chair d'animaux herbivores.

On voit donc que toute la nourriture du règne animal provient ou dérive du règne végétal.

Toutes les matières qui nous servent d'aliments arrivent dans l'estomac. C'est là, et plus loin, dans l'intestin, que ceux de leurs principes utiles à la nutrition, sont digérés, c'est-à-dire rendus solubles, afin qu'ils puissent parvenir dans le sang au moyen de la diffusion (v. p. 9).

La circulation du sang apporte ensuite à toutes les parties du corps, au travers duquel elle les entraîne, les diverses substances dont elles ont besoin.

Nous allons reproduire ici à l'aide de quelques récipients de verre une digestion par le suc gastrique. La paroi de l'estomac de tous les animaux et de l'homme, sécrète un liquide nommé pepsine. En outre, il se trouve toujours dans le contenu de l'estomac normal une certaine quantité d'acide chlorhydrique, environ 0,2 p. 100. Ces deux corps réunis ont la propriété de dissoudre les matières albuminoïdes insolubles provenant de l'alimentation, et de les transformer en peptones, terme scientifique qui sert à dénommer ces nouveaux corps. Lorsque l'on ajoute la pepsine stomacale à de la glycérine, elle s'y dissout entièrement. C'est précé-

grammes dans un demi-litre d'eau. Des solutions moins diluées risqueraient de corroder et de tuer les racines, tandis que l'emploi d'une solution aussi étendue exclut tout dommage. La quantité indiquée suffit pour un an. On peut l'employer également en donnant la moitié à la plante, à la fin de chaque semestre. Dans les jardins, la quantité d'engrais est calculée d'après la profondeur à laquelle on aura bêché la terre. Si on bêche le terreau jusqu'à une profondeur de 20 centimètres, sur une superficie de 1 mètre carré par exemple, on arrosera le sol avec une solution de 100 grammes d'engrais, au même état de dilution que ci-dessus; la proportion de l'engrais pour la quantité de terre étant aussi comme 1 à 2 000.



sément la glycérine pepsinée que nous allons utiliser pour notre expérience, très facile à réaliser de la manière suivante (v. fig. 14).

Dans une sorte d'armoire appelée étuve nous maintenons constamment la même température environ que celle du corps humain, c'est-à-dire à peu près  $37^{\circ}$  C., et nous y introduisons quatre verres contenant de l'eau. Dans le premier, nous ajoutons, en outre, un peu de notre solution de pepsine, dans le second, de l'acide chlorhydrique, et dans les troisième et quatrième verres un mélange d'un peu de pepsine et d'acide chlorhydrique.

Nous employons comme matière d'expérimentation de la fibrine, corps que l'expérience nous a fait connaître comme très facilement digestible (nous apprendrons plus tard quel genre d'albumine il constitue) et quelques morceaux d'œuf dur. Nous mettons un peu de ces

deux matières dans les verres 1 et 2, tandis que nous ne mettons que de la fibrine dans le verre 3, et de l'œuf seulement dans le verre 4. Remarquons que la dissolution des albumines ne constitue pas une réaction chimique au sens ordinaire du mot, et qu'elle ne s'effectue pas immédiatement comme tant d'autres dissolutions; il lui faut même une demi-heure au moins pour devenir aisément perceptible de sorte que nous ne pourrions nous rendre compte des résultats obtenus qu'à la fin de la conférence.

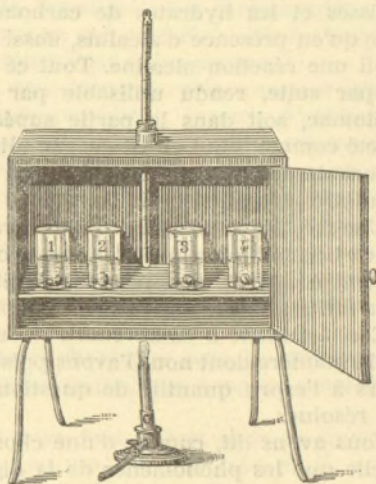


Fig. 14. — Dispositif pour essai de digestion artificielle.

Entre temps nous allons continuer à nous occuper de ce qui se passe pendant la digestion.

Le corps réactif agissant dans l'estomac, s'appelle comme nous l'avons vu, pepsine et n'agit qu'en présence d'acides; leur action combinée fait passer les albumines à l'état de solution. La digestion, tout aussi importante pour la nutrition, qui s'effectue dans l'intestin où s'écoule la bile, est provoquée par un corps que l'on a appelé trypsine. La force dissolvante de ce dernier, qui rend digestibles les graisses et les hydrates de carbone (v. ci-après) ne peut agir qu'en présence d'alcalins, aussi le contenu de l'intestin a-t-il une réaction alcaline. Tout ce qui n'a pu être digéré, et par suite, rendu utilisable par l'organisme, soit dans l'estomac, soit dans la partie supérieure de l'intestin, est rejeté comme rebut et est évacué ultérieurement; la matière colorante contenue dans la bile est la cause de la couleur brunâtre de ces résidus.

Une fois les substances alimentaires dissoutes dans l'estomac et dans l'intestin par la digestion, on comprendra facilement comment elles peuvent pénétrer dans le sang, grâce à la diffusion, pour être réparties ensuite dans tout le corps.

Ceci est facile à comprendre si on se borne à l'envisager de la manière dont nous l'avons présenté; mais il se présente alors à l'esprit quantité de questions que personne encore n'a résolues.

Nous avons dit, comme d'une chose évidente et toute naturelle que les phénomènes de la digestion se passent dans l'estomac, etc. Et cependant l'estomac se compose lui aussi de chair, c'est-à-dire des matières albuminoïdes (v. p. 90). Comment se fait-il qu'il résiste aux liquides digestifs, pourquoi ne se digère-t-il pas lui-même? Nous digérons pourtant sans difficulté un gésier d'oie, et, si vous voulez en attribuer la digestibilité à la cuisson que nous faisons subir à nos aliments, il faudra vous rappeler que le chien par exemple, peut absorber ce gésier et le digérer tout cru, sans aucune difficulté.

La réponse à cette question n'a pas encore été fournie d'une manière irréfutable jusqu'à présent. Nous savons déjà que le suc gastrique est acide, que le sang, au contraire,

est alcalin; on peut donc penser que l'acide et l'alcalin se neutralisent réciproquement dans la paroi stomacale, ce qui supprime la possibilité d'une digestion par la pepsine. puisque l'acidité fait défaut. On n'a pas encore pu établir définitivement si c'était là la raison de la résistance de notre estomac.

Nous pourrions encore citer beaucoup d'autres choses aussi mystérieuses sur les actes de la digestion. Pour ne pas nous laisser entraîner trop loin, ajoutons seulement ceci. Comment l'appareil de la digestion a-t-il l'intelligence de choisir, et de ne choisir que ce qui peut être utile au corps, parmi tout ce qui lui est fourni par l'alimentation?

Nous pouvons très bien nous le représenter comme n'agissant que pour son compte personnel, comme n'utilisant que ceux des aliments qui sont nécessaires à son existence. Mais d'où sait-il de combien de phosphate de chaux les os ont besoin pour leur structure, ou bien ce qui peut être utile au cerveau? Comment se fait-il que l'ensemble de l'appareil digestif sache livrer au sang assez d'aliments pour que ces derniers suffisent aussi à la croissance du corps, jusqu'à l'âge de 22 ans environ, moment où il cesse assez soudainement d'agir de la sorte?

Mais ceci nous entraînerait davantage dans les domaines difficiles de la chimie physiologique, que nous ne pouvons aborder ici.

Pour être franc, il faut nous avouer que nous ne savons même pas seulement ce que c'est que la faim et la soif. Tel d'entre nous éprouve les tiraillements de la faim plutôt dans le pharynx, tel autre dans l'estomac. La nature s'est contentée de veiller à ce que nous sachions que nous pouvons obvier à ce désagréable sentiment par l'absorption des aliments, dès qu'il se fait sentir. Quant au choix des aliments, elle nous a laissé un vaste champ.

Au point de vue chimique les aliments se divisent en trois grandes classes :

- 1<sup>o</sup> Les matières albuminoïdes (et la gélatine);
- 2<sup>o</sup> Les matières grasses;
- 3<sup>o</sup> Les hydrates de carbone (amidon et sucre).

Les matières albuminoïdes sont des substances *azotées*,



de composition très compliquée que la nature produit dans les végétaux (v. p. 51). Elles y sont puisées par l'alimentation et parviennent ainsi dans l'organisme par la circulation du sang, le dernier s'en sert pour élaborer des matières albuminoïdes bien plus complexes encore, qui à leur tour sont utilisées par le processus vital, c'est-à-dire détruites. Les produits de décomposition qui en résultent et qui resteraient dans le corps doivent en être chassés, car, par leur accumulation continue, ils ne tarderaient pas à arrêter la vie.

Cette élimination indispensable ne peut s'effectuer que si le sang les entraîne. Comme ils sont tous solubles dans l'eau, afin de pouvoir circuler dans le torrent circulatoire, ils parviennent, en le suivant, dans les reins, qui ont pour fonction d'excréter hors du corps l'eau en excès. C'est précisément dans cette eau que ces résidus de décomposition se trouvent dissous. De temps en temps nous évacuons cette eau sous forme d'urine. C'est pour cette raison que nous y trouvons tout l'azote de l'albumine utilisé, en majeure partie sous forme d'un corps de composition simple qui a reçu le nom d'urée. Si l'on évalue la quantité d'urée qu'un homme rejette en vingt-quatre heures on pourra déduire par un calcul facile la quantité des matières albuminoïdes dont il a eu besoin pour son existence pendant ce laps de temps.

La dénomination de matières albuminoïdes dérive d'albumen ou blanc d'œuf, où l'on a découvert l'albumine en premier. Mais, au cours du temps, cette dénomination a reçu l'application générale dont nous avons donné la définition ci-dessus. Aussi parle-t-on des albumines solubles dans l'eau et d'autres qui y sont insolubles.

Les albumines solubles dans l'eau, entre autres le blanc d'œuf, se coagulent lorsqu'on les soumet à la cuisson. Cette transformation est des plus remarquables. Et, jusqu'à présent, parmi l'immense quantité de corps que les chimistes ont préparés dans le cours du temps, aucun n'a encore présenté cette propriété.

A peine peut-on espérer réaliser la synthèse d'un corps qui en serait doué. On peut donc considérer la préparation

de l'albumine artificielle comme absolument irréalisable.

La principale des albumines contenues dans le lait, à laquelle on a donné le nom de caséine (du latin *caseus*, fromage), résiste, au contraire à la cuisson sans se modifier, c'est-à-dire sans se coaguler. Mais qu'il vienne à tomber la moindre goutte d'acide dans le lait, nous verrons immédiatement cet albuminoïde se séparer sous forme de flocons. Comme vous le voyez, le lait que nous avons ici se caille, dès que nous y ajoutons une goutte de vinaigre.

Le tableau suivant nous indiquera quelles sont dans le lait et la crème les quantités de caséine et des autres substances dont ils sont composés.

	Lait.	Crème.
Eau . . . . .	87,70	68,82 p. 100
Caséine . . . . .	2,91	} 3,76 —
Autres albumines solubles dans l'eau.	0,52	
Matières grasses . . . . .	3,32	22,66 —
Lactose . . . . .	4,84	4,23 —
Cendres minérales . . . . .	0,71	0,53 —

En été, on voit souvent le lait devenir acide, ou surir, apparemment tout seul, et se cailler malgré nos précautions, en général à notre grand déplaisir. Cette acidification se produit en réalité de la manière suivante.

En outre de la caséine dont la quantité s'élève à environ 3 p. 100, le lait contient comme principe le lactose ou sucre de lait, dont la teneur se monte à plus de 4 p. 100. Ce dernier, à l'instar de la plupart des sucres, peut fermenter, c'est-à-dire se transformer dans de certaines conditions en d'autres combinaisons, sans qu'il y ait eu de réaction chimique au sens propre du mot.

A l'origine de toute fermentation on trouve des organismes vivants, répandus partout dans l'atmosphère, et appelés autrefois ferments ou champignons, maintenant dénommés bacilles, qui n'entrent en activité qu'en présence de la réunion d'un certain nombre de conditions convenables. Nous voyons le bacille lactique (ainsi appelé parce qu'il transforme la lactose en acide lactique; nous le rencontrons encore plusieurs fois au cours de nos conférences) ne

commencer à agir fortement sur le lait qu'entre 20 et 30°. Voilà pourquoi le lait ne caille, par formation d'acide lactique, que par des jours très chauds.

Nous venons de voir que lorsque le lait devient acide, lorsqu'il surit, c'est parce que son contenu en caséine se sépare, qu'il se caille. Mais on peut le faire cailler à volonté d'une autre manière, en y ajoutant de la présure. La partie du lait qui se sépare alors, après avoir reçu une préparation convenable, devient un aliment, sous la forme de fromage.

La présure est un ferment analogue à la pepsine que nous connaissons déjà; mais ce ferment, qui produit la caséification du lait, ne se trouve pas dans n'importe quel estomac; on ne le recueille en effet que dans la muqueuse du quatrième estomac des veaux, appelé caillette.

Etant donné le rôle important que le lait joue dans l'alimentation, principalement dans celle de l'enfant, on s'est efforcé depuis longtemps de trouver un moyen pour conserver d'une manière durable ce liquide, très stable de nature, c'est-à-dire de l'empêcher de surir, en rendant l'acidification impossible.

On y est parvenu et l'appareil dont on se sert le plus aujourd'hui dans ce but, chez les particuliers surtout, c'est l'appareil Soxhlet où le lait est chauffé à 100° à l'intérieur de bouteilles hermétiquement closes. On obtient ainsi la destruction de tous les bacilles qui s'y trouvent, entre autres celle des bactéries qui produisent la pourriture, rendant ainsi cette dernière impossible. Par suite du bouchage hermétique des bouteilles, il ne peut pas y pénétrer de nouveaux bacilles jusqu'au moment où on les ouvre.

La fermentation lactique et par suite le caillage du lait sont donc empêchés.

Il faut observer cependant que le lait bouilli « stérilisé » dans cet appareil n'est plus identique au lait non bouilli. La preuve en est que, dans la pratique, le lait stérilisé ne convient pas toujours aux enfants qui en sont nourris exclusivement, et chez qui il produit de la constipation. La différence entre les deux laits est la suivante. La caséine, la graisse, la lactose sont restées telles quelles, mais les matières albuminoïdes solubles dans l'eau, qui existent dans le lait



à côté de la caséine (voir tableau p. 61) se sont coagulées par suite de la température d'ébullition à laquelle elles ont été soumises et sont devenues par suite plus difficiles à digérer.

La quantité totale de ces albumines dissoutes dans le lait non bouilli se monte à 0,5 p. 100 c'est-à-dire la sixième partie environ de la caséine.

Jusqu'à présent, nous n'avons appris à connaître que des albumines qui se coagulaient seulement sous l'influence de la chaleur, ou sous celle d'un acide; mais il en existe aussi qui ne restent dissoutes que tant qu'elles séjournent dans l'organisme, et qui se coagulent dès qu'elles en sortent. On trouve ces matières notamment dans le sang; c'est un fait bien connu que celui-ci, lorsqu'il est exposé à l'air se sépare rapidement en un caillot coagulé et en un liquide. La masse caillébotée, plastique et colorée en rouge, devient incolore si on la lave dans l'eau, elle porte alors le nom de fibrine. C'est précisément cette fibrine que nous avons employée pour nos essais de digestion artificielle parce que l'expérience a montré que ce corps est le plus facile à peptoniser au cours d'essais de digestion, ce qui est particulièrement avantageux pour des expériences de conférences.

Le liquide restant, lors de la séparation de la fibrine du sang s'appelle sérum. Si l'on soumet des animaux aux poisons (ou toxines) que les bacilles de la diphtérie produisent dans les bouillons de culture où on les élève, les dernières découvertes en médecine ont montré que le sérum de ces animaux exerçait une action curative sur la diphtérie chez l'homme.

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur le classement, qui deviendrait bientôt très difficile, des albumines auxquelles la viande, par exemple, appartient également au point de vue chimique, car c'est une substance azotée de composition très complexe.

Remarquons encore ceci. Comme nous l'avons déjà vu, les matières albuminoïdes se forment dans le règne végétal. On trouve par exemple que la farine de froment en contient environ 10 p. 100, l'herbe elle-même de 2 à 3 p. 100,

le foin de 10 à 12 p. 100. Les agriculteurs d'à présent, quand leur récolte ne leur fournit pas une quantité de fourrage suffisante, achètent diverses substances qui, par suite de leur forte teneur en matières nutritives, ont reçu le nom d'aliments complémentaires. En général, c'est du son, ou bien des tourteaux obtenus comme résidus dans le pressage des graines oléagineuses pour la fabrication des huiles.

Nous trouverons des analyses de son, page 73. Le prix de ces aliments complémentaires s'établit, en quelque sorte, suivant leur teneur en albumine qui peut s'élever jusqu'à 50 p. 100 environ, comme cela a lieu pour les tourteaux privés d'huile des graines de tournesol.

Cette façon d'évaluer le prix est justement la plus commode et la plus rationnelle, car la teneur en albumine est facile à déterminer au moyen de l'analyse chimique. Comme le nom d'albumine, qui fait involontairement penser au blanc d'œuf, pourrait paraître bizarre aux profanes, comme le sont la plupart des cultivateurs, lorsqu'il s'agit de dénommer un des principes composant les graines on a pris l'habitude dans le commerce d'appeler les albumines végétales, des protéines (1).

Revenons maintenant à notre essai de digestion artificielle pour en examiner les résultats. Nous voyons que dans le verre n° 1 la pepsine seule n'a eu aucune action soit sur la fibrine, soit sur l'œuf dur. Dans le verre 2 l'acide chlorhydrique seul a bien provoqué un gonflement de la fibrine, mais ne l'a pas dissoute, et il n'a eu aucune action apparente sur l'œuf dur.

Tout autre a été au contraire l'action de notre mélange de pepsine et d'acide chlorhydrique dans les verres 3 et 4. Nous trouvons dans le verre n° 3 que la fibrine a disparu dans ce mélange correspondant au suc digestif de l'estomac et, lorsqu'on pousse l'analyse plus loin, on trouve que la fibrine s'est transformée en une albumine soluble dans

(1) REMARQUE. — Le mot protéine, du grec *protéo*, je tiens le premier rang, a été appliqué à ces corps vers 1840, date de leur découverte. Elle provient, dit-on, de l'importance que l'on attribuait alors à ces substances en qui l'on avait cru reconnaître la base de toutes les albumines.

l'eau, que l'on a nommée peptone. Dans le verre 4, nous trouvons que le morceau d'œuf dur est sensiblement attaqué, et s'il n'est entièrement dissous et transformé en peptones c'est précisément parce qu'il est beaucoup plus difficile à digérer que la fibrine. Si nous pouvions accorder plus de temps à la durée de cette expérience nous verrions que l'œuf finirait par se dissoudre aussi et se transformer en peptone.

Dans la réalité les choses se passent naturellement de même. Les œufs durs passent à bon droit pour être d'une digestion malaisée. C'est sans inconvénient d'ailleurs, pour un estomac sain, que leur solubilisation dans cet organe dure un peu plus longtemps que celle d'autres aliments, la viande par exemple. Il en ressort également que les œufs durs ne sont pas à recommander à un estomac affaibli ou malade.

Comme addition au chapitre de l'albumine, nous parlerons encore de la gélatine. Les cartilages, les os, bref l'ensemble de la carcasse osseuse du corps animal, contient des substances qui entrent en dissolution lorsqu'on les fait bouillir avec de l'eau et qui communiquent au liquide obtenu la propriété de se prendre en masse lors de son refroidissement. Par dessiccation de ce liquide gélatineux on obtient une matière colloïde, la colle de peau, qui sous cette forme sert à coller les objets.

Ce corps aussi est fortement azoté. Sa teneur en azote ne s'éloigne guère de celle de l'albumine proprement dite, dont nous fournissons conjointement ci-dessous les résultats d'analyse. Aussi ces matières sont-elles susceptibles de remplacer partiellement le blanc d'œuf dans l'alimentation où elles passent lors de la cuisson des os à la température d'ébullition. On les retrouve dans les potages et dans les sauces.

	Albumine d'œuf.	Protéine du froment.	Gélatine.
Carbone. . . . .	52,25 p. 100	54,3 p. 100	50,1 p. 100
Hydrogène. . . . .	6,90 —	7,2 —	7,5 —
Azote . . . . .	15,25 —	16,2 —	17,5 —
Soufre. . . . .	1,93 —	1,0 —	— —
Oxygène. . . . .	23,67 —	21,3 —	24,9 —



## QUATRIÈME CONFÉRENCE

---

Alimentation variée. — Beurre. — Margarine. — Graisses alimentaires artificielles. — Farine d'amidon. — Les Sucres. — La saccharification des fruits. — Régime diététique des diabétiques. — La glucose. — Les bonbons. — Le caramel. — Le sucre de canne. — Les primes d'exportation. — La saccharine. — L'absorption des aliments. — Le sel de cuisine. — Le fer. — But de la cuisson — Les potages. — La panification. — Cuisson des pommes de terre.

L'albumine qui existe dans les aliments et qui est absorbée en même temps qu'eux, sert, comme nous l'avons vu précédemment, à remplacer au fur et à mesure celle qui est détruite par le processus vital.

En dehors des matières nécessaires à ce renouvellement, le corps a besoin d'autres aliments pour pourvoir à sa dépense continue de forces, celles mises en œuvre par ses mouvements volontaires, ou par les mouvements involontaires de certains organes, ceux du cœur, par exemple. Les aliments doivent encore servir à maintenir la température du corps à l'élévation nécessaire aux fonctions vitales, par la combustion de leur carbone et sa transformation en acide carbonique, phénomène dont nous avons déjà pu nous convaincre au cours de notre première conférence.

Pour remplacer l'acide carbonique expulsé par l'acte respiratoire (v. p. 10) c'est-à-dire pour la conservation de la chaleur corporelle, l'homme n'a pas besoin d'un aliment azoté, comme l'albumine, puisque l'acide carbonique se compose exclusivement de carbone et d'oxygène.

Comme nous l'avons déjà vu, la nature nous a laissé le champ assez libre quant au choix des aliments et, même dans le cas d'une alimentation très riche en albumine et quoique cette dernière ne soit pas indispensable, sa teneur en carbone peut suffire à pourvoir à tous les besoins du corps en éléments carbonés. Cela nous est démontré par les animaux carnassiers, dont le plus grand nombre se nourrit exclusivement de chair. Or, les analyses de la viande ont prouvé que celle-ci ne contient pour ainsi dire aucune matière alimentaire dépourvue d'azote. Elle constitue donc une alimentation albuminée presque pure (v. les analyses, p. 91).

L'alimentation exclusivement albuminée n'est donc pas absolument indispensable au maintien de l'organisme et, comme l'expérience nous le montre, l'homme s'adonne de préférence à une alimentation variée, c'est-à-dire qu'il absorbe au cours de la journée une série d'aliments différents. La teneur de ceux-ci en albumine est suffisante pour remplacer ce qui en a été détruit; d'autre part, ils contiennent suffisamment de composés autres que les principes azotés pour subvenir à l'effort continu du travail musculaire et maintenir constante la température du corps. En absorbant soit des boissons, soit des aliments liquides, le corps pourvoit à son besoin d'eau.

Les matières alimentaires non azotées se divisent en deux grandes classes: celles des *matières grasses*, et celle des *hydrates de carbone*. Comme ces deux groupes de corps sont absolument exempts d'azote, et que leur teneur en carbone seule intéresse la nutrition, ils sont par conséquent capables de se remplacer mutuellement dans l'alimentation, ce qui est très important. Les graisses employées comme aliments proviennent en grande partie du règne animal et aussi du règne végétal; ces dernières sont appelées huiles par les profanes (l'huile d'olive par exemple). Par contre, les hydrates de carbone ne se trouvent qu'en très faible quantité dans l'organisme animal; tous ceux qui nous servent d'aliments nous sont fournis par les végétaux, comme nous allons, du reste, le voir bientôt.

Ce que nous venons de dire nous permettra de compren-

dre facilement une des choses qui ont le plus étonné les voyageurs, à savoir que les Groenlandais absorbent d'énormes quantités d'huile de baleine, c'est-à-dire de graisse. Le climat sous lequel ils vivent ne permet aucune culture, par conséquent ils ne peuvent tirer aucun de leurs aliments du règne végétal. Ils n'ont ni sucre ni farine et toute leur alimentation se compose de substances azotées, sauf les graisses qui en sont dépourvues. Ce qui explique la quantité énorme qu'ils en consomment. Dans nos pays, on emploie les deux classes de substances nutritives privées d'azote, on consomme les matières grasses sous forme de graisse ou de beurre et les hydrates de carbone sous forme de pain, de mets farineux, de pommes de terre, etc. Plus au sud, les graisses végétales entrent en jeu dans l'alimentation, sous forme d'huile d'olive. Il résulte de tout ceci que l'homme a su ajuster instinctivement ses besoins en graisse et en hydrates de carbone aux conditions climatiques des régions qu'il habite.

Sous notre latitude, une grande partie de la graisse employée est consommée sous forme du beurre, que l'on extrait du lait. Ce liquide abandonné à un repos prolongé, se sépare en deux couches : la crème qui surnage et le lait écrémé, ou plutôt dégraissé, car les petites particules sphériques de graisse sont peu à peu montées à la surface du lait parce qu'elles sont plus légères que le liquide qui les contient. Lorsque, ensuite, on soumet la crème, dans la baratte, à une violente agitation, les particules grasses adhèrent les unes aux autres et passent, en même temps de l'état liquide à l'état solide, en formant le beurre.

Le prix relativement élevé de ce beurre a fait chercher, depuis longtemps, à le remplacer par du beurre artificiel. Cette question a été résolue en France, vers 1870, par Mège Mouriès.

La base de la fabrication du beurre artificiel est la graisse de bœuf. Cette dernière est fondue à une température de 50° environ. Après l'avoir laissée reposer quelque temps, on sépare la masse huileuse qui surnage d'avec les peaux fibreuses qui se sont entre temps déposées au fond des cuves. Le liquide clair est additionné de sel puis abandonné



pendant vingt-quatre heures à une température de 25° environ, laps de temps pendant lequel il se fige partiellement puis on l'exprime dans des pressoirs où règne la même température. Le résidu de presse, qui se compose pour la plus grande partie, de la matière la plus solide contenue dans la graisse animale, ou stéarate de glycérine, est employée dans la fabrication des bougies de stéarine (v. p. 20) tandis que la partie liquide est employée dans l'alimentation sous le nom d'oléomargarine. La fabrication en grand de ce produit n'est guère avantageuse qu'en Amérique où la masse des bestiaux abattus pour la fabrication des viandes de conserve, fournit de grandes quantités de graisse qu'on ne saurait sans cela utiliser d'une façon profitable. De là, l'oléomargarine est exportée par énormes quantités en Europe, où on la transforme en margarine de consommation. Pour cela, on y ajoute environ un tiers de son poids d'huile de sésame et d'huile de coton, et à peu près la moitié de son poids de lait de vache, en l'additionnant d'un peu d'extrait de curcuma, pour la teindre en jaune beurre. L'addition de l'huile végétale sert à donner à la margarine relativement dure aux températures moyennes, la consistance ordinaire du beurre. Le lait, que l'on y ajoute pour obtenir le goût du beurre, est employé à l'état naturel pour les bonnes qualités tandis que les sortes inférieures ne reçoivent que du lait écrémé. Ces diverses substances sont introduites dans des appareils spéciaux ou malaxeurs, où on les triture énergiquement, afin d'en produire le mélange intime. Elles se séparent alors en deux parties, l'une le beurre artificiel ou margarine, l'autre, un liquide aqueux.

Ce que nous venons de décrire prouve que l'on n'a rien à reprocher au point de vue alimentaire, aux margarines préparées proprement, car l'huile de coton est si peu différente de l'huile d'olive, qu'à présent l'industrie des conserves l'emploie concurremment pour la préparation des poissons à l'huile.

Depuis que la fabrication de la margarine et surtout la vente de ce beurre artificiel ont été soumises à un contrôle légal sévère, il n'y a pas de raison pour que les classes pauvres de la population, qui ne peuvent pas em-

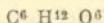
ployer le beurre de bonne qualité dont le prix est trop élevé, ne préfèrent pas du bon beurre de margarine au mauvais beurre de lait à bon marché, auprès duquel il soutient avantageusement la concurrence. Remarquons en passant que la margarine ne peut avoir le même goût que le beurre naturel.

En dehors des formes précédemment décrites, la graisse, que les bouchers vendent avec la viande, trouve un très grand emploi direct dans l'alimentation; il faut y ajouter le saindoux, obtenu en grandes quantités aux Etats-Unis, et les graisses alimentaires. Ces dernières sont au beurre artificiel ce que le saindoux est au beurre naturel. Les graisses alimentaires se composent essentiellement d'oléomargarine, à laquelle on ajoute suffisamment d'huile de coton, pour que le tout acquière non plus la consistance du beurre, mais celle du saindoux. Tandis que la margarine est sujette à rancir, par suite de l'addition de lait nécessaire à sa préparation, les graisses alimentaires sont d'une durée presque indéfinie. Il n'y a rien non plus à leur reprocher au point de vue hygiénique tant que leur préparation est proprement faite, ce que l'on ne contrôle malheureusement pas assez. Nous laissons maintenant les graisses pour passer aux hydrates de carbone.

Ces corps tirent leur nom de la manière dont sont groupés leurs éléments constitutifs et comprennent l'amidon, le sucre et des composés analogues que nous apprendrons à connaître plus loin. Tous ne contiennent que les mêmes trois éléments, carbone, hydrogène et oxygène. On trouve ainsi que la glucose, ou sucre de raisin, se compose du nombre d'atomes suivants:

Glucose			
6	atomes de carbone, en abrégé	C	
12	— d'hydrogène,	H	
6	— d'oxygène,	O	

En employant la notation abrégée qui nous est, maintenant, facile à comprendre (v. p. 21), la formule de la glucose sera :



On voit donc que dans ce composé le rapport entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène est comme de 2 à 1,



c'est-à-dire comme dans l'eau, dont la formule bien connue est  $H^2O$ . Comme on admettait autrefois l'hypothèse que dans cette classe de corps l'eau était fixée, pour ainsi dire, au carbone, on nomma l'ensemble de ces corps des hydrates, parce que, dans chacun d'eux la proportion de l'hydrogène à l'oxygène reste la même, soit 2 : 1.

Aujourd'hui, grâce aux travaux si remarquables de l'Allemand Fischer sur les sucres, etc., travaux qui n'ont pris fin que pendant la dernière décade du siècle dernier, l'on sait à n'en pouvoir douter, que ce n'est que par suite d'une pure coïncidence que le rapport entre les nombres fournis par l'analyse a pu être interprété de cette façon. Aussi la dénomination d'hydrates de carbone est-elle devenue erronée; mais on la conserve, comme beaucoup d'autres, à cause de sa commodité, pour dénommer ce groupe de corps.

L'amidon, ou féculé, est un corps universellement répandu dans le règne végétal. C'est l'hydrate de carbone le plus important au point de vue de notre alimentation, car nous le consommons dans tous les aliments d'origine végétale. Les grains de chlorophylle des feuilles ont, comme nous, l'avons déjà vu page 38, la propriété d'utiliser l'acide carbonique atmosphérique pour leur structure; aussi trouvons-nous l'amidon dans toutes les parties vertes de la feuille. Il finit par s'accumuler, au cours du processus vital de la plante, surtout dans les organismes végétaux qui servent de greniers pour les matières de réserve (v. conférence V à propos de la brasserie). C'est pourquoi nous le trouvons principalement dans les racines, les rhyzômes, les fruits et les graines. Quoique la formule chimique de l'amidon reste toujours la même, quelle que soit la plante dont il provient, soit  $C^6 H^{10} O^5$ , c'est-à-dire quoique chaque molécule d'amidon se compose de 6 atomes de carbone, 10 atomes d'hydrogène et 5 atomes d'oxygène, les grains de féculé des diverses plantes ont un aspect différent lorsqu'on les examine au microscope: c'est qu'ils possèdent, comme on dit, une structure particulière.

En dehors de son utilisation comme aliment à l'état de mélange avec d'autres substances, dans le pain par exemple



(v. page 94), on extrait l'amidon, soit des pommes de terre, soit du blé, soit encore du riz ou du maïs pour plusieurs emplois industriels. Sa fabrication, en la décrivant brièvement, s'effectue de la manière suivante. On râpe des pommes de terre et on fait passer la pâte au travers d'un tamis très fin. Toutes les impuretés grossières restent sur le tamis tandis que l'amidon *en émulsion* dans l'eau, passe avec cette dernière au travers des mailles. On obtient ainsi un liquide blanc, analogue au lait, que l'on abandonne dans des cuves pour le faire déposer. Les grains de fécule se séparent alors peu à peu du liquide et s'assemblent sur le fond de la cuve. Après avoir décanté le liquide on enlève au dépôt du fond toute l'eau qu'il est possible d'en extraire, puis on le fait sécher à une douce température; en effet, si l'on chauffe de l'amidon humide à 50° ou 60° il subit un changement de structure complet et se transforme en ce que nous appelons de l'empois. De même que nous voyons l'albumine du blanc d'œuf se coaguler complètement à cette température, nous voyons l'amidon humide se modifier fortement, au même degré de chaleur.

D'après sa provenance on le désigne sous le nom d'amidon pour les céréales, de fécule pour les pommes de terre. Certains amidons exotiques portent des noms étrangers : tel que l'arrow-root, extrait des racines de différentes plantes des tropiques; cette divergence d'origine explique pourquoi les divers amidons qui portent ce nom dans le commerce ne sont pas identiques.

La préparation n'est pas tout à fait pareille pour l'amidon de sagou. Ce dernier provient de la moelle de certains palmiers et on l'obtient par lavage comme la fécule de pommes de terre. On laisse tomber la pâte ainsi obtenue, et presque sèche, sur un tamis au-dessous duquel se trouvent des plaques de métal chaudes. L'amidon prend ainsi la forme de petits grains ronds plus ou moins accolés ensemble parce que leur surface s'est transformée en empois (1).

(1) REMARQUE. — En France on préfère le tapioca au sagou. Le tapioca est la fécule extraite des tubercules du manioc et préparée par un procédé analogue à celui de la fabrication du sagou. (Note du traducteur.)

Les analyses ci-dessous indiquent les quantités d'amidon qui se trouvent respectivement dans les grains de céréales et dans les tubercules des plantes alimentaires.

Pour les céréales, c'est la farine que nous utilisons comme point de comparaison, car c'est de cette dernière seulement et non du grain entier, que nous faisons usage dans notre alimentation.

	Très fine fleur de froment	Composition moyenne de la farine de seigle	Composition moyenne des pommes de terres
Eau . . . . .	14,86 p. 100	15,06 p. 100	75,48 p. 100
Matières albuminoïdes . . . . .	8,91 —	11,52 —	1,95 —
Matières grasses . . . . .	1,11 —	1,79 —	0,15 —
Hydrate de carbone	Amidon . . . . .	65,93 —	62,00 —
	Sucre . . . . .	2,23 —	0,95 —
	Gomme et dextrine . . . . .	6,33 —	4,86 —
Cellulose . . . . .	0,33 —	2,01 —	0,75 —
Cendres . . . . .	0,55 —	1,71 —	0,98 —

Comme nous l'avons déjà vu page 64, le son, constitué par les enveloppes des grains et par tout ce qui ne passe pas au travers des blutoirs sert de nourriture aux bestiaux.

Nous en donnons ci-dessous l'analyse :

	Son de froment.	Son de seigle.
Eau . . . . .	13,2 p. 100	12,50 p. 100
Matières albuminoïdes . . . . .	14,1 —	14,5 —
Matières grasses . . . . .	3,7 —	3,4 —
Hydrates de carbone . . . . .	56,0 —	59,0 —
Cellulose . . . . .	7,2 —	6,0 —
Cendres . . . . .	5,8 —	4,6 —

Des analyses précédentes il ressort que le son est plus riche en albumine que la farine. Aussi le pain de son est-il considéré avec raison comme très nourrissant. Mais son aspect est peu engageant et son goût n'est pas très agréable. Cependant sa teneur élevée en albumine doit le faire recommander aux diabétiques (v. p. 75).

La cellulose, que nous trouvons dans les analyses précédentes et qui se rencontre dans toutes les farines, est aussi un hydrate de carbone de la formule  $C^6 H^{10} O^5$  et elle

doit être indiquée sous cette rubrique dans les tableaux des résultats. Etant inassimilable par l'organisme, elle ne représente aucune valeur pour l'alimentation, contrairement aux autres hydrates de carbone.

Nous passons maintenant aux sucres. Nous disons les sucres parce qu'il en existe toute une série dans la nature. Toutefois leur nombre est beaucoup moins grand que celui des amidons et féculés.

Tout le monde connaît le sucre de canne, d'un emploi si fréquent. Nous avons déjà parlé du sucre de lait ou lactose (p. 61), et du sucre de raisin ou glucose (p. 70).

Au point de vue chimique, l'amidon et le sucre sont deux hydrates de carbone très voisins. L'amidon se transforme très facilement en sucre, particulièrement en glucose. L'occasion de vérifier ce fait se présente souvent à nous. Les fruits verts, ou de maturité incomplète, ne sont pas sucrés; mais, comme les fraises, par exemple, ils peuvent acquérir un goût sucré en quelques heures. Cette transformation provient de ce qu'une partie de l'amidon qu'ils contenaient s'est transformée en sucre pendant qu'ils mûrissaient. Ce n'est pas seulement lors de la maturation que ce phénomène se produit, on l'observe encore lorsqu'on refroidit des fruits au-dessous de 0°. Nous savons tous que les pommes de terre gelées ont un goût sucré peu agréable. Ici aussi la cause du changement a été la même.

La transformation de l'amidon en sucre peut se faire en très peu de temps et sous nos yeux. Mettons un peu d'amidon dans l'eau, ajoutons-y un peu d'acide chlorhydrique et faisons bouillir ce mélange pendant quelques instants : une partie de l'amidon se sera transformée en sucre, dont nous pouvons déceler la présence à l'aide de la réaction chimique suivante.

Mélangeons une solution de soude et une solution de sulfate de cuivre; nous obtenons à froid un précipité bleu d'oxyde de cuivre hydraté. Si nous faisons bouillir la solution, ce précipité sera noir car il se sera transformé en oxyde. Si nous ajoutons de l'amidon à ces produits, il ne se produit aucun changement dans la réaction. Prenons au contraire la solution obtenue en faisant bouillir l'amidon



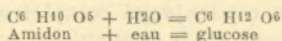
avec un peu d'acide chlorhydrique, ajoutons-y de la lessive de soude et du sulfate de cuivre : il ne se fera plus de précipité bleu comme auparavant, mais une solution transparente bleu ciel; si nous faisons bouillir cette dernière, au lieu de se colorer en noir par l'oxyde de cuivre, elle se colore en rouge par formation de sous-oxyde de cuivre.

Le fait de la coloration en rouge dans des conditions semblables est l'une des réactions particulières et caractéristiques de la glucose. Ce sucre s'est donc produit au cours de l'ébullition de l'amidon avec un acide.

Au point de vue chimique, cette transformation est facile à comprendre. L'amidon n'a besoin que de fixer les éléments de l'eau, soit  $H^2O$  pour être transformé en glucose, ce qui nous est démontré par le schéma suivant :

L'amidon se compose de :	Il fixe de l'eau, soit :	et produit la glucose composée de :
6 atomes de carbone		6 atomes de carbone
10 — d'hydrogène	2 atomes d'hydrogène	12 — d'hydrogène
5 — d'oxygène	1 — d'oxygène	6 — d'oxygène

Ce qui s'écrit en notation symbolique.



La coloration rouge que prend une solution contenant de la glucose une fois additionnée de soude et de sulfate de cuivre est obtenue également avec de l'urine glycosurique, ce qui permet aux médecins de déceler la présence de la glucose dans l'urine des diabétiques. En effet, les diabétiques expulsent la glucose avec leur urine, ce sucre se produisant aux dépens de l'amidon contenu dans les aliments qu'ils ont ingérés. Lorsqu'on ajoute à l'urine d'un diabétique les réactifs utilisés pour la solution de glucose pure, et que l'on chauffe le mélange, on obtient un précipité qui est jaune au lieu d'être rouge, par suite de l'action d'autres parties constitutives de l'urine.

Le régime diététique, que doivent suivre les diabétiques et qui si souvent leur paraît, ainsi qu'à leur entourage, un véritable casse-tête chinois, en ce qui concerne l'usage permis ou défendu de tel aliment ou de telle boisson, s'explique de lui-même pour nous maintenant par ce que

nous venons d'apprendre, et nous est compréhensible. En effet, l'albumine ne peut pas se transformer en sucre, puisqu'il n'y a entre ces deux corps presque aucune parenté au point de vue chimique (ce résultat ne se produit guère que dans les cas les plus graves de cette maladie, lorsque l'ensemble du système d'échanges nutritifs du corps a été bouleversé à tel point que le mode ordinaire d'utilisation des aliments ne s'effectue plus dans l'organisme). Nous n'avons pas à tenir compte ici de cette variété spéciale du diabète, tout à fait différente des formes ordinaires de cette affection. De même, il n'existe pas de parenté chimique entre les graisses et les sucres de sorte que ni l'albumine, ni la graisse ne produiront la formation de sucre dans le corps. Par contre, nous avons pu nous convaincre de la facilité avec laquelle l'amidon se transforme en sucre, et du voisinage de ces deux groupes de corps.

Lorsque l'on mange du pain, l'amidon qu'il contient est transformé en sucre par la digestion intestinale. Le sucre étant soluble dans l'eau, est absorbé par diffusion et répandu dans le torrent circulatoire. Dans le corps d'un individu sain, le sucre est employé complètement à l'entretien du corps. Le carbone qu'il contient est comburé et expiré sous forme d'acide carbonique, son hydrogène est oxydé en formant de l'eau. Cet aliment ne laisse donc aucun déchet que nous puissions retrouver dans l'urine.

Il n'en est pas de même chez les diabétiques. Une partie du sucre passe dans leur corps sans être utilisée et l'analyse chimique peut le déceler facilement dans l'urine. L'organisme du diabétique ne fonctionne donc pas d'une façon normale : il n'utilise plus, comme le fait le corps sain, la totalité du sucre parvenu dans la circulation du sang. D'après cela on voit que la présence reconnue de sucre dans une urine est un signe de fonctionnement irrégulier du corps.

Lorsqu'un diabétique absorbe une nourriture albuminée et riche en graisse, quand il se nourrit de viandes, d'œufs, de beurre et autres analogues, c'est-à-dire d'une nourriture d'origine essentiellement animale, il ne produit pas de sucre. C'est la raison pour laquelle son régime consiste à se tenir

à la nourriture animale, autant qu'il peut la supporter. Par contre le sucre lui-même, puis les aliments contenant de la farine, pain, pâtés ou pommes de terre, les fruits, bref, à peu près tous les aliments provenant du règne végétal, qui ont presque tous une teneur assez élevée en amidon, occasionneront toujours l'expulsion de sucre dans l'urine des diabétiques. Aussi tous les aliments végétaux contenant de l'amidon devront-ils être évités par eux, autant que cela leur est possible.

Dans les stades peu avancés de l'affection (qui heureusement ne devient grave qu'assez rarement) le malade utilisera encore une notable partie de l'amidon des aliments pour la nutrition de son organisme, sans l'expulser sous forme de sucre. Le diabétique légèrement atteint ne perdra donc pas sous forme de glucose dans l'urine, tout l'amidon contenu dans ses aliments sans en avoir rien utilisé pour sa nutrition, mais seulement une petite quantité transformée en sucre. Nous aurons encore à revenir souvent sur le régime des diabétiques, à propos des boissons, par exemple, on trouvera tous les passages s'y rapportant réunis à l'index sous la rubrique « Diabétiques (diète des) ».

Entre l'amidon et la glucose il existe une série de corps intermédiaires, dont le plus connu est la dextrine, que l'on peut obtenir en chauffant l'amidon de 170° à 200°. On l'emploie souvent à faire de la colle, au lieu de gomme arabique.

Le sucre que l'on obtient lors de l'ébullition de l'amidon avec des acides, est également fabriqué en grand dans l'industrie, sous le nom de sucre d'amidon ou de glucose. Comme il est presque impossible de le solidifier, de le cristalliser, comme on dit, même dans les laboratoires, on se contente de le livrer au commerce sous forme de sirop. Ce dernier constitue un succédané convenable du miel, aussi l'emploie-t-on beaucoup à falsifier celui-ci, ainsi que dans la préparation des pains d'épices. Mais son emploi principal se trouve dans la fabrication des bonbons. Les bonbons ne doivent jamais être aussi durs que ne l'est le sucre de canne par exemple, aussi l'emploi de la glucose est-il approprié dans ce cas. Il sert en outre, à la fabrication du caramel.



Chauffons ici un peu de glucose dans un verre jusqu'à ce qu'elle devienne brun foncé, laissons le verre refroidir et ajoutons de l'eau : celle-ci se colore aussitôt en brun jaunâtre en prenant la teinte du cognac. Au bout d'un certain temps, l'eau passera à la couleur de la bière brune (nous verrons plus tard que la couleur de la bière ne s'obtient pas de cette façon-là). Ce caramel, d'une innocuité absolue, convient particulièrement à la coloration des mets (potages, etc.) ou de substances alimentaires, dans lesquels il trouve beaucoup d'emplois.

Le sucre de canne auquel nous passons maintenant nous intéresse bien davantage que la glucose dont l'emploi est rare dans l'alimentation ordinaire et dont nous n'avons parlé en premier que par suite de la facilité avec laquelle elle se dérive de l'amidon. Le sucre de canne, au contraire, nous passe entre les mains plusieurs fois par jour et il sert à l'édulcoration de mets de toutes sortes. Avant qu'on ne l'eût découvert, on ne disposait que du miel. Aussi est-il permis de se demander si les mets sucrés, qui étaient servis dans les fameux repas des patriciens de Rome ou des riches bourgeois au moyen âge, nous auraient beaucoup plu, à cause de leur goût de miel.

Le sucre de canne, comme son nom l'indique, est retiré d'une espèce de roseau, la canne à sucre. Cette plante ne peut croître que dans les climats tropicaux, ou au moins très méridionaux, et ce n'est que par les croisades que les Européens connurent le sucre. Ce furent des marchands de Venise qui le rapportèrent d'Asie et qui le répandirent ensuite en Europe.

Mais à cette époque on ne savait retirer de la plante qu'un liquide très riche en sucre, c'est-à-dire un sirop et c'est sous cette forme qu'on l'utilisa longtemps. Ce ne fut que vers 1400 que l'on réussit à obtenir du sucre solide. Un siècle plus tard on apprit à le raffiner, c'est-à-dire que l'on dissolvait le produit solide dans l'eau, on clarifiait la solution, on la concentrait par la chaleur, puis on faisait cristalliser ce qui purifiait le sucre. L'eau-mère en excès, qui contient encore une certaine quantité de sucre en solution, mais que l'on ne peut plus faire cristalliser, pos-

sède également un goût agréablement sucré. On obtient encore ce produit au cours du raffinage du sucre de canne et on le consomme sous le nom de sirop de mélasse, pour divers usages.

Lorsque le sucre fut devenu, par le raffinage, une denrée d'aspect fort engageant, sa fabrication prit une grande extension et dans tous les pays où le climat le permettait, on se mit à cultiver la canne à sucre sur une grande échelle. C'est ainsi que dans l'Amérique centrale, et plus spécialement aux Antilles, où la canne à sucre avait été introduite dès 1506 (c'est-à-dire à peine une quinzaine d'années après la découverte de l'Amérique) on se mit à produire de telles quantités de sucre pendant les seizième et dix-septième siècles, à l'aide des esclaves importés d'Afrique, que sa culture diminua temporairement ou s'éteignit dans les autres pays, même dans les Indes Occidentales, cependant bien favorisées par le climat.

En Sicile, le pays d'Europe le plus septentrional où l'on se fût occupé sérieusement de sa culture, il avait été introduit par les Arabes victorieux; mais depuis le commencement de la surproduction américaine, il n'avait pu soutenir la concurrence et il avait disparu.

A l'époque actuelle, la canne à sucre n'est plus guère cultivée en Europe, que sur certains points de la côte méridionale de l'Espagne, qui, ainsi que l'auteur a pu s'en rendre compte, sont entourés par les hautes montagnes de la Sierra Nevada; celle-ci les protège contre les vents glacés du Nord, et la plante n'est exposée qu'à la chaleur propice du soleil du Midi.

En 1747, le chimiste berlinois Marggraf reconnut que la betterave contenait un sucre identique à celui de la canne. Cette découverte eut des conséquences énormes pour l'agriculture européenne, qui acquit ainsi une nouvelle culture dont elle tira pendant longtemps un très grand profit, puisqu'on pouvait extraire, de cette plante, qui pousse partout en Europe, le même sucre que celui de la canne, plante exigeant un climat presque tropical. Marggraf s'était rendu parfaitement compte de la portée de sa découverte. Achard, un de ses parents, essaya aussitôt l'extraction du

sucre en grand sur son domaine de Kaulsdorf, près de Berlin; il n'obtint aucun succès, car le bas prix du sucre colonial interdisait une fabrication indigène avantageuse. Cet état de choses changea peu après à cause des circonstances politiques. Par suite du Blacus continental promulgué par Napoléon I<sup>er</sup> en 1806, la valeur marchande des denrées coloniales, jusqu'alors importées en Europe presque exclusivement par les Anglais, s'éleva d'une façon démesurée et le prix du sucre atteignit bientôt près de 7 francs la livre. Dans de pareilles circonstances la fabrication du sucre de betterave devenait avantageuse et elle fut aussitôt pratiquée sur une grande échelle. (En France, ce fut Chaptal qui l'introduisit vers 1810). Cependant, lors de la cessation du blocus en 1812, la plupart des sucreries européennes ne purent soutenir la concurrence du sucre colonial et elles cessèrent leur fabrication.

Mais l'on avait recueilli assez d'expérience dans sa fabrication pour qu'elle finit par se maintenir en présence du sucre de canne, d'autant plus que ce dernier constituant une matière éminemment propre à être taxée, fut frappé de droits de douane très élevés lors de son entrée dans les divers Etats européens. Dans le cours des années suivantes, l'industrie du sucre de betterave acquit un développement inouï, la science et la pratique se complétant mutuellement dans ce domaine et obtenant des perfectionnements de plus en plus grands. Les chiffres suivants le démontrent péremptoirement. Pour fabriquer 100 kilos de sucre il fallait employer :

En 1836 . . . . .	1 800 kilos de betteraves.
— 1842. . . . .	1 600 —
— 1857 . . . . .	1 200 —
— 1871. . . . .	1 100 —
— 1900. . . . .	750 —

De son temps, Marggraf trouva que la teneur en sucre des betteraves atteignait à peu près 6 p. 100. Depuis, au moyen de la sélection appropriée des semences, et de l'emploi des engrais, on est arrivé à lui faire atteindre de 14 à 16 p. 100, en moyenne, et jusqu'à 20 p. 100 dans certains cas, comme en Sicile où cette fabrication a été commencée en



1899. Mieux encore, on a introduit la même année cette culture en Espagne, en Egypte même où on la cultive simultanément avec la canne à sucre. Aussi voyons-nous la production du sucre de betterave dépasser de plus en plus celle du sucre de canne, ce dont le tableau suivant donne une idée :

Années	Productions en tonnes de 1 000 kilos		Totaux	Production du sucre de betterave en p. 100
	Sucre de canne	Sucre de betterave		
1840 . . . . .	1 100 000	50 000	1 150 000	4,35
1860 . . . . .	1 510 000	389 000	1 899 000	20,43
1880 . . . . .	1 852 000	1 402 000	3 254 000	43,08
1890 . . . . .	2 069 000	3 633 000	5 702 000	63,70
1909 . . . . .	2 862 000	5 575 000	8 437 000	65,08

Pour en extraire le sucre, les betteraves sont découpées en morceaux ou cossettes, puis soumises à un épuisement méthodique dans la batterie de diffuseurs où elles abandonnent leur sucre au bout de quelques heures. Le liquide sucré ainsi obtenu, ou jus, doit être concentré à chaud ensuite. Cette opération présente de grandes difficultés parce que lorsqu'on soumet le sucre à une ébullition prolongée, il s'altère sensiblement, perdant notamment la propriété de se solidifier, c'est-à-dire de cristalliser. Mais on a réussi depuis longtemps à vaincre cette difficulté et la concentration s'effectue de la manière assez curieuse que nous allons brièvement décrire.

Les solutions de sucre s'altèrent, mais devant être néanmoins concentrées, afin de livrer le sucre cristallisé par refroidissement ultérieur, au lieu de les évaporer à l'air libre, on les concentre dans l'air raréfié, ce qui, pour la raison expliquée plus loin, abaisse considérablement leur point d'ébullition.

Dans notre première conférence, nous avons vu ce qu'était la pression atmosphérique (v. p. 5). Pour que l'eau puisse bouillir, la vapeur d'eau doit pouvoir surmonter la pression de l'air avant de se dégager. Si nous enlevons à l'aide d'une pompe l'air contenu dans un récipient hermé-

tiquement clos (soit une chaudière en cuivre, dans le traitement du sucre) la vapeur d'eau pourra se dégager beaucoup plus facilement puisqu'elle n'aura plus à vaincre la résistance due à la pression de l'air, et, par suite, l'eau ne bouillira plus à son point d'ébullition ordinaire (100°) mais déjà à une température beaucoup plus basse. L'exemple suivant éclaircira peut-être davantage ce que nous venons de dire. Sur le mont Blanc, l'eau bout à 85°, car, à cette hauteur, la colonne d'air qu'elle a à supporter est d'autant moins haute que la cime de la montagne est au-dessus du niveau de la plaine, où l'eau bout à 100°; par conséquent la pression atmosphérique est proportionnellement plus légère.

Le jus sucré supporte sans courir de danger l'évaporation au point d'ébullition fortement abaissé obtenu dans l'appareil par la raréfaction de l'air (1). Lorsqu'il est suffisamment concentré il abandonne par refroidissement du sucre cristallisé en cristaux faiblement colorés en jaune. Ce sucre brut ou cassonade est purifié et blanchi par le raffinage puis livré au commerce sous forme des cônes ou pains de sucre bien connus.

La parfaite décoloration du sucre s'obtient à l'aide du noir animal, que nous connaissons déjà (v. p. 46). Lors de la cristallisation du sucre, il reste naturellement une eau-mère (v. p. 55) qui, dans l'industrie sucrière, porte le nom de mélasse. Contrairement au sirop que l'on obtient avec le sucre de canne la mélasse a un goût trop répugnant pour être consommée. Pendant longtemps on n'a pas su en extraire les 40 à 50 p. 100 de sucre qu'elle contient encore. Mais cette question a été résolue en 1882, de sorte qu'à présent on peut extraire de ce déchet industriel tout le sucre qui y était autrefois perdu. Depuis 1896 on emploie la mélasse à la nourriture du bétail avec d'excellents résultats et l'on en utilise dans ce but de grandes quantités (2).

(1) On a recours à ce procédé chaque fois qu'il s'agit de concentrer ou de distiller un liquide, soit sujet à s'altérer au contact de l'air, soit instable à une température d'ébullition plus élevée.

(2) On la soumet également à la fermentation et on retire, par distillation, de l'alcool. Le résidu de cette distillation, appelé vinasse, est employé dans l'industrie chimique.

Nous avons déjà parlé du régime des taxes qui frappent le sucre. Cette fiscalité a été souvent modifiée au cours du temps. Tant qu'il n'y avait que du sucre colonial, ce dernier constituait une denrée tout aussi propre à être imposée que le sont aujourd'hui encore le thé ou le café et les recettes qu'il fournissait constituaient une simple taxe de finance. Mais lorsque le sucre commença à être fabriqué dans la métropole, l'Etat dut, vers le milieu du siècle dernier, imposer également le sucre indigène s'il ne voulait pas renoncer à ses recettes. Le procédé le plus commode parut celui de taxer les betteraves, dont on pesait les quantités avant leur entrée dans la sucrerie. On parlait du principe qu'une quantité définie de betteraves devait fournir une quantité définie de sucre. Les fabriques étaient donc absolument libres de choisir la manière et la méthode de leur fabrication et elles pouvaient travailler sans entraves au perfectionnement de leurs procédés de fabrication. Mais lorsque la production du sucre fut devenue si grande que, non seulement elle couvrait tous les besoins nationaux, mais qu'on pouvait encore en vendre à l'étranger, en exporter, il fallut bien rembourser aux fabricants l'impôt qu'ils payaient sur le sucre, afin que leur produit pût à l'étranger concurrencer le sucre de canne, libre de tout droit dans son pays d'extraction. C'est alors que commença l'ère des « primes d'exportation ». Lorsqu'un fabricant avait payé, par exemple, sur la betterave une taxe basée sur un rendement de 1 quintal de sucre pour 10 quintaux de betteraves, mais qu'il parvenait en perfectionnant sa fabrication, à n'employer que 9 quintaux de betterave pour produire le quintal du sucre exporté, l'Etat lui remboursait la totalité des droits payés sur les 10 quintaux de betterave et lui faisait cadeau d'un dixième du montant des droits.

C'est ainsi que le remboursement d'un simple impôt se transforma en une prime d'exportation qui, en 1903, s'élevait en Allemagne à environ 4 marks 50 pour 100 kilos de sucre exporté. Ces circonstances, jointes au fait que la culture des betteraves était devenue plus avantageuse que celle des céréales dont le prix de vente était en baisse continue depuis 1875 environ, devenaient un vif stimulant et



poussaient à la recherche de nouveaux perfectionnements dans la fabrication du sucre. En effet, chaque augmentation du rendement en sucre se transformait en argent comptant pour le fabricant, puisqu'elle se traduisait en une augmentation du boni d'exportation.

Ces conditions ont totalement changé depuis septembre 1903. Par suite de l'énorme et croissante fabrication du sucre dans les pays européens, ceux-ci pouvaient exporter leur sucre en Angleterre, par exemple, et l'y vendre très bon marché, grâce aux primes d'exportation. Le résultat en fut que les fabriques de sucre de canne exotiques, en général beaucoup moins intelligemment dirigées que les sucreries européennes, en souffrirent considérablement. La situation des planteurs des colonies britanniques, notamment, devint de plus en plus mauvaise.

L'Angleterre est de tous les pays ne fabriquant pas eux-mêmes leur sucre, celui qui en consomme le plus. Pour venir en aide à ses colonies, elle déclara lors de la Conférence Internationale des sucres tenue à Bruxelles en 1903, que si les pays exportateurs de sucre de betterave, ne supprimaient pas leurs primes d'exportation, elle frapperait d'un droit proportionnel au montant de la prime tous les sucres entrant en Angleterre. Elle supprimait ainsi l'influence déprimante des primes d'exportation, qui rabaisait le prix du sucre en Angleterre même, et sur le marché mondial, où les cotes anglaises servent de base. Mais en même temps les fabricants de sucre perdaient tout le bénéfice qu'ils avaient retiré jusque-là. Par suite de cette menace, les pays intéressés durent se décider à la suppression de leurs primes d'exportation à partir de 1903. En outre, ils durent s'engager à ne pas frapper les sucres étrangers (y compris le sucre colonial) d'un droit d'entrée supérieur à 6 francs (4 Mk. 80) afin d'éviter que tous les fabricants d'un seul pays, disons de l'Allemagne, par exemple, ne s'unissent pour maintenir les prix à un taux si élevé à l'intérieur du pays, qu'ils soient à même, en sacrifiant une partie du bénéfice acquis dans leur propre pays, d'exporter à nouveau le sucre à un prix inférieur à son prix de revient. Le droit de douane de 6 francs doit suffire à

rendre non profitable l'importation de sucre colonial dans les pays européens fabriquant le sucre de betteraves. C'est ainsi que depuis septembre 1903, tout le sucre fabriqué et vendu en Allemagne paye une taxe de consommation de 14 marks par 100 kilos, à l'Etat, qui ne s'occupe plus du sucre d'exportation au point de vue de sa politique douanière. Les conditions actuelles de l'importation sur les sucres sont donc aussi simples que possible auprès de ce qu'elles étaient auparavant. Par contre, on peut se demander quel sort attend à présent les sucreries qui devront se tirer d'affaire sans primes d'exportation; c'est-à-dire sans l'appoint en espèces sonnantes qu'elles recevaient jusqu'alors de l'Etat.

La convention sucrière a été signée en premier lieu pour une durée de cinq ans.

Comme conclusion à notre étude sur le sucre, nous mentionnerons ici l'édulcorant découvert le plus récemment, la saccharine, dont le nom dérive du nom latin du sucre, *saccharum*. Parmi l'immense quantité de combinaisons chimiques que l'on connaît, il y en a naturellement un grand nombre qui sont douées d'une saveur prononcée. C'est ainsi que nous voyons les acides tirer leur nom générique de ce fait que les premiers corps appartenant à ce groupe qui aient été découverts, possèdent une saveur acide. Les bases, telles que la soude ou la potasse ont une saveur caustique rappelant celle de la lessive.

Les sels, corps résultant de la combinaison des acides avec les bases ont, soit un goût salé, soit salé et amer, tantôt ils sont insipides. Celles des combinaisons chimiques que l'on ne peut ranger sous aucune de ces trois classifications varient aussi infiniment de saveur.

Il y a longtemps qu'en dehors des sucres proprement dits, on connaissait un certain nombre de corps de saveur sucrée tels que le glycocole, etc. La saccharine présente cette propriété à un degré remarquable, puisqu'on évalue qu'elle est trois cents fois plus sucrée que le sucre ordinaire. Ce corps est de composition chimique fort complexe; on le nomme une sulfonide benzoïque, c'est-à-dire un dérivé



sulfuré de benzène, corps lui-même extrait du goudron de houille.

La saccharine n'a aucune valeur nutritive. Du reste, on ne l'absorbe qu'à l'état de traces. On peut l'employer à édulcorer les mets, les produits pharmaceutiques, etc.; et il n'y a pas d'exemple qu'on en ait jamais éprouvé des suites nocives (1). Nous devons la considérer plutôt comme un condiment destiné, comme les épices en général, à agir d'une manière effective sur le goût dont elles modifient les sensations, sans jouer par elle-même le rôle d'aliment. Ce sont les diabétiques qui en tirent le plus d'avantages, car jusqu'à sa découverte, ils avaient été obligés de renoncer tout à fait au goût du sucre, dont ils peuvent à présent se donner l'illusion grâce à ce nouveau produit. L'avantage de l'édulcoration des aliments par ce moyen n'est pas à dédaigner, car elle facilite aux diabétiques l'ingestion de leur nourriture. Nous ne pouvons douter que lors de l'ingestion des aliments, certaines impressions mentales ne jouent un certain rôle, en dehors de la sensation du besoin physique. Nous ne pouvons consommer d'une manière permanente que des aliments rendus savoureux au moyen d'additions de condiments. Il semble que ces derniers, comme le sel, le poivre, la moutarde, soient indispensables à l'excitation de l'activité digestive. C'est dans le même ordre d'idées que nous prenons régulièrement les infusions chaudes de thé ou de café, parce que nous savons que, sans posséder de valeur nutritive, ces substances facilitent l'ingestion des aliments solides.

Entre les aliments et les condiments il nous faut ranger les boissons spiritueuses, sur le compte desquelles nous reviendrons *in extenso* et à propos desquelles nous verrons qu'elles appartiennent plutôt aux seconds.

L'expérience nous apprend, en outre, que l'homme s'habitue relativement vite aux condiments, et que l'usage cons-

(1) A dose plus élevée la saccharine amène des troubles digestifs; elle passe au travers du corps sans être altérée et on la retrouve quantitativement dans l'urine. On doit conseiller de ne pas en abuser. En France, elle est soumise à une législation spéciale. (Note du traducteur.)



tant des mêmes substances amènerait soit la satiété, soit une absorption toujours plus grande de ces stimulants en vue d'obtenir le même résultat, atteignant ainsi un excès susceptible de suites nuisibles. Il faut donc, pour que la nourriture plaise et profite à la longue, que les mets consommés soient convenablement variés, et que les condiments destinés à y ajouter une saveur agréable soient choisis d'une manière appropriée. Tout cela est obtenu par la plupart de nos ménagères, par simple expérience journalière.

Le raffinement que l'on apporte à la confection des mets par l'assaisonnement est une habitude qui n'a rien de répréhensible, elle est tout aussi justifiable que tant d'autres de ces petites jouissances qui contribuent à rendre la vie plus agréable. Cela ne veut pas dire que nous prétendions rompre une lance en faveur des grands repas aux interminables défilés de plats, cela signifie simplement que c'est un devoir fort digne d'une maîtresse de maison, de veiller à ce que tout ce qui paraît sur la table soit préparé de telle sorte qu'on le mange avec plaisir et soit en même temps d'une digestion aisée. On peut ne voir dans le manger qu'une fonction animale d'ordre très bas, mais on ne peut nier que le boire et le manger maintiennent ensemble le corps et l'esprit.

Il faut reconnaître aussi que la préparation en grand de certains aliments a eu de très bons résultats. C'est ainsi que dans les villes tout le monde se fournit de pain chez le boulanger où on le trouve cuit quotidiennement et du goût le plus agréable. A la campagne, au contraire, où il faut faire cuire soi-même le pain nécessaire au ménage on ne mange jamais que du pain relativement vieux et très rassis, parce que la préparation quotidienne de la quantité de pain consommé chaque jour serait impossible. Et quel est celui qui voudrait considérer cette amélioration comme une prodigalité ou du sybaritisme?

Nous pouvons en dire autant de la préparation des légumes sous forme de conserves, qui en permettent maintenant l'usage en toute saison, à un prix à peine supérieur en hiver, à ce que l'on paye en été pour des légumes frais. Il en est de même de ces conserves de viande et de poisson,

devenues si nombreuses depuis quelques années. Elles permettent de varier sensiblement et sans grands frais les repas les plus modestes (1).

Le dicton bien connu de « toujours perdrix » est un exemple bien prouvé que tout ce qui est considéré comme un mets excellent et qui, en effet, plaît beaucoup quand on le mange de temps à autre, devient fastidieux et même im-mangeable si on le mange continuellement et sans variété.

Cela n'arrive pas seulement aux hommes, mais encore aux animaux carnivores. On voit les rats mourir rapidement si on ne leur sert toujours que de la viande bouillie et rien d'autre, car ils n'y touchent plus et se laissent plutôt mourir que d'en manger.

Il n'en est pas de même avec les oiseaux, car on peut les nourrir en cage pendant des années entières avec une espèce unique de graines. Il est vrai que les analyses de céréales que nous avons déjà vues, nous ont révélé que les graines, représentent, en quelque sorte, une alimentation de composition assez complexe, et c'est cette complexité qui permet aux oiseaux de les manger perpétuellement sans dégoût.

En dehors de l'albumine, des graisses et des hydrates de carbone, le corps a besoin d'eau et de sels inorganiques pour pouvoir subsister. Parmi ces derniers il n'y en a qu'un que nous consommons directement: c'est le sel de cuisine que nous mélangeons volontairement à nos aliments et qui semble agir d'une manière très favorable sur l'organisme animal. Les animaux herbivores eux-mêmes lèchent avec un évident plaisir des pierres de sel quand on leur en

(1) REMARQUE. — La préparation des conserves correspond tout à fait à la stérilisation du lait au moyen de l'appareil Soxhlet, que nous avons décrite page 62. Les aliments sont introduits simultanément avec de l'eau dans des boîtes en fer blanc (fer étamé) qui sont ensuite fermées par un couvercle soudé. En les chauffant pendant un temps assez long au bain-marie, on tue tous les germes nuisibles, bacilles, bactéries de la pourriture, etc., que contiennent les boîtes, ce qui rend impossible la corruption des aliments ainsi préparés.

donne (1). Les autres sels dont nous avons besoin, comme le phosphate de chaux pour les os, sont contenus en quantité suffisante dans les aliments eux-mêmes, comme le montrent les analyses que nous avons déjà vues ou que nous aurons encore l'occasion de voir; la teneur totale en sels de ces différents composés y est toujours indiquée sous la rubrique « cendres ».

Un seul d'entre eux présente un grand intérêt, même pour le public en général: c'est le fer. La quantité de fer dont l'homme a journellement besoin est infime; on peut l'évaluer à environ 15 milligrammes par kilo du poids du corps; on voit donc que pour un poids de 50 kilos et pour la durée d'une année il n'en faut pas même 3 grammes; et pourtant une absorption insuffisante de fer produit, comme chacun le sait, de l'anémie ou même d'autres troubles. Car, tandis que l'individu sain trouvera facilement la quantité nécessaire dans la teneur en fer des aliments, il arrive fréquemment lors de certaines affections, l'anémie des jeunes filles par exemple, que cette propriété particulière de l'organisme de s'approprier directement tout le fer nécessaire des aliments, se trouve si diminuée qu'il faut recourir à l'ingestion artificielle de ferrugineux pour y suppléer. Or, les individus différents se comportent de façon très variable vis-à-vis des divers sels de fer, aussi est-il souvent difficile de trouver le médicament qui convient dans tel ou tel cas. Voilà pourquoi il se crée tous les jours de nouveaux médicaments à base de fer.

Tout ce qu'on peut dire, c'est que la question naguère fort discutée de savoir si l'on pouvait enrichir artificiellement la composition du sang à l'aide de sels ferreux introduits dans le corps sous forme de médicaments, a été résolue affirmativement. Elle constitue un fait si positivement reconnu que presque tous les médecins savent apprécier la valeur des remèdes ferrugineux dans mainte maladie. Pour

(1) REMARQUE. — C'est donc à juste titre que les bestiaux dits des prés-salés sont ceux qui fournissent la meilleure viande, car le sel des embruns de la mer est continuellement mélangé à leur provende. (Note du traducteur.)



terminer, nous indiquons ci-dessous, la teneur en fer et en chaux de certains aliments en milligrammes, d'autant plus qu'il s'agit de chiffres susceptibles de présenter de l'intérêt à beaucoup de personnes. La teneur en fer des aliments joue un rôle pendant toute l'existence; celle de la chaux est importante surtout pendant la croissance des enfants.

Les chiffres donnés ici ont été établis en 1904.

	100 grammes contiennent :	
	Milligrammes de fer.	Milligrammes de chaux.
Sucre. . . . .	0,0	0,0
Blanc d'œuf. . . . .	0,0	18,8
Cerises . . . . .	0,24	27,2
Lait de femme . . . . .	0,28 à 0,37	29,2
Lait de vache. . . . .	0,3	196,3
Pommes . . . . .	0,3	10,6
Riz. . . . .	0,88 à 2,20	90,6
Pain blanc. . . . .	0,96	29,5
Asperges. . . . .	1,2	—
Pommes de terre. . . . .	1,6	25,0
Seigle . . . . .	3,2 à 4,2	52,7 à 60,4
Épinards. . . . .	4,0 à 4,7	27,6
Viande de bœuf. . . . .	4,7	8,1
Froment. . . . .	4,84	56,06
Jaune d'œuf (1). . . . .	5,0 à 11,9	189,0

Maintenant que nous avons parlé des différentes classes d'aliments employés dans notre alimentation, il nous reste à dire un mot de la valeur de la cuisson au point de vue alimentaire.

Les aliments végétaux et animaux se comportent très différemment suivant la cuisson.

En ce qui concerne la nourriture animale, la viande proprement dite principalement, la préparation culinaire est sans grande influence sur la valeur nutritive. La viande de bifeck crue rendue comestible par l'assaisonnement de sel et de poivre, ne passe-t-elle pas, non sans quelque raison,

(1) REMARQUE. — La teneur en fer du jaune d'œuf varie avec les saisons; c'est avec l'époque de la couvée qu'elle est la plus élevée.

pour particulièrement nourrissante? Nous ne pouvons manger ainsi la chair crue des oiseaux et des poissons; et pourtant leur valeur nutritive n'est nullement modifiée par la cuisson à l'eau ou le rôtissage. Mais dans le rôtissage en particulier, pendant lequel on cuit la viande avec sa graisse et un peu d'eau, il se forme des substances d'odeur agréable, excitant le goût et qui, à titre de condiments stimulants, facilitent l'ingestion de ces aliments.

Les cinq analyses suivantes appuieront par leurs indications ce que nous venons de dire.

	Eau.	Matières protéiques.	Graisse.	Matières extractives.	Cendres.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
La viande fraîche de bœuf contient. . . . .	70,88	22,51	4,52	0,86	1,23
Après la cuisson à l'eau, elle contient . . . . .	56,82	34,13	7,50	0,40	1,15
Sous forme de bifteck, elle contient. . . . .	55,39	34,23	8,21	0,72	1,45
Les côtelettes de veau avant la cuisson contiennent. .	71,55	20,24	6,38	0,68	1,15
Après la cuisson, elles con- tiennent. . . . .	57,59	29,00	11,95	0,43	1,43

Ce qui nous frappe surtout dans cette analyse, c'est que la viande de bœuf est plus pauvre en eau après avoir bouilli qu'avant. Cela provient de la contraction de ses fibres sous l'action de la chaleur. Il y a quelque chose de bien plus remarquable encore, c'est que la composition de la viande du bœuf cuite à l'eau bouillante (ce qu'on appelle ordinairement du bouilli au pot-au-feu) diffère si peu de celle du bifteck; même leur teneur en albumine est restée semblable. Nous ne trouvons de grande différence que dans les matières extractives, dont la quantité contenue dans le bifteck est le double de celle du bouilli.

On appelle substances extractives celles qui se dissolvent dans l'eau pendant l'ébullition et qui n'appartiennent ni aux graisses ni aux protéines. Ce sont précisément celles que l'expérience nous montre stimulant le sens du goût. Lors-

qu'il vient à en manquer une partie, comme c'en est le cas pour le bouilli, la viande n'a plus qu'un goût fade et nous ne la mangeons plus aussi volontiers. Cependant, si l'on réussit à rendre de la saveur à cette viande par l'addition ultérieure de condiments, et que l'on n'ait pas cuit la viande jusqu'au bout, on trouvera que sa valeur nutritive est à peine moindre que celle d'autre viande.

Nous arrivons ainsi subsidiairement à nous demander comment il convient de cuire la viande pour en faire le bouillon. Ce dernier est inconnu dans une grande partie du globe, mais son usage est constant, à quelques variantes près, chez la plupart des peuples européens. La question dont nous cherchons ici la réponse peut être posée ainsi: faut-il mettre la viande sur le feu à l'eau froide ou bien à l'eau chaude? L'essai suivant en décidera.

Nous arrosons dans ce but un peu de viande, hachée afin d'offrir une plus grande surface, avec de l'eau froide et nous l'agitons fortement. Filtrons, afin de clarifier le mélange; nous obtenons un liquide coloré en rose vif par un peu de matière colorante du sang (hémoglobine). Mettons cette dernière à bouillir dans un verre à essais. Nous voyons bientôt la couleur virer au gris, car l'hémoglobine est décomposée par la chaleur et s'altère complètement; une grande quantité de matière floconneuse se sépare, et vient surnager: l'analyse nous apprend que c'est de l'albumine. L'eau froide a donc extrait de la viande un peu d'albumine que la chaleur fait naturellement coaguler. L'habitude étant d'écumer le bouillon pour une simple raison d'aspect, on voit que dans la pratique on enlève cette albumine solidifiée, renonçant ainsi volontairement à cette substance alimentaire. Arrosons maintenant une deuxième portion de la viande hachée, avec de l'eau bouillante et, laissons-la bouillir quelques instants. La viande se colore aussitôt en gris (teinte bien connue du bouilli), puisque l'hémoglobine qu'elle contient ne supporte pas la chaleur. Nous voyons nager dans le liquide bouillant à peine quelques flocons d'albumine, et lorsque nous filtrons, nous obtenons un liquide tout à fait clair qu'une ébullition prolongée ne troublera plus. Voilà ce qui s'est passé cette fois. L'eau



bouillante versée sur la viande a fait coaguler presque instantanément les substances albumineuses de la surface, ce qui a obstrué les pores très fins, empêchant les matières extractives de s'échapper. Nos expériences nous apprennent donc ce que la pratique culinaire nous prouve : à savoir que si l'on veut avoir un bouillon ayant bon goût, il faut mettre la viande à l'eau froide, parce que celle-ci en retire abondamment les matières extractives; mais le bouilli n'a plus alors un goût bien agréable. Veut-on, au contraire, avoir une viande agréable au palais, on la mettra à l'eau chaude, dans ce cas ce sera la soupe qui sera moins bonne.

Il faut, en effet, se rendre compte que dans le bouillon ce n'est qu'une question de saveur qui agit, car ce potage n'a pas de valeur nutritive à proprement parler, ce dont l'analyse viendra nous convaincre par ses chiffres. Le bouillon analysé a été préparé, suivant la manière ordinaire, avec 500 grammes de bœuf et 190 grammes d'os de veau. Il contenait après cuisson :

Eau . . . . .	95,18	p. 100
Matières protéiques . . . . .	1,19	—
Graisse . . . . .	1,48	—
Matières extractives . . . . .	1,83	—
Cendres . . . . .	0,32	—

Nous voyons immédiatement que sa partie essentielle, c'est l'eau. Les matières extractives sont principalement constituées par de la gélatine, car l'albumine soluble a été coagulée par la chaleur et enlevée par l'écumage. La quantité de graisse n'est pas bien grande non plus. Si nous consommons néanmoins le bouillon avec plaisir, et que nous lui reconnaissons une influence stimulante sur le système nerveux, nous ne pouvons donc en faire remonter l'origine qu'aux matières extractives, et aussi aux sels de potasse qui paraissent posséder des propriétés analogues. La cendre de bouillon ci-dessus, par exemple, contenait 50 p. 100 de potasse et 25 p. 100 d'acide phosphorique. D'ailleurs, dans la pratique l'addition de légumes au pot-au-feu contribue à en

améliorer sensiblement la saveur et les propriétés nutritives.

La cuisson présente bien plus d'importance pour les aliments d'origine végétale que pour les viandes. Et, en exceptant les fruits, la plupart sont bien trop durs pour être consommés crus. Il faut que le tissu organique, qui en est la charpente, soit d'abord brisé ou amolli par la cuisson, pour qu'ils puissent être ingérés.

Pour les céréales, qui sont précisément nos aliments végétaux principaux, il faut en outre, que l'enveloppe solide, la graine, soit brisée au moyen de la mouture, avant qu'on puisse obtenir la farine qu'elle contient. Cette enveloppe solide forme la majeure partie du son (v. p. 73). Mais la farine même ne saurait convenir telle quelle à la nourriture de l'homme, car les grains d'amidon cru, enveloppés de leurs parois cellulaires, ne sont que difficilement attaqués par le suc digestif. Tout change lorsqu'on cuit la farine avec de l'eau. La chaleur fait éclater les parois cellulaires et l'amidon, mis à nu, se transforme alors en empis (v. p. 72), forme sous laquelle il est aisément digéré; c'est ce qui a lieu lors de la cuisson de tous les mets à base de farine.

La cuisson du pain est faite dans le même but, auquel vient s'ajouter cette porosité considérable à laquelle il doit son haut degré de digestibilité.

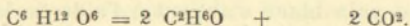
Lorsque l'on mélange la farine avec de l'eau on obtient une pâte très tenace, à cause de sa teneur en gluten. On a nommé gluten cette matière albumineuse de la farine qui en produit la consistance gluante, tenace, lorsqu'on la mouille.

Cuissons cette pâte telle quelle, nous obtenons une masse très dure, analogue au biscuit de mer; si l'on abandonne la pâte crue à elle-même pendant quelque temps, elle s'altère peu à peu. L'air lui fournit des cellules de levure, qui font fermenter le sucre de la farine (nous allons revenir sur ce sujet à l'instant), et, en outre, des bacilles lactiques (v. p. 61), qui transforment le sucre en acide lactique. La fermentation par la levure, origine de tous les spiritueux dont nous aurons bientôt l'occasion de parler,

s'effectue de telle sorte que le sucre est décomposé en acide carbonique et en alcool ou esprit-de-vin.

1 mol. de sucre se composant de :	}	produit	}	2 mol. d'alcool com- posés chacune de :	} +	}	2 mol. d'acide carboni- que comp. chacune de :
6 atomes de carbone(C).		2 atomes de carbone.		1 atome de carbone			
12 — d'hydrogène(H).		6 — d'hydrogène.		et			
6 — d'oxygène (O).		1 atome d'oxygène.		2 atomes d'oxygène.			

ou, en notation abrégée.



1 mol. sucre = 2 mol. alcool + 2 mol. acide carbonique

On voit donc que par fermentation une molécule de sucre se décompose en deux molécules d'alcool et deux molécules de gaz carbonique.

La consistance tenace de la pâte du pain, s'oppose au dégagement du gaz carbonique qui y est formé par la fermentation du sucre; aussi le gaz remplit-il toute la pâte de bulles. Lorsque le pain arrive ensuite dans le four, l'alcool produit par la fermentation s'évapore sous l'influence de la chaleur et contribue aussi à la porosité du pain. En outre, la chaleur rompt les cellules des grains d'amidon humides et ces derniers commencent aussitôt à se transformer en empois.

A la surface extérieure du pain, la température s'élève tellement, jusqu'à ce qu'il ait atteint son degré de cuisson convenable, que l'amidon commence à s'y transformer en dextrine. Nous avons déjà dit (v. p. 77) que la dextrine avait des propriétés agglutinantes. Aussi voyons-nous, à la surface du pain, les grains de dextrine et d'autres matières se coller ensemble en formant cette croûte dure que nous avons l'habitude d'y trouver. Nous venons de dire que lorsqu'on l'abandonne à l'air, la pâte fraîche du pain devenait acide sous l'influence de l'acide lactique; c'est pour cette raison qu'elle prend le nom de pâte aigre ou levain.

Il se passe naturellement un temps assez long avant que l'air fournisse à la pâte une quantité suffisante de cellules de levure et de bacilles lactiques, pour qu'elle commence à fermenter. Mais si l'on possède une réserve de cette pâte aigre ou levain, à l'avance, et qu'on en ajoute à une



pâte fraîchement préparée, celle-ci ne tardera pas à « lever » sous l'influence de la fermentation, car les cellules de levure et les bacilles se multiplient avec une extrême rapidité. Aussi, conserve-t-on toujours une certaine quantité de ce levain pour l'ajouter dans le prochain pétrin.

Le goût du levain se communique au pain; aussi ne l'emploie-t-on plus guère aujourd'hui qu'à la préparation du pain bis, qui lui doit sa saveur acidulée. La fermentation ou « levage » du pain blanc s'obtient à l'aide de la levure pure, évitant ainsi l'acidification du pain par l'acide lactique. La levure nécessaire est fournie par la brasserie dont elle est un sous-produit; on la prépare cependant maintenant dans des fabriques spéciales, sous le nom de levure pressée. Nous ne pourrions parler en détail de cette fabrication qu'à propos des boissons fermentées, parce qu'elle exige encore d'autres connaissances préalables pour être comprise. Il existe, et on emploie comme succédanés de la levure, certains produits dont l'effet repose sur de tous autres principes et qui n'ont rien à voir avec la fermentation de la pâte.

Le succédané habituellement employé à cette fin, surtout dans la pâtisserie domestique, est un carbonate d'ammoniaque. Le gaz carbonique est un gaz acide; l'ammoniac est un gaz basique (v. p. 54) et quoique leur combinaison produise un sel solide et blanc à la température ordinaire, celui-ci se décompose en ses éléments lorsqu'il est soumis à la chaleur du four, et les deux gaz en se volatilisant font lever la pâte dans le four.

Beaucoup de ménagères emploient aussi la potasse. Celle-ci est du carbonate de potasse (v. p. 49) sel absolument réfractaire à la chaleur; ce n'est donc pas la température du four qui la fait agir. Mais ce sel dégage de l'acide carbonique lorsque la pâte à laquelle on l'ajoute, a aigri. En effet, l'acide lactique est plus fort que l'acide carbonique; il se forme donc d'une part du lactate de potasse, tandis que, d'autre part, l'acide carbonique se dégage et fait lever la pâte. Comme il ne se dégage chaque fois qu'une quantité d'acide carbonique équivalente à celle de l'acide lactique, quelle que soit la quantité de potasse ajou-

tée, on voit qu'elle n'a d'effet suffisant que lorsque la pâte est très acide.

La réflexion fait remarquer que le levage du pain produit au moyen de la levure, par la destruction du sucre, qui a lieu lors de toute fermentation alcoolique, est accompagnée d'une déperdition en substance nutritive. Cette perte se produit lors de chaque panification. Depuis que Liebig a attiré l'attention sur cette perte on a cherché à y remédier en provoquant par d'autres moyens le dégagement d'acide carbonique nécessaire à la porosité de la pâte.

C'est ainsi que l'efficacité des poudres succédanées de la levure repose sur la présence d'un mélange de phosphate acide de chaux et de bicarbonate de soude. Lorsqu'on la pétrit avec la pâte, les deux composés réagissent l'un sur l'autre, par suite de l'humidité de la pâte et il se dégage de l'acide carbonique. La pâte est rendue ainsi suffisamment poreuse lors de la terminaison du pétrissage pour pouvoir être enfournée de suite. Quant au phosphate de chaux restant, c'est un sel facilement assimilé et utile au corps.

Comme conclusion, il nous reste encore à parler de l'influence de la cuisson sur les pommes de terre. Par suite de leur grande dureté, les pommes de terre crues sont incombustibles. Elles doivent cette dureté aux tissus cellulaires enveloppant les grains de féculé, et qui étant reliés ensemble constituent le squelette de la pomme de terre. A l'exemple de ce que nous avons vu déjà à propos des graines de céréales, cette enveloppe rend les grains de féculé inattaquables par les sucs digestifs de l'estomac.

Mais quand on les cuit, les grains de féculé se dilatent, crèvent les enveloppes et en absorbant de l'eau, commencent à se transformer en empois, forme sous laquelle les sucs intestinaux les changent aisément en sucre (v. p. 72).

Le sucre étant très soluble dans l'eau passe par diffusion dans la circulation du sang et devient ainsi utilisable par la nutrition.

Tout ce qui précède nous permettra de nous rendre compte aisément de l'action de la cuisson des aliments soit par l'eau, soit par le rôtissage sur tous les autres aliments non mentionnés ici, de sorte que nous pouvons passer à un autre sujet.



## CINQUIÈME CONFÉRENCE

---

Quantité indispensable de chaque aliment et valeur nutritive des principaux. — La fermentation. — Le vin. — Les vins de fruits non alcooliques. — Le champagne. — L'hydromel. — Le coumyss. — La bière. — Le malt. — L'eau-de-vie de vin. — La levure industrielle. — L'eau-de-vie de grains. — L'alcool de pommes de terre, l'alcool de mélasse. — L'esprit de bois. — Raffinage de l'alcool. — L'alcool absolu. — L'alcool dénaturé. — Les spiritueux.

Nous allons aborder maintenant une question très importante. Combien l'homme doit-il manger pour conserver ses forces? Nous savons déjà qu'il doit consommer une alimentation variée composée d'aliments azotés et d'aliments non azotés, c'est-à-dire d'albumine, de graisse et d'hydrate de carbone.

Ce n'est pas le régime particulier des végétariens qui peut modifier cette constatation. Ces derniers sont obligés de fournir à leurs besoins en matières albumineuses au moyen d'une alimentation végétale, puisqu'ils dédaignent toute nourriture animale. Les analyses précédemment indiquées (v. p. 73) nous montrent que dans l'alimentation végétale, le rapport entre les matières albuminoïdes et les hydrates de carbone est défavorable, car il montre un excès trop considérable de ces derniers, de sorte que pour trouver la quantité d'albumine indispensable, le corps est obligé d'absorber simultanément une trop grande quantité d'hydrates de carbone, véritable ballast absolument inutile. Les végétariens sont la preuve vivante qu'on peut se nourrir de cette manière suffisamment pour exister. Mais de là à imiter les animaux herbivores qui sont très forts, comme le cheval ou l'éléphant, bien que strictement végétariens, il



y a encore loin. En effet, la nature les a équipés en vue de cette alimentation spéciale, en leur donnant un intestin beaucoup plus long (v. p. 56); en outre, beaucoup d'herbivores ont plusieurs estomacs et ruminent leurs aliments.

Bien que les végétariens arrivent, en somme, à se nourrir sans trop de difficulté, une alimentation strictement albuminée paraît impossible à consommer par l'homme. C'est ce que nous voyons chez les diabétiques (ou glycosuriques) dont nous avons déjà parlé plusieurs fois. Ces malades ne devraient théoriquement absorber aucun aliment d'origine végétale (v. p. 75). En réalité, il leur est impossible de pratiquer ce régime pendant un temps prolongé. La privation rigoureuse d'aliments amylacés, tels que le pain, les pommes de terre, suffit seule à causer à la plupart d'entre eux un malaise continu. Et pourtant, c'est le seul procédé qu'on ait trouvé jusqu'à présent pour éviter, dans la mesure du possible, les suites si graves que cette affection ne manque pas sans cela de produire peu à peu.

De nombreuses recherches entreprises par deux savants, Voit et Pettenkofer ont déterminé la quantité d'aliments nécessaires à l'homme pour sa subsistance quotidienne. Nous en extrayons les résultats suivants :

Un ouvrier robuste, se livrant régulièrement à un travail corporel, a besoin chaque jour de :

137 grammes d'albumine, 173 grammes de graisse et 392 gr. 3 d'hydrocarbures. Cette quantité d'albumine est équivalente à 18 gr. 3 d'azote; on la trouve contenue soit dans :

Fromage. . . . .	272 gr.	Crème . . . . .	2 650 gr.
Pois. . . . .	520 —	Lait . . . . .	2 905 —
Viande maigre. . . . .	538 —	Pommes de terre	4 575 —
Farine de froment. . . . .	796 —	Lard . . . . .	4 795 —
Oufs (1). . . . .	905 —	Chou. . . . .	7 625 —
Pain noir . . . . .	1 430 —	Bière. . . . .	17 000 —
Riz. . . . .	1 868 —		

(1) REMARQUE. — Une question souvent posée est celle du rapport entre la valeur nutritive de la viande et celle des œufs. On a trouvé qu'en moyenne, environ dix-huit à vingt œufs équivalent à 1 kilogramme de viande.

L'homme trouve les 328 grammes de carbone dont il a besoin chaque jour dans les quantités d'aliments indiquées ici :

Lard . . . . .	450 gr.	(Œufs . . . . .	2 231 gr.
Farine de froment. . . . .	824 —	Viande maigre . . . . .	2 620 —
Riz . . . . .	896 —	Pommes de terre. . . . .	3 124 —
Pois . . . . .	919 —	Lait . . . . .	4 652 —
Fromage. . . . .	1 160 —	Chou. . . . .	9 318 —
Pain noir . . . . .	1 346 —	Bière. . . . .	13 160 —
Crème . . . . .	1 410 —		

Si nous représentions par du charbon de bois la quantité de carbone qui nous est nécessaire journallement et que nous le pesions, nous serions surpris par la grandeur du volume requis, pour faire ces 328 grammes et qui semble bien plutôt destiné au chauffage d'un petit poêle qu'au « chauffage » de l'homme pendant vingt-quatre heures si cette expression nous est permise. En effet, il faut bien plus de carbone que nous ne nous le figurons en général, pour maintenir constamment à 37 degrés la chaleur d'un corps pesant, par exemple, 70 kilos et par là assurer son activité.

Bien que nous considérions encore ici le corps humain (auquel ressemble celui de tous les animaux supérieurs) comme une machine, il ne nous faut pas négliger une différence fondamentale entre l'organisme humain et une locomotive, par exemple.

C'est que dans l'organisme animal la matière dont sont composés tous les organes participe elle-même perpétuellement à l'échange continu de substance, tandis que le métal de notre locomotive reste invariable pendant la durée de son travail. Nous avons fait nos expériences de digestion artificielle dans des verres (v. p. 57) et nous avons déjà dit à ce propos que la nature dissout à l'intérieur de l'estomac les albumines fournies par l'alimentation, bien que la paroi stomacale se compose elle-même de matières albuminoïdes. Ces dernières, à leur tour, doivent être, comme tout ce qui compose notre corps, perpétuellement usées et perpétuellement remplacées.



Considérons maintenant d'un peu plus près les chiffres donnés ci-dessus, nous trouverons qu'ils viennent confirmer en général l'expérience que nous tirons de notre vie ordinaire, tandis que nous nous trouvons déçus par certains autres. Un plat de petits pois au lard, par exemple, passe pour très nourrissant: notre tableau montre qu'il nous suffit en effet de très peu de ces deux aliments réunis pour assurer notre existence quotidienne.

Si nous voulions nous alimenter uniquement avec de la bière, nous verrions, en nous reportant aux tableaux précédents, qu'elle ne possède qu'une faible valeur nutritive. Pour absorber la quantité d'albumine nécessaire à notre existence, nous devrions en boire 17 litres tandis que 13 litres suffiraient à nous fournir la quantité de carbone nécessaire. C'est à peine si l'on peut considérer la bière comme un aliment. Elle constitue en revanche un stimulant doué de certaines qualités nutritives, car si on en consomme régulièrement un litre tous les jours, on satisfait à la dix-septième partie environ de notre besoin de nourriture.

Parmi les divers aliments cités, le pain bis (ou pain de seigle) est un de ceux qui répondent le mieux aux besoins alimentaires de l'homme. Nous voyons, en effet, que 1 kg. 500 de pain bis, en chiffres ronds, suffirait à la ration d'entretien quotidienne. C'est ce qui nous explique pourquoi la classe ouvrière allemande, bien que paraissant se nourrir beaucoup plus mal que les classes aisées, qui consomment régulièrement de la viande, garde cependant toute sa vigueur. On comprendra aussi facilement qu'un ouvrier soumis à un entraînement perpétuel de l'activité musculaire, possédera une force physique beaucoup plus grande que celle d'un individu plus favorisé quant au choix de ses aliments, mais dont la vie sédentaire lui fait, en général renoncer à tout exercice musculaire. Les chiffres que nous avons donnés représentent la limite minima de la nourriture nécessaire à un travailleur. Le fait de rester au-dessous de cette limite amène l'épuisement et ceux même dont on dit qu'ils mangent peu, consomment au moins autant que le minimum que nous avons indiqué.

En général, l'homme mange beaucoup plus, d'autant plus



qu'il est très difficile dans la pratique de maintenir constamment la proportion voulue entre les données fournies par la théorie. L'habitude y joue aussi son rôle. Mais le corps ne prend dans l'excès d'aliments que ce qui lui est nécessaire, rejetant le superflu sans l'avoir utilisé.

Lorsque nous disions qu'on peut vivre avec un kilo et demi de pain noir par jour, c'est également de la théorie, car personne ne pourrait vivre que de pain bis seulement, à la longue. Mais si on le consomme avec du beurre, du lard, etc., et qu'on en remplace une partie, tous les jours alternativement, par quelque autre aliment, en prenant du café par exemple, comme stimulant, ce que nous avons dit s'appliquera dans toute sa mesure à la population ouvrière (1).

Il n'est plus facile aujourd'hui de subvenir à une alimentation générale, même assez modeste de la population de l'Europe, car l'augmentation croissante de la population y est devenue si grande qu'elle exige pour son alimentation annuelle, le rendement en récolte d'une superficie de 15 000 kilomètres carrés, à l'état de culture moyennement intensive. S'il est permis au conférencier de donner son opinion sur le meilleur rapport qui doit exister dans la ration alimentaire journalière entre les matières albuminoïdes d'une part, les hydrates de carbone et les graisses de l'autre, il pense que c'est la nature qui doit nous guider dans notre choix. Elle saura bien trouver entre ces trois principes la proportion convenable au corps humain. Puisque le lait est susceptible de nourrir et de développer à lui tout seul les nouveau-nés pendant un an et plus, nous y trouverons très bien indiquée la proportion dans laquelle nous devons consommer les albumines d'une part et les hydrates de carbone et graisses d'autre part. On trouve que dans le lait

(1) REMARQUE. — En France, dans les villes surtout, l'alimentation des ouvriers est moins différente de celle des classes bourgeoises; les légumes verts, salades, etc., y jouent un grand rôle.

A la campagne, les potages aux légumes ou les plats de farineux avec du lard en constituent la base principale. (Note du traducteur.)

de vache, par exemple, il y a 8,16 p. 100 de matières nutritives non azotées pour 3,13 p. 100 d'albumine; le rapport y est donc *grasso modo* comme 3,5 est à 8.

Les principes non azotés du lait se composent pour 4,84 p. 100 d'hydrates de carbone et 3,32 p. 100 de graisse; de sorte que le meilleur rapport entre ces deux corps est comme 5 est à 3,5.

Revenons maintenant aux chiffres de Voit-Pettenkofer, nous voyons que dans une ration quotidienne de 451 grammes d'hydrate de carbone, on ne trouve que 127 grammes d'albumine au lieu des 189 qu'il devrait y avoir si la proportion devait être semblable à celle du lait. Nous allons voir de suite que ce qui convient au nouveau-né ne saurait s'approprier à l'adulte. Ce qu'on peut en déduire immédiatement, c'est la préférence instinctive de l'homme pour une nourriture albuminée abondante, comme la viande, excédant même le réel besoin de son organisme. Seules les classes aisées de la population peuvent satisfaire ce goût, les classes pauvres se trouvent forcées d'y renoncer. L'importance de la nourriture albuminée, sous forme de viande surtout, pour l'ensemble du système nerveux, s'explique encore par la nature agressive des carnassiers vis-à-vis d'herbivores beaucoup plus robustes, mais de tempérament beaucoup plus patient, comme l'éléphant, le chameau, le bœuf. La poignée d'Anglais qui tient en respect 200 000 000 d'Hindous ne suffirait guère si l'Anglais, fort consommateur de viande n'était pas beaucoup supérieur en force de volonté et en intelligence à l'Hindou, mangeur de riz.

Il nous faut ajouter encore que le point de vue consistant à voir dans le lait le mélange nutritif convenable pour toute la durée de la vie, ne doit être accepté que sous conditions et plutôt comme une « échelle de comparaison » utile. Par suite de sa rapide croissance pendant la première année de sa vie, l'enfant a besoin d'une abondance de matières albuminoïdes, tandis que son manque de mouvement ne réclame qu'un apport de force restreint, sous forme d'hydrates de carbone et de graisse. Ces deux facteurs se modifient singulièrement au cours de l'existence ultérieure. Aussi l'expérience nous apprend-elle que les adul-



tes demandent une nourriture moins riche en albumine, mais contenant beaucoup plus de graisse et d'hydrate de carbone que le lait.

Nous allons nous occuper maintenant des boissons fermentées. Si l'on abandonne longtemps à l'air, de la viande ou de la farine humide, ces matières ne tarderont pas à pourrir, comme chacun sait, et à devenir immangeables. Il n'en est pas de même avec les liquides sucrés. Ces derniers subissent bien un changement aussi; mais ils ne pourrissent pas, ils ne deviennent pas inabsorbables, mais au contraire, donnent les boissons fermentées. Donc pour obtenir ces boissons, on expose à dessein à l'air, des liquides faiblement sucrés. Ils ne tardent pas alors à entrer en effervescence et à montrer peu à peu une composition toute différente, rendue visible par un dépôt qui se forme dans leur sein. Ce dépôt a reçu le nom de levure. Une propriété nouvelle qui a beaucoup plus d'importance que ce signe purement extérieur, c'est celle qu'acquièrent en même temps ces liquides, d'avoir une action enivrante sur ceux qui les absorbent.

Des solutions de sucre très concentrées ne subissent pas ces modifications; elles sont infermentescibles, et possèdent même des propriétés qui les font employer à la conservation des fruits (1). Comme nous l'avons déjà dit, page 61, toute fermentation est produite par des êtres infiniment petits, existant partout dans l'atmosphère, lorsqu'ils tombent dans des liquides sucrés. Celui qui produit la transformation du sucre en alcool et en acide carbonique (2) par

(1) REMARQUE. — Il faut observer ici que les diverses sortes de sucre ne sont pas toutes directement fermentescibles, comme le sucre de canne et la lactose par exemple. Mais lorsque la fermentation est amorcée par des substances existant à côté d'eux, ils se transforment d'eux-mêmes en sucre fermentescible (v. ci-après) et sont alors susceptibles de produire les phénomènes ordinaires de la fermentation.

(2) REMARQUE. — Il ne s'agit pas ici de réactions purement chimiques mais de phénomènes en relation avec le processus vital de la levure. On voit ainsi qu'en outre de ces deux produits principaux, il se forme immédiatement de petites quantités d'autres corps.



la fermentation, fournissant ainsi les boissons enivrantes, a reçu le nom de *saccharomyces cerevisiæ*.

Le liquide qui fermente le plus aisément est le jus qu'on obtient en pressant les raisins. Il porte le nom bien connu de moût, et contient un sucre facilement fermentescible, le sucre de raisin ou glucose. On y trouve, en outre, les diverses substances, telles que sels inorganiques (v. p. 88) dont la levure, en tant qu'être vivant, a besoin pour son existence. La boisson ainsi formée est le vin.

La teneur en sucre des diverses espèces de raisins étant très variable, ainsi que leur dégustation nous permet de nous en rendre compte, la teneur en alcool des vins qu'ils fournissent est très différente aussi. Son accroissement dans le vin est limité par la mort de la levure lorsque la teneur alcoolique d'un liquide en fermentation atteint 16 volumes p. 100. Il existe pourtant des vins dont la teneur en alcool est bien supérieure à cela; nous en trouvons plusieurs dans le tableau ci-dessous. Dans ce cas, ils ont été additionnés d'alcool artificiellement, soit pour en assurer la conservation, soit pour satisfaire au goût que le public attache à certaines sortes par tradition.

En volume :	Alcool.	Acide libre.	Sucre.
	p. 100	p. 100	p. 100
Vin de Silésie . . . . .	5,5	0,80	»
Markobrunner de 1882 . . . . .	7,17	0,78	»
Liebfraumilch de 1875. . . . .	11,55	0,63	»
Voslauer Goldeck de 1868 . . . . .	10,28	0,592	»
Saint-Julien 1865. . . . .	9,28	0,637	»
Chablis 1862. . . . .	9,30	0,494	»
Malvoisie . . . . .	7,50	0,900	36,40
Samos . . . . .	14,96	0,730	7,68
Tokay grand cru (1) . . . . .	10,76	0,600	25,34
Tokay (II) . . . . .	14,84	0,620	8,20
Porto . . . . .	19,82	0,330	4,82
Madère. . . . .	19,12	0,480	3,46
Malaga. . . . .	15,12	0,390	15,50
Xérès. . . . .	21,22	0,480	2,04

Ce tableau, assez étendu par suite du grand nombre d'espèces de vins avec lesquels nous venons en contact nous montre : 1° que tous contiennent un peu d'acide libre; 2° que

dans ceux qui proviennent des espèces de raisin les plus sucrées, la totalité du sucre ne fermente pas pour les qualités ci-dessus indiquées, tandis qu'il disparaît entièrement dans les espèces moins sucrées. On pourra donc permettre l'usage de ces dernières aux diabétiques.

L'arome particulier et si délicat du vin, auquel on a donné le nom de bouquet, est produit par certains composés chimiques encore mal définis. Chacun sait que cet arôme se développe beaucoup par la conservation. Une partie de ces substances aromatiques sont des éthers d'acides organiques, genre de combinaisons dont on ne peut expliquer la composition sans des connaissances chimiques plus approfondies. Ils sont également produits dans le vin par l'influence des bactéries. On a retrouvé de petites quantités de ces dernières encore en vie dans des bouteilles qui étaient restées bouchées quarante ans.

Les vins de fruits, cidres ou poirés sont préparés également en pressant les fruits (pommes, poires, etc.), comme le raisin, puis en laissant fermenter le moût recueilli. Comme ces fruits ne sont pas très riches en sucre, le vin obtenu est très pauvre en alcool. Pour l'en enrichir, on ajoute au moût du sucre qui fermente avec le reste. Cette addition est indispensable lors de l'emploi des groseilles ou des fruits analogues peu sucrés, si l'on veut obtenir une boisson contenant tant soit peu d'alcool. Depuis 1901, on fabrique également, à l'étranger surtout, des boissons exemptes d'alcool, faites à l'aide de jus de fruits, telles que le Pommeril, et qui trouvent une faveur toujours croissante auprès des « tempérants ». Leur fabrication s'effectue sans fermentation puisque c'est celle-ci qui produit l'alcool; on y procède comme suit. On soumet à la dessiccation les pelures des pommes que des fabriques américaines font sécher en grandes quantités pour les exporter ensuite, pelures qu'on n'employait guère auparavant qu'à la nourriture des bestiaux. Ces pelures une fois arrivées en Europe sont bouillies avec de l'eau et donnent un extrait qu'on filtre pour le clarifier. On le met en bouteilles et on charge celles-ci d'acide carbonique pour rendre mousseux et améliorer le goût de ce breuvage assez fade par lui-même.



En outre du vin ordinaire, on prépare dans certaines contrées, à l'aide d'un moût de raisin, un vin qui a reçu le nom de champagne (1), d'après le pays où il fut trouvé. On doit, dit-on, cette découverte à Pérignon, sommelier de l'abbaye de Hautvilliers, en 1670. On le fabrique maintenant de la manière suivante. On ajoute au vin une quantité exactement déterminée de sucre d'excellente qualité, puis on le met en bouteilles que l'on couche horizontalement. Par suite de l'addition de sucre le vin recommence à fermenter dans les bouteilles; il se forme par conséquent de l'acide carbonique, qui rend le vin mousseux.

La fermentation se produit sous l'influence des levures restées dans le vin nouveau; mais quelquefois, il n'en reste plus; la fermentation n'a pas lieu et il faut alors retirer le vin des bouteilles. Lorsque la fermentation est finie et que la levure s'est déposée, les bouteilles sont placées la tête en bas et agitées de temps en temps, ce qui a pour effet de faire déposer petit à petit la levure sur le bouchon. Un ouvrier prend alors la bouteille, la maintient la tête en bas et l'ouvre: les levures et les autres impuretés sont expulsées alors avec une faible quantité de vin. Avant de refermer la bouteille, on y ajoute ce qu'on appelle la liqueur, liquide dont la composition reste le secret du fabricant et qui donne au champagne son goût particulier définitif. Ceci est la dernière préparation que subit le champagne, mais pour qu'il soit bon à consommer, il faut qu'il ait vieilli pendant un certain temps en bouteille.

Dans les débuts de la fabrication la forte pression qui existait dans les bouteilles en faisait sauter un quart environ, au cours des diverses manipulations. Aujourd'hui que l'on sait calculer exactement la pression du gaz sur le verre on n'en perd guère plus qu'un pour cent. On voit par ce qui précède que l'on peut en somme fabriquer du cham-

(1) REMARQUE. — Le nom de sekt sous lequel on désigne souvent le champagne en Allemagne dérive dit-on du mot « sack » employé du temps de Shakespeare pour dénommer une sorte de vin chaud, épicé, préparé avec du Xérès; l'acteur Devrient, le Frédéric Lemaître de l'Allemagne a introduit ce mot vers 1820 sur les scènes allemandes.



pagne partout où l'on fait du vin. Mais le produit obtenu par cette méthode ne saurait jamais être bon marché par suite de la complication du procédé, comme l'on peut s'en rendre compte par le prix de certaines bonnes marques françaises (1). Les vins mousseux si bon marché dont le commerce est inondé à présent n'ont de commun avec le véritable champagne que le nom, car ils sont fabriqués par un tout autre procédé. On se contente de sucrer un vin blanc léger quelconque et de le charger d'acide carbonique lorsqu'il est mis en bouteilles, tout juste comme un siphon d'eau de Seltz et voilà le champagne prêt à être bu. Etant donné qu'on peut acheter une bouteille d'eau de Seltz pour quelques centimes, on voit combien peu coûteuse est la gazéification et par suite à quel bas prix revient la transformation du vin en un pseudo-champagne qui peut être vendu à très bon marché.

Les habitants des pays où la vigne croît ont connu le vin dès la plus haute antiquité; on peut dire même que sa fabrication s'imposait à eux tout naturellement. Ceux de pays plus septentrionaux inventèrent d'autres procédés pour obtenir des boissons alcooliques, boissons auxquelles les hommes semblent prendre un goût définitif dès qu'ils y ont goûté.

Dans les pays situés au nord des Alpes, où la vigne ne se répandit que lors de la conquête romaine, on buvait de l'hydromel depuis les temps les plus reculés. Sa fabrication est très simple: il est à base de miel, substance très riche en sucre.

Le miel lui-même ne fermente pas à cause de sa teneur en sucre trop élevée; mais, si on l'étend avec de l'eau et qu'on l'expose à l'air, les levures qui y tombent le font fermenter et l'on obtient de l'hydromel. Cette boisson est bien oubliée aujourd'hui, son goût n'est pas très agréable, comme on peut aisément s'en rendre compte. Aussi ancien que

(1) REMARQUE. — En Italie, on prépare depuis longtemps avec les crus d'Asti un vin mousseux, très renommé, connu sous le nom d'Asti spumante, dont le goût très sucré rappelle celui du muscat. (Note du traducteur.)

l'hydromel doit être le coumyss. Cette boisson est simplement du lait de jument fermenté. On le prépare dans les pays voisins de la mer Caspienne, et sa préparation ne s'est guère répandue dans le reste du continent. Tous ceux qui, comme l'auteur, ont voyagé dans le Caucase, savent, par expérience, que cette boisson n'a rien de désagréable.

Comme le lait ne se transforme pas en boisson alcoolique lorsqu'on l'abandonne à l'air, mais qu'il surlit par la formation d'acide lactique, sous l'influence des bacilles lactiques qui y pénètrent (v. p. 61) il nous faut dire quelques mots sur la préparation du coumyss. On étend le lait avec dix fois son volume d'eau et l'on y ajoute un peu de coumyss provenant d'une opération précédente; le bacille lactique qui y est contenu transforme rapidement une partie de la lactose en acide lactique. Cet acide lactique agit à son tour de telle sorte sur le reste de la lactose qu'il la transforme en un sucre fermentescible par la levure (v. p. 104). La véritable fermentation alcoolique, accompagnée du dégagement d'acide carbonique et de la production d'alcool, peut alors se produire et commence immédiatement.

C'est par un procédé analogue que l'on peut transformer le lait de vache en une boisson alcoolique. Cette préparation a même été essayée en grand dans plusieurs pays d'Europe; mais les Européens ne paraissent pas s'habituer à la longue au goût de ce breuvage et l'on a presque entièrement abandonné cette fabrication.

Dans les pays d'Europe où la vigne ne pousse pas on a remplacé depuis longtemps l'usage de l'hydromel par celui de la bière. Sa saveur, qui surpasse tellement celle des diverses boissons fermentées dont nous avons parlé en dernier, est la cause de l'énorme développement qu'a pris sa consommation, et par suite, de l'amplitude de sa fabrication, devenue la concurrente de la production du vin. Les quelques explications qui vont suivre sont nécessaires pour comprendre le procédé par lequel on l'obtient.

Lorsque l'on confie des semences à la terre humide, elles poussent rapidement une petite racine ou gemmule et des feuilles. La gemmule ne suffit pas à nourrir les feuilles. C'est alors qu'entrent en jeu les réserves d'amidon et d'albu-



mine contenues dans la graine (v. p. 73). Pendant la germination, il se forme une substance qui transforme l'amidon en sucre et en dextrine et qui rend les albuminoïdes solubles. Ces aliments de réserve, une fois solubilisés, peuvent servir à la nourriture de la plante jusqu'au moment où la racine est devenue suffisamment forte pour l'assurer à elle seule.

L'expérience nous a appris que ce sont les graines d'orge qui conviennent le mieux à la fabrication de la bière. On peut aussi faire de la bière avec du froment; c'est même avec ce dernier que se fabrique la bière blanche de Berlin. Nous nous occuperons simplement de la fabrication de la bière d'orge, qui est la plus répandue. Il sera facile, lorsqu'on la connaîtra, de se rendre compte de la fabrication des autres sortes.

Pour fabriquer la bière, on commence par mouiller fortement l'orge, puis on le place dans une cave qui n'est pas trop fraîche, où la graine germe en dehors du sol et pousse ses gemmules. C'est alors que se produit la substance qui transforme l'amidon en sucre, et que l'on appelle diastase. En même temps, les matières azotées telles que l'albumine deviennent solubles dans l'eau. Lorsque les racines ont atteint une longueur déterminée, que l'expérience a fait reconnaître, on sèche l'orge, qui prend le nom de malt. Si on le sèche dans des pièces aérées il s'appelle alors malt à l'air. En général, on le sèche dans des chambres assez fortement chauffées. Plus la température y est élevée, plus la bière produite ultérieurement sera foncée en couleur; cette coloration est due à des substances brunes qui se développent dans le malt au cours de cette dessiccation. Pour obtenir des bières très brunes, on torréfie même une partie du malt, dans des cylindres spéciaux, comme on le fait pour le café (v. p. 77).

Ce produit une fois égrugé, c'est-à-dire écrasé, est placé dans des cuves, dans lesquelles on verse de l'eau chauffée entre 60 à 70 degrés. C'est à cette température que la transformation de l'amidon en sucre et en dextrine par la diastase, qui a pris naissance dans l'orge au cours de la germination, s'effectue le plus facilement. La matière amylacée de l'orge



produit donc un sucre (ou maltose), qui, par une fermentation ultérieure, fournira l'alcool de la bière. Par ce procédé, connu sous le nom de brassage (ou saccharification) on obtient le moût sucré, liquide riche en sucre qui, après refroidissement correspond au moût obtenu par le pressage des raisins. Mais, tandis que le moût de raisin contient directement la glucose fermentescible, l'homme a su par le brassage, transformer artificiellement la matière amyliacée de l'orge en sucre fermentescible.

Si on laissait fermenter le moût d'orge tel quel, on n'obtiendrait qu'une bière tout à fait imbuvable. Au contraire, on sait, depuis la plus haute antiquité, qu'il est nécessaire de mélanger et de cuire avec la bière une substance amère si l'on veut obtenir enfin un liquide de goût agréable. Aujourd'hui, on se sert partout pour cela, du houblon, cultivé dans ce but depuis le neuvième siècle, déjà, sur les bords du Rhin. Avant qu'il eût été connu plus au nord, en Poméranie, par exemple, on se servait de l'écorce de chêne. Le goût amer du tanin qu'elle communiquait à la bière ne nous dirait sûrement aujourd'hui rien qui vaille. Après cuisson avec le houblon, le moût doit être refroidi aussi vite que possible, ce qu'on effectue aujourd'hui dans des cuves réfrigérantes de forme basse, et à l'aide d'appareils mécaniques. En effet, on court le risque de voir se produire de mauvaises fermentations; à la température de 25 à 30 degrés, il y aurait de la fermentation lactique. Si cette dernière avait lieu, la bière deviendrait acide et serait gâtée. Le liquide bien refroidi passe enfin dans de grandes cuves, placées dans des caves où la fermentation s'effectue après addition de levure de bière, provenant d'un brassage antérieur.

Il faut ajouter de la levure, car on ne peut pas attendre qu'il en tombe suffisamment de l'air; cela rendrait la préparation peu sûre et beaucoup trop longue. Au contraire, la levure ajoutée, qui trouve dans ce liquide analogue au moût de vin, toutes les substances nécessaires à sa subsistance, se développe très rapidement et provoque la transformation du sucre en alcool et en acide carbonique gazeux. Si cette fermentation a lieu vers 12 à 15 degrés, il se forme

en même temps qu'une alcoolisation rapide, un dégagement si violent d'acide carbonique, que les bulles de gaz ascendantes entraînent avec elles les cellules de levure vers la surface. On obtient ce qu'on appelle de la bière de haute fermentation, qui se conserve mal et qui n'est plus guère appréciée.

Dans la brasserie bavaroise, au contraire, on ne laisse la fermentation s'effectuer qu'entre 6 et 8 degrés. Elle se fait alors beaucoup plus lentement et, comme les bulles de gaz carbonique ne montent que peu à peu, la levure reste au fond de la cuve sous forme de dépôt limoneux. La bière de basse fermentation, ainsi préparée, se conserve bien mieux. Lorsqu'elle est bien faite, son goût est très agréable. C'est ce qui explique la faveur toujours croissante qu'elle trouve auprès de peuples qui l'ignoraient avant, au cours de son triomphant voyage autour du monde.

Pour qu'elle soit agréable à boire, il faut qu'en outre de son goût amer la bière contienne encore, contrairement au vin et aux autres spiritueux, une certaine quantité d'acide carbonique sans lequel elle est plate et imbuvable. Afin de l'en enrichir, on soutire la bière, après la fermentation principale, dans des tonneaux où elle subit encore une fermentation très faible, mais continue. Peu de temps avant de la livrer aux consommateurs on bouche la bonde des tonneaux. La fermentation ultérieure sature la bière de la quantité suffisante d'acide carbonique, car le gaz ne peut plus s'échapper du tonneau fermé. Cette quantité d'acide carbonique est très minime. En poids elle ne comporte que 2,10 p. 100 comme le montrent les tableaux suivants, qui indiquent la composition moyenne des bières, calculées d'après un grand nombre d'analyses. Nous nous bornons naturellement à l'indication des principes les plus importants.

	Eau.	Acide carbonique.	Poids d'alcool.	Sucre.	Cendres.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Bière d'hiver . . . . .	91,81	0,228	3,206	0,442	0,200
Bière d'été ou <i>lager biere</i> . . . . .	90,71	0,218	3,679	0,872	0,223
Porter . . . . .	87,10	0,155	5,350	1,340	0,419
Bière blanche . . . . .	91,64	0,279	2,510	»	0,163



Comme on le voit, on peut très bien permettre à un diabétique de boire un demi-litre de bière par jour.

Nous passons maintenant à l'alcool et aux boissons qui en sont préparées.

L'action enivrante du vin a été connue de toute antiquité; mais il ne fut dévolu qu'aux Arabes du huitième siècle d'en extraire le principe enivrant lorsqu'ils eurent découvert la distillation (v. p. 27) (1). Si nous mettons du vin dans le ballon à distiller de l'appareil moderne qui est représenté et que nous le chauffions, nous recueillons dans le récipient, comme vous le voyez ici, un liquide distillé limpide comme l'eau et doué d'une odeur agréable et stimulante. Ce qui frappa le plus les Arabes, ce fut l'inflam-

(1) REMARQUE. — Quelque simple que nous paraisse aujourd'hui le procédé d'une distillation, il est curieux de constater que malgré le grand intérêt que les anciens portaient aux lois de la nature, ils n'ont jamais trouvé le moyen de séparer les substances volatiles de celles qui ne le sont pas. C'est qu'ils se contentaient, comme beaucoup le font encore à présent, de la philosophie naturelle qui cherche la réponse à toutes les questions dans les spéculations de la pensée. Cette méthode de résoudre les problèmes physiques et scientifiques doit être déclarée, après tant de siècles d'innombrables et vaines tentatives, incapable de résultats positifs. C'est par l'expérience, basée sur les faits, que la science moderne cherche à arracher ses secrets à la nature, unique méthode rationnelle car c'est la seule qui offre des chances de succès.

Cependant on savait déjà dans l'antiquité que certaines matières étaient capables de produire des nouvelles substances utiles, lorsqu'on les soumettait à la sublimation qui est une espèce de distillation. Pline raconte ainsi que si l'on chauffe la résine fournie par divers arbres de l'espèce des térébenthinacées avec de l'eau dans un récipient ouvert et que l'on suspende au-dessus des étoffes en laine, on recueillera, en exprimant ces dernières, une essence différente de la résine de térébente. Il existait donc à cette époque une certaine utilisation de la térébenthine, car, comme il ajoute plus loin, on en préparait en assez grande quantité. Cependant on ne pensa jamais à un procédé quelconque de distillation permettant d'obtenir facilement cette huile (notre essence de térébenthine actuelle), mais on continua à se servir de cette méthode si imparfaite.

Il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer ici que près de deux mille ans après, les indigènes de Formose se servent



mabilité de cette sorte d'eau, à laquelle ils donnèrent le nom d' « al kohol » ou de « corps subtil ». Pour les Européens, ce distillat parut contenir l' « esprit » du vin; aussi reçut-il le nom de *spiritus vini* ou esprit-de-vin. Le résidu de la distillation, qui n'a aucune valeur, reçut le nom de flegme. Il nous faut remarquer immédiatement que l'alcool constitue le principe actif exhilarant et enivrant, lorsqu'on le prend en excès, non seulement du vin, où nous avons prouvé sa présence par la distillation, mais encore de toutes les boissons spiritueuses que nous consommons. Nous allons effectuer la recherche de l'alcool dans la bière, par exemple, de telle sorte que nous prouverons qu'il existe dans cette boisson un corps qui a les mêmes propriétés que l'alcool, c'est-à-dire un corps volatil à l'ébullition, et inflammable.

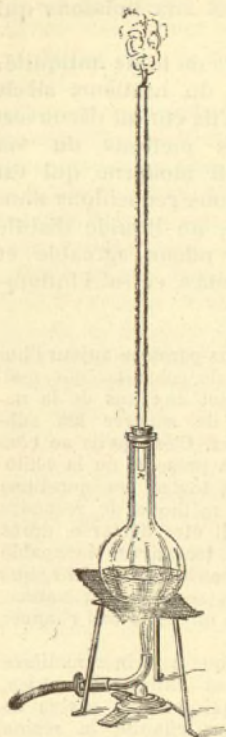


Fig. 15.

Pour cela nous versons le contenu d'une canette de bière dans un ballon, sur le goulot duquel nous plaçons un bouchon de liège percé d'un trou, traversé par un tube de verre long de 1 m. 50 environ (v. fig. 15). Faisons bouillir la bière fortement et approchons une allumette enflammée de

encore, pour obtenir le camphre, d'un procédé analogue à celui que décrit Pline. En effet, ils font bouillir le bois du camphrier avec de l'eau dans un récipient recouvert d'un haut couvercle. L'intérieur de ce couvercle est garni de branchages. Le camphre se volatilise avec la vapeur d'eau, se refroidit sous le couvercle et se dépose sur les branches en y formant de petites boules. Le rendement de cette méthode atteint environ 30 p. 100 du poids de bois traité. La purification définitive absolue, au cours de laquelle le camphre prend l'aspect que nous lui connaissons n'a lieu qu'après son arrivée en Europe.

l'orifice supérieur du tube de verre, nous verrons qu'elle enflamme les vapeurs ascendantes qui continuent à brûler avec une flamme très haute. Cette flamme s'éteindra vite, car il n'y a pas beaucoup d'alcool dans le demi-litre de bière que nous avons utilisé. Toujours est-il que nous avons vu brûler l'alcool pour ainsi dire sortant de la bière.

Nous l'avons laissé brûler parce que c'était la preuve de son existence la plus facile à réaliser au cours d'une conférence; mais si au lieu de le brûler, nous l'avions soumis comme le vin, à la distillation, nous l'aurions naturellement recueilli sous forme de liquide. Les chimistes n'ont pas de peine à démontrer par l'expérience que cet alcool ne diffère aucunement de celui que l'on retire du vin.

On fabrique encore beaucoup d'alcool à l'aide du vin, aujourd'hui, en se servant pour cela d'appareils en métal construits sur le principe de notre appareil en verre figuré page 27. Il ne sert plus qu'à la préparation des eaux-de-vie, mais autrefois c'était la seule source d'alcool qu'on possédait. La bière n'a jamais été employée à la distillation de l'alcool, car on a découvert relativement tôt un procédé permettant de fabriquer directement avec les grains de céréales, un spiritueux connu sous le nom d'eau-de-vie de grains, sans passer par toutes les complications de la brasserie.

Cette fabrication paraît avoir été inventée vers 1500 dans l'Allemagne du Sud. En voici les lignes principales. La matière d'origine est en général le seigle que l'on mélange presque toujours avec de l'orge. Le commencement de la fabrication correspond tout à fait à la brasserie, car comme dans celle-ci on fait germer l'orge humide dans des celliers. Le malt vert ainsi obtenu est en général employé tel quel; cependant on le fait quelquefois sécher avant de le soumettre aux autres manipulations.

La diastase, corps qui change l'amidon en sucre et en dextrine, et qui se forme dans l'orge lors de sa transformation en malt (voir page 109) peut saccharifier beaucoup plus d'amidon que le malt n'en contient. Aussi, si l'on arrose le

seigle égrugé et bouilli afin de mieux mettre à nu les grains d'amidon, avec de l'eau chaude à 60 degrés environ, et qu'on y ajoute du malt, la totalité de l'amidon contenu dans le seigle sera transformée en sucre simultanément avec celui de l'orge.

Le liquide sucré ainsi obtenu, et dont la teneur en sucre provient de l'amidon du seigle et de l'orge saccharifié par la diastase, correspond, *mutatis mutandis*, au moût extrait des raisins; il est soumis alors à la fermentation. La levure nécessaire à cette dernière est toujours préparée par le distillateur lui-même.

La préparation de la levure est souvent combinée avec celle de la levure pressée, qui est devenue aujourd'hui le moyen universel de produire des fermentations, grâce à la commodité avec laquelle on peut se la procurer. Elle sert aussi bien à la pâtisserie domestique qu'à la boulangerie, pour le levage de la pâte du pain blanc, etc. Elle a absolument remplacé la levure de bière de jadis. Du reste, celle-ci, qui provenait des bières de haute fermentation (v. p. 95), contenait beaucoup d'eau et ressemblait plutôt à un liquide gris et limoneux qu'à la belle levure pressée moderne; en outre, elle avait souvent un goût amer provenant du houblon. On prépare la levure pressée de la manière suivante. On fait fermenter un moût composé d'une partie de malt d'orge et cinq parties de seigle égrugé, additionné de levure à une température peu inférieure à 30 degrés, c'est-à-dire, à une température très élevée pour ce genre d'opération. La fermentation déjà très forte par elle-même de ce mélange devient haute, très tumultueuse et produit une grande quantité de levure fraîche dont une partie est utilisée à produire l'alcool et le reste, à préparer la levure pressée. Dans ce but, un ouvrier recueille les masses de levure surnageantes, sur un tamis en crin, qu'il place ensuite à la surface d'une cuve remplie d'eau claire. Les cellules de la levure passent au travers du tamis et se déposent au fond de la cuve, tandis que les impuretés restent sur le tamis. Lorsqu'elle s'est suffisamment déposée, on décante l'eau, que l'on remplace par de l'eau fraîche, on agite, on laisse à nou-



veau la levure se déposer et en répétant plusieurs fois ces opérations on la purifie complètement. Une fois la dernière eau décantée, la levure reste finalement sous forme d'un limon, d'un aspect analogue à celui de la terre à modeler humide. De même qu'il est impossible d'extraire de cette dernière l'eau qu'elle contient, par simple pression, de même ne réussissait-on pas auparavant, à dessécher le dépôt humide de levure.

On est parvenu à l'aide d'un tour de main à l'obtenir à un état de dessiccation tel qu'elle prend la consistance pâteuse que nous lui connaissons. On lui ajoute environ 20 p. 100 de son poids d'amidon bien desséché. Ce dernier absorbe une quantité d'eau suffisante pour qu'il en résulte une pâte comprimable. Ces deux substances ne réagissent pas l'une sur l'autre, la levure n'agissant que sur le sucre ou sur l'amidon déjà saccharifié.

Depuis quelques années on a pris l'habitude de faire passer un courant d'air dans le moût en fermentation, car on a remarqué que cette aération était très favorable au développement de la levure et en augmentait le rendement. Enfin, on a construit des presses permettant de déshydrater suffisamment la levure sans avoir à ajouter d'amidon, de sorte que l'on trouve à présent dans le commerce de la levure exempte d'amidon.

Pour obtenir de l'alcool, on fait fermenter rapidement, en y ajoutant de la levure très active, le liquide sucré obtenu par l'action de la diastase du malt sur le seigle ou plutôt sur la matière amylacée du seigle. Nous avons déjà parlé de l'obtention de ce jus sucré, avant de décrire la préparation de la levure. A l'instar de ce qui se produit dans l'industrie sucrière, la taxation de l'alcool exerce une grande influence sur les méthodes et procédés appliqués. Ici, aussi, nous voyons que la fabrication appropriée autant que possible au régime fiscal, très variable dans les divers pays, permet d'obtenir une production plus avantageuse (v. p. 83). Finalement, on soumet le liquide fermenté à la distillation. Le produit de cette distillation, l'alcool de grains, possède comme l'eau-de-vie extraite

du vin un goût et un arôme agréable, de sorte qu'on peut l'employer tel quel à la confection de spiritueux de toutes sortes. Le résidu resté dans l'alambic est le marc; nous aurons occasion d'en reparler plus tard. Depuis l'an 1820 environ, l'on a appris à retirer également de l'alcool des pommes de terre.

Bien que ces estimables tubercules ne semblent contenir quoi que ce soit qui rappelle l'eau-de-vie, nous savons (v. p. 97) qu'elles contiennent beaucoup de matière amylacée, ou féculé; nous en déduirons facilement que par saccharification de cette féculé, puis fermentation de ce sucre, elles peuvent servir de point de départ à la fabrication de l'alcool.

Mieux encore, la simple considération des moyennes des récoltes permet de constater que l'on peut obtenir beaucoup plus d'alcool d'un champ donné de pommes de terre, que si le même terrain était planté en seigle. Le seigle produit en moyenne un rendement de 1 600 kilos de grains par hectare; en lui accordant une teneur d'environ 65 p. 100 d'amidon, on voit que cette récolte correspond à 1040 kilos d'amidon. La même superficie de terrain produirait 16 000 kilos de pommes de terre et, quoique ces dernières ne contiennent guère que 18 p. 100 de féculé, on n'en obtient pas moins 2 880 kilos pour la récolte totale.

Voilà pourquoi l'industrie de l'alcool de pommes de terre est devenue florissante, dès qu'on l'eut constituée dans les provinces de l'Allemagne situées à l'est de l'Elbe et dont les terres sont particulièrement propres à la culture de la pomme de terre. Pendant de longues années, cette industrie a beaucoup contribué à augmenter la richesse de ces provinces, mais à présent, comme tant d'autres industries, elle a fréquemment à souffrir de la surproduction qui entraîne comme suite la baisse des prix du produit fabriqué.

Nous savons que les grains de la féculé de pomme de terre sont enfermés dans des enveloppes (v. p. 97); afin de libérer l'amidon pour en tirer de l'alcool, on a toujours eu recours à la cuisson. Mais l'expérience a montré que



L'on n'arrive pas à mettre suffisamment à nu tous les grains de fécule pour qu'ils soient complètement soumis à la saccharification, sous l'influence de la diastase du malt. Cette condition, si importante pour le rendement définitif en alcool, a été remplie le jour où l'on a fait bouillir les pommes de terre en vase clos au lieu de les cuire à l'air libre.

Lorsque l'on chauffe de l'eau dans un vase clos, tel qu'un autoclave, elle y bouillira bien plus difficilement qu'à l'air libre. Nous avons vu (p. 82) que lorsqu'on retirait l'air du récipient qui le contient, l'eau bout bien au-dessous de 100 degrés, son point d'ébullition à la pression atmosphérique normale; si on empêche, au contraire, l'air de sortir, le point d'ébullition est surélevé par la vapeur d'eau elle-même qui ne peut plus s'échapper et exerce une très forte pression sur l'eau. On voit ainsi que lorsque cette pression atteint le quadruple de la pression normale, soit quatre atmosphères, l'eau ne bout qu'à 150 degrés. C'est précisément à cette température et sous cette pression que l'on chauffe les pommes de terre dans un autoclave approprié. L'eau qui pénètre dans les tubercules pendant la cuisson est naturellement à la même température. Lorsque ce point est atteint, on ouvre une soupape placée au fond de la chaudière et toutes les pommes de terre chauffées à 150 degrés se trouvent projetées dans une cuve placée au-dessous. Il se produit une détente de pression, et l'eau surchauffée à 150 degrés contenue à l'intérieur des cellules des pommes de terre, se vaporise instantanément, puisqu'elle doit utiliser tout son excès de chaleur à une formation de vapeur si brusque qu'elle agit comme une explosion. La force de cette dernière déchire toutes les cellules et les grains de fécule sont alors dénudés de telle sorte qu'ils peuvent être tous et complètement saccharifiés par la diastase.

La saccharification est obtenue dans ce cas, comme dans la distillation des grains, par l'addition de malt d'orge à la pulpe chaude des pommes de terre mélangée d'eau. La solution sucrée qui en résulte, comparable par à peu près au moût de raisin, est ensuite mise à fermenter au moyen de la levure. Enfin, la distillation ultérieure du liquide fer-



menté produit l'alcool; les résidus distillatoires ou marcs, sont utilisés dans l'agriculture (1).

Ces marcs, de même que ceux de l'eau-de-vie de grains fournissent une excellente nourriture pour le bétail. En effet, en y réfléchissant, on voit que la fermentation n'a enlevé au grain ou à la pomme de terre que l'amidon, ou hydrate de carbone, pour le transformer en alcool, mais toutes les substances azotées, telles que les matières albuminoïdes y sont restées intactes. Comme nous le savons déjà ces dernières constituent un aliment de premier ordre. On voit donc que sur un même domaine, la distillation permet au cultivateur d'élever un plus grand nombre de bétails que s'il ne distillait pas et que, par conséquent, elle exerce une influence avantageuse sur l'agriculture en général. Le marc, si riche en albumine, vient compléter d'une manière fort heureuse la nourriture du bétail, en moyenne très riche en amidon et relativement pauvre en albumine.

(1) REMARQUE. — En France, on fait surtout des alcools de mélasse ou de betterave. Les mélasses sont additionnées d'eau puis d'environ 4 millièmes en poids d'acide sulfurique, afin d'une part d'empêcher le développement des infusoires et du ferment lactique, et d'autre part, d'invertir le sucre, c'est-à-dire le transformer en sucre fermentescible. Ensuite on ajoute 2 p. 100 de levure et on laisse la fermentation s'effectuer pendant un jour et demi environ; le liquide vineux obtenu est ensuite distillé; 100 kilos de mélasse donnent environ 23 litres d'alcool pur. Les betteraves sont lavées et découpées en cossettes. Ces dernières sont soumises, dans des diffuseurs, à la macération dans l'eau acidulée à l'acide sulfurique et chauffée à 85 degrés environ. Le jus acidulé passe d'un diffuseur dans l'autre au moyen d'une tuyauterie appropriée et épuise ainsi toutes les cossettes. Quand la densité voulue a été atteinte, on abaisse la température du liquide à 20 degrés environ dans un rafraichisseur qu'il traverse avant d'arriver dans la cuve à fermentation. Une fois là, on y ajoute de la levure et quand la fermentation est achevée, une tuyauterie aspire le moût fermenté pour l'envoyer directement dans les appareils distillatoires. Le rendement en alcool à 95 degrés est de 35 litres pour 1 000 kilos de jus traité. Le résidu de la distillation, ou vinasse, contient des bases d'aniline et des sels potassiques que l'on extrait pour les utiliser. Les pulpes épuisées sont employées à la nourriture du bétail ou à la fumure des terres. Dans certaines régions, on fait également de l'alcool avec des châtaignes et des topinambours. (Note du traducteur.)

L'alcool produit par la distillation des pommes de terre (et des betteraves) contient, contrairement à celui qui est produit par le vin ou les grains, tant d'impuretés dangereuses qu'il est impossible de l'utiliser tel quel.

L'esprit-de-vin extrait des vins ou des grains, possédant une saveur et un arôme purs, peut servir directement à la fabrication des spiritueux de toutes sortes tels que l'eau-de-vie proprement dite et tous ses dérivés, tandis que l'alcool de pommes de terre (dit aussi alcool d'industrie) doit être purifié, ou comme on dit, rectifié dans les distilleries, avant de pouvoir être consommé comme boisson. En effet, lors de la fermentation du moût sucré des pommes de terre, il ne se produit pas seulement de l'acide carbonique et de l'alcool ordinaire, mais il se forme simultanément toute une série de corps (1) que les chimistes rangent dans le groupe des alcools, mais dont l'action sur l'organisme humain diffère beaucoup de celle de l'esprit-de-vin. Au point de vue chimique ce sont des alcools amyliques. Le public les connaît sous le nom générique d'huile essentielle ou fusel oil. Ils agissent sur l'organisme comme de véritables poisons; leur odeur seule a quelque chose d'étouffant, qui provoque bientôt la toux. Aussi faut-il en effectuer la séparation de l'alcool brut (ou flegme) ce qui s'effectue de la manière suivante. L'esprit brut de pomme de terre contient à peu près 80 p. 100 d'alcool et 20 p. 100 d'eau; le fusel oil y existe à l'état de dissolution. Mais si on rabaisse la teneur en alcool à 50 degrés en y ajoutant de l'eau, on le voit se troubler; car le fusel oil n'est pas soluble dans de l'esprit si faible, et il se sépare sous forme de fines gouttelettes opalines. On filtre l'esprit à 50 p. 100 sur du charbon de bois qui retient les gouttelettes. En outre, ce charbon, comme le noir animal et tous les charbons en général (v. p. 46) exerce une action purifiante en retenant les matières colorantes, les corps d'odeur désagréable, etc.

L'eau-de-vie, à 50 p. 100, filtrée, est amenée par des appa-

(1) Nous avons déjà parlé de ces corps dans la note page 104 à laquelle nous renvoyons le lecteur.



reils spéciaux à une teneur d'alcool de 96 p. 100. Voici le principe du procédé utilisé.

Nous nous rappelons que nous avons pu enflammer directement l'alcool évaporé de la bière, en fixant sur le ballon qui la contenait en ébullition, un tube de verre (v. p. 114). Ce long tube de verre, employé alors sans en donner la raison, pour éviter d'altérer la clarté de notre démonstration, était tout à fait nécessaire, car c'est à son intérieur seulement qu'avait lieu la séparation des vapeurs d'alcool de celles de l'eau.

Si nous avons essayé d'enflammer l'alcool directement au goulot du ballon, nous n'y serions jamais parvenus, car, à ce moment-là, la vapeur d'alcool est tellement mélangée de vapeur d'eau qu'elle ne peut pas brûler. Par contre, à l'intérieur du long tube, les vapeurs d'eau relativement plus lourdes se condensent plus tôt que celles plus légères de l'alcool: il se produit ainsi une séparation des deux vapeurs. Par suite, les vapeurs d'alcool déjà assez épurées, s'échappent à l'orifice du tube où elles peuvent être enflammées.

C'est d'après le même principe que l'on concentre tous les alcools, afin de pouvoir les transporter sans grands frais, en fixant sur l'alambic un appareil tubulaire appelé colonne. Dans cette colonne, d'une construction spéciale, les vapeurs d'eau se condensent pour la majeure partie, de sorte qu'il ne s'en échappe que des vapeurs d'alcool presque pur qui passent dans l'éprouvette. Ce procédé ne donne que de l'alcool à 96 p. 100; les quatre dernières parties p. 100 d'eau sont combinées chimiquement à l'alcool. Du reste, il n'y a guère qu'un siècle que l'on a réussi à préparer de l'alcool à 100 p. 100, c'est-à-dire absolument exempt d'eau. On y parvient en ajoutant de la chaux calcinée à l'alcool à 96 p. 100). Le chaux s'éteint alors aux dépens de l'eau contenue dans l'alcool, en se combinant chimiquement avec elle. Distillons encore une fois l'alcool privé de son eau par ce procédé et nous obtiendrons l'alcool à 100 p. 100 dit alcool absolu, tandis que l'eau reste dans l'alambic combinée à la chaux.

Nous avons vu que l'on fait de l'alcool de pommes



de terre depuis 1820. On est parvenu récemment (en 1904) à extraire de l'alcool du bois. Cette préparation est devenue immédiatement industrielle, car la première fabrique installée dans ce but à Hattierburg, sur le Mississipi, traite déjà près de 150 000 kilos de sciure de bois par jour. Le bois se compose pour une notable proportion de cellulose, substance dont nous aurons à parler en détail à propos de l'industrie du papier. La cellulose appartient ainsi que le sucre et l'amidon au groupe des hydrates de carbone. On peut donc la transformer en un sucre (v. p. 74) et ce sucre, livré à la fermentation donnera un alcool; par conséquent le bois pourra servir de matière première pour l'industrie des alcools. Remarquons en passant qu'on se sert exclusivement de la sciure de bois, pour laquelle on n'avait pour ainsi dire trouvé aucun emploi jusqu'à présent; c'est ainsi que dans certaine grande scierie de Suède plusieurs fours brûlent jour et nuit pour comburer la sciure, qui sans cela aurait fini par ensevelir les bâtiments, sous son volume sans cesse grandissant. La saccharification de la cellulose est effectuée par un procédé analogue à celui déjà mentionné de la transformation de l'amidon en glucose, par ébullition en présence d'un acide. Dans ce cas spécial, la saccharification ne réussit qu'à condition d'opérer sous pression, c'est-à-dire par la vapeur. Le rendement du procédé paraît dépendre surtout du choix approprié de l'acide, car c'est ce dernier seul qui produit la formation d'une quantité suffisante de sucre. A présent c'est l'acide sulfureux qui semble le moyen le plus approprié, et on l'emploie en solution dans l'eau, à une température de 140 degrés environ. Après la cuisson, la sciure a une couleur brunâtre et dégage une odeur agréable. On la soumet à la lixiviation par l'eau pour extraire le sucre qu'elle contient maintenant et la solution sucrée est mise à fermenter par le procédé ordinaire à la levure, dont nous avons déjà si souvent parlé.

Nous avons encore à parler de l'alcool dénaturé.

L'esprit-de-vin et les spiritueux ont été de tout temps un objet fiscal très apprécié par les différents Etats, car ils rentrent dans la classe des stimulants. D'autre part,

la distillation de l'alcool constitue un bénéfice pour le cultivateur, parce qu'il revend l'alcool et que les marcs lui permettent d'élever plus de bétail. Par conséquent, l'Etat n'a aucun intérêt à vouloir limiter cette industrie si avantageuse pour les campagnes, pourvu qu'il perçoive l'impôt sur l'eau-de-vie de consommation, impôt qu'il pourra fixer à un taux suffisamment élevé pour qu'il serve de frein à l'alcoolisme. Pourquoi taxerait-il l'alcool à brûler, lorsqu'il ne taxe ni le bois ni le charbon?

Il suffit de trouver un moyen qui garantisse l'Etat contre la consommation secrète comme boisson de l'alcool à brûler ou des alcools dont on se sert dans différentes industries. L'esprit-de-vin doit être privé de son caractère de boisson, il doit être dénaturé.

Ceci est atteint par l'addition de certaines substances qui, sans altérer la comburabilité de l'alcool, le rendent imbuvable par leur mauvais goût et leur mauvaise odeur. D'autre part, elles ne devront pas pouvoir être retirées à nouveau de l'alcool sans qu'on possède les connaissances et les appareils nécessaires, c'est-à-dire par des personnes étrangères à la chimie. La loi prescrit en Allemagne de dénaturer l'alcool au moyen de bases pyridiques (1).

Quelques mots au sujet de ces dernières. Nous avons vu qu'au cours de la fabrication du gaz, on obtient comme sous-produit de l'ammoniaque, qui est une combinaison de l'azote et de l'hydrogène, et du goudron. Dans ce goudron se trouvent encore des corps azotés, que l'on peut considérer chimiquement comme des dérivés de l'ammoniaque, et qui, comme ce dernier, possèdent une odeur très désagréable. On les extrait au cours de la distillation du goudron dont nous aurons à reparler plus tard. Une partie de ces corps sont précisément les bases pyridiques employées à la dénaturation des alcools, et qui comme leur

(1) REMARQUE. — En France, le dénaturateur est un mélange d'alcool méthylique (esprit de bois) et d'acétone, communément appelé méthylène. Son emploi a donné lieu à des protestations nombreuses de la part des industriels parce qu'il contient souvent des traces d'acides provenant de sa fabrication et qui altèrent les récipients.



nom de base l'indique, appartiennent à une classe de corps susceptibles de se combiner avec les acides en donnant des sels (v. p. 53).

La transformation de l'eau-de-vie pure en liqueurs n'est pas difficile. Les maisons de commerce qui les débitent s'appellent encore des distilleries, cette dénomination date de l'époque où l'obtention de l'eau-de-vie était pratiquée, par les marchands eux-mêmes, qui ne sont plus à présent que des revendeurs.

Aujourd'hui, les liqueurs sont fabriquées en grand par des industriels. On les prépare très facilement à froid, avec l'alcool fourni par la distillerie et étendu d'eau jusqu'à ce qu'il soit réduit au degré voulu et auquel on ajoute la quantité de sucre nécessaire ainsi que les essences aromatiques servant à donner l'arome. Ces essences sont préparées dans des fabriques de produits chimiques qui les extraient des fruits et les livrent au commerce. De nombreux éthers aromatiques ont pu être préparés artificiellement par synthèse chimique, c'est-à-dire sans les fruits ou les plantes et ces nouveaux produits, meilleur marché, tendent de plus en plus à remplacer les produits extraits du règne végétal.

Certaines liqueurs sont préparées en faisant macérer les fleurs de certaines plantes pendant un temps plus ou moins long dans l'alcool que l'on soutire quand il a pris suffisamment d'arome et de goût.

Il n'en est pas de même pour le cognac, l'arrac et le rhum.

Ces trois spiritueux sont obtenus par distillation directe de liquides fermentés. Leur arome n'est dû qu'à des substances se volatilisant simultanément avec eux au cours de la distillation. « On peut donc dire qu'ils constituent des spiritueux naturels de goût très agréable ». Le cognac, préparé par la distillation du vin doit sa couleur à son séjour dans des tonneaux de bois de chêne dont il extrait peu à peu une matière colorante jaune. L'arrac est préparé dans les Indes par la distillation de riz fermenté. La transformation du riz en boisson spiritueuse correspond naturellement quant à ses traits principaux à notre distillation d'eau-de-vie de grains (seigle). Au lieu d'employer



le seigle on se sert de riz dont l'amidon est transformé en sucre; ce dernier donne l'alcool par fermentation. Le rhum est obtenu aux Antilles par la distillation du jus de canne à sucre fermenté (v. p. 82) (1).

Ces spiritueux étant obtenus par la distillation directe des jus fermentés, sont exempts de sucre, puisque ce corps ne distille pas; par conséquent, leur usage pourra être permis aux diabétiques, contrairement à celui des liqueurs, qui contiennent du sucre.

Nous donnons ici quelques résultats d'analyse indiquant la composition de spiritueux et de liqueurs d'usage fréquent:

	Alcool.	Sucre.
	—	—
	Volume	Poids
	p. 100	p. 100
Cognac. . . . .	53,82	»
Arrac . . . . .	60,74	»
Rhum . . . . .	77,62	»
Kummel . . . . .	33,90	31,18
Bénédictine . . . . .	45,20	32,57

Avant de terminer, il nous reste encore à parler de la valeur nutritive de l'alcool dont il n'a pas encore été question. Nous rangeant à l'avis des principaux maîtres, nous l'avons tenue pour nulle dans tout ce qui précède.

(1) REMARQUE. — On prépare aussi une eau-de-vie appelée « calvados » en distillant les marcs de cidre; le « marc » de Bourgogne provient de la distillation des marcs de raisin des vignobles bourguignons. Le « kirsch » est obtenu par la distillation des cerises et des merises; le « kummel », liqueur russe, doit son goût particulier à la graine du cumin. Le « tafia » est un rhum de qualité inférieure. Le « whisky » est de l'eau-de-vie de grains anglaise; quant au gin, c'est en somme une variété de genièvre. Les liqueurs de fruits les plus connues sont le curaçao (préparé avec l'orange), le marasquin (avec les pêches), les apéritifs sont des spiritueux additionnés de principes amers ou aromatiques tels que l'absinthe, la gentiane, l'anis, etc., il en est de même des amers ou bitters, dont la composition est assez complexe et variée. La plupart des principes qui entrent dans ces liqueurs sont toxiques, de sorte que leur usage entraîne non seulement les effets de l'alcoolisme, mais encore une intoxication lente due aux stupéfiants ou surexcitants incorporés et qui agit sur le cerveau, le

Nous pouvons cependant nous dire, que l'amidon et le sucre étant des aliments, parce que le carbone qu'ils contiennent est oxydé par le corps et transformé en acide carbonique, l'alcool étant un corps intermédiaire entre le sucre ou l'amidon et l'acide carbonique, doit être finalement comburé complètement par l'organisme humain. Mieux encore; étant donnée sa composition chimique très simple, il devrait être oxydé non seulement plus facilement que le sucre, mais encore que les graisses de structure bien plus complexes encore, de telle sorte que son usage devrait au moins constituer une épargne dans la consommation. Malgré cette série de conclusions faciles à déduire, de nombreuses recherches ont prouvé que la valeur nutritive de l'alcool est très minime pour l'individu sain.

L'expérience prouve, au contraire, que ce rapport peut être tout à fait différent dans l'état de maladie. La pratique démontre, même aux yeux des profanes, qu'à l'aide de certains vins et plus spécialement de vins de Champagne, on peut souvent lutter avec avantage contre la déperdition des forces des personnes malades, d'autant plus que l'usage de ces boissons leur est en général très agréable. On ne peut guère expliquer ce fait que de la manière suivante: L'organisme malade, affaibli ne parvient plus à utiliser convenablement les graisses, les hydrates de carbone, et les matières albuminoïdes; au contraire, sa chaleur et sa force vitale se trouvent entretenues par l'alcool, corps beaucoup plus facile à oxyder que les substances précitées et dont l'oxydation n'est pas difficile à effectuer, même dans un état d'affaiblissement de l'organisme.

On peut donc en conclure que l'alcool n'est pas un aliment pour le corps sain, mais qu'il ne fait que stimuler

système nerveux et l'appareil digestif. Le vermouth est un vin blanc dans le quel on a fait macérer des plantes aromatiques diverses; il n'est guère moins innocent que les liqueurs précitées. Les apéritifs n'ont en réalité aucun effet apéritif. Certains bitters, fréquemment ajoutés aux apéritifs, contiennent de la strychnine qui est un poison violent.

Depuis quelques années, on a fabriqué des apéritifs à base de quinquina, moins toxiques, mais dont la teneur élevée en alcool n'en fait pas moins de véritables spiritueux. (Note du traducteur.)

ou surexciter le système nerveux. Par conséquent, il est absurde de donner aux enfants de moins de quatorze ans de l'alcool sous n'importe quelle forme, même sous celle du vin, c'est-à-dire la meilleure. De célèbres médecins prétendent même que la nervosité si répandue des classes supérieures repose souvent sur le détraquement des nerfs par l'alcool dans le jeune âge, parce que les parents, se trompant tout en croyant bien faire, ont cru fortifier beaucoup leurs enfants en leur laissant boire du vin ou de la bière.

Concernant la question de l'abstinence alcoolique des adultes ou « tempérance », l'auteur est de l'avis suivant. Les personnes qui travaillent beaucoup du cerveau soit par goût soit par obligation, et qui sont exposées à des émotions de toutes natures devraient s'abstenir absolument d'alcool, car à la longue, les nerfs de la plupart d'entre elles ne sauraient résister à la tension produite par l'activité cérébrale et à sa surexcitation simultanée par l'alcool. L'auteur a eu l'occasion de le constater sur lui-même, il est tout à fait abstinant depuis plusieurs années, aussi ne ressent-il plus rien de sa « nervosité » antérieure. Par contre, ceux des membres de la population qui n'ont guère à travailler avec leur cerveau, peuvent tranquillement continuer à faire modérément usage de l'alcool. Dans ce cas son innocuité est démontrée par l'histoire multi-millénaire des peuples européens.

---



## SIXIÈME CONFÉRENCE

---

Le vinaigre de vin. — L'essence de vinaigre. — Le vinaigre de bois. — L'acide acétique glacial. — L'esprit de bois. — L'acétone. — La poudre à canon. — Le feu grégeois. — Le fulminate. — Le coton-poudre (nitrocellulose). — La dynamite. — Le collodion. — La nitro-gélatine. — La cordite. — Les matières textiles. — La laine. — Le coton. — La soie. — La laine d'effilochures. — Le carbonisage. — La soie artificielle.

Nous arrivons au vinaigre :

L'expérience a enseigné que le vin ou la bière, c'est-à-dire les boissons alcooliques deviennent acides quand elles sont exposées à l'air. Elles perdent complètement leurs propriétés enivrantes et présentent une saveur aigre qui les rend imbuables. Dans cet état, elles peuvent servir de condiment pour les aliments auxquels elles communiquent une saveur acidulée agréable.

Pendant cette acidification des liquides alcooliques, l'alcool qu'ils contiennent se transforme en acide acétique; on donne le nom de vinaigre (en latin *acetum*) au liquide ainsi formé. Comme nous l'avons vu, le jus de raisin se transforme facilement en vin. Aussi connaît-on depuis la plus haute antiquité, les procédés permettant de transformer le vin en vinaigre.

La transformation de l'alcool en acide acétique est due à un phénomène d'oxydation, c'est-à-dire à une addition d'oxygène dans la molécule d'alcool.

Dans les laboratoires, il est facile de transformer l'alcool en acide acétique, c'est-à-dire en vinaigre, à l'aide des

substances oxydantes. Mais l'oxygène atmosphérique ne peut opérer cette transformation qu'en présence d'un organisme végétal, un champignon auquel on a donné le nom de *mycoderma aceti*. On le trouve partout dans l'air, à l'instar de tant d'autres organismes analogues, et son activité se manifeste surtout là où il existe déjà du vinaigre.

Le vinaigre de vin se fabrique depuis longtemps de la manière suivante. On verse dans une cuve en bois de chêne du vinaigre bouillant pour bien l'en imprégner; puis on la remplit aux deux tiers avec du vin. La partie supérieure de la cuve, incomplètement remplie, est percée de trous qui permettent à l'air d'arriver au contact de la surface du liquide. Au bout de quinze jours ce dernier est totalement transformé en vinaigre. On en soutire la moitié, prête à être consommée et on la remplace par une nouvelle quantité de vin. On peut continuer ainsi pendant de nombreuses années sans vider la cuve.

Il est indispensable que le vin ne contienne pas plus de 10 p. 100 d'alcool pour que son acétification se produise dans de favorables conditions. Les vins trop chargés en alcool devront donc être étendus d'eau au préalable.

On peut se servir du même procédé pour la bière. Lorsqu'on acétifie de la bière préparée pour la consommation, le vinaigre qu'elle produit possède une saveur amère à cause du houblon qu'elle contient et qu'on ne peut enlever dans ce procédé. Aussi fabriquait-on autrefois des bières sans houblon, qui n'étaient pas buvables et servaient uniquement à la fabrication immédiate du vinaigre.

Le vinaigre étant un produit d'oxydation de l'alcool on peut par conséquent transformer en vinaigre, acétifier, les alcools d'industrie fabriqués avec les grains, les betteraves, les pommes de terre. Actuellement, la plus grande partie des vinaigres sont fabriqués de cette façon. On étend l'alcool d'eau pour le ramener au titre de 10 p. 100, puis on le transforme en vinaigre en se servant, par exemple, du même procédé que pour le vin. Mais cette manière de procéder n'est pas parfaite, car l'alcool étendu est loin de s'acétifier aussi aisément que le vin.

Aussi, depuis 1820 environ, a-t-on renoncé au procédé

précédemment décrit pour en employer un autre, qui a reçu le nom de procédé rapide.

On prend une grande cuve à double fond et on la remplit complètement avec des copeaux de bois de hêtre, l'expérience les ayant fait reconnaître comme les meilleurs. Ces copeaux ont été auparavant copieusement arrosés de vinaigre. Puis on fait tomber dessus, goutte à goutte, l'alcool étendu que l'on désire acétifier. Les parois de la cuve sont percées d'une grande quantité de trous forés de manière à laisser pénétrer l'air sans laisser de liquide s'échapper. Sous le double fond de la cuve s'accumule un liquide contenant de l'acide acétique, qu'il faut faire passer trois ou quatre fois dans la cuve pour que l'alcool qu'il contenait à l'origine soit entièrement oxydé et transformé en vinaigre.

Le vinaigre le plus fort obtenu par ce procédé, porte le nom de vinaigre concentré. Les résultats analytiques ci-dessous indiquent la teneur en acide acétique des différentes sortes commerciales de vinaigre.

Vinaigre concentré . . . . .	10,30	p. 100	d'acide acétique
— de vin . . . . .	5,37	—	—
— blanc ordinaire. . . . .	4,63	—	—
— brun. . . . .	3,53	—	—

Le vinaigre brun devrait tirer sa coloration du fait qu'il est préparé avec du vin rouge ou de la bière sans houblon. Le plus souvent cette coloration est due à l'addition d'un peu de caramel.

A présent il existe des vinaigres concentrés, ou essence de vinaigre, contenant de 50 à 80 p. 100 d'acide acétique. Pour les vendre comme vinaigre de ménage, il suffit de les étendre d'eau. Il va de soi qu'un vinaigre aussi fort ne peut être obtenu au moyen des procédés décrits ci-dessus puisqu'ils ne peuvent être utilisés qu'à l'acétification de liquides alcooliques titrant 10 p. 100 au minimum et à les transformer en vinaigre de degré correspondant.

Aussi cet acide acétique provient-il d'une source tout à fait différente: on l'obtient comme sous-produit de la distillation sèche du bois. Nous avons vu au cours de la description détaillée de la distillation sèche de la houille



(c'est-à-dire la fabrication du gaz d'éclairage) qu'elle fournit principalement du gaz, et, en outre, des eaux ammoniacales, du goudron et du coke. Soumis au même traitement, le bois fournit des produits équivalents, sauf que le gaz de bois ne peut soutenir la concurrence du gaz de houille et n'est guère employé comme tel. Le goudron de bois est employé principalement comme enduit pour les bateaux de rivière et les palissades en bois. Quant au liquide aqueux que l'on obtient avec le bois, il est acide, contrairement à l'eau ammoniacale alcaline, sous-produit de la fabrication du gaz. C'est précisément dans le but de l'obtenir que la distillation sèche du bois est pratiquée sur une si grande échelle. En effet, ce liquide contient l'acide acétique, d'une grande valeur relativement au bon marché du bois. Il est vrai que l'acide acétique brut, ainsi obtenu, est impur et mélangé de plusieurs substances dont certaines ont un emploi technique important, cet acide impur s'appelle acide pyroligneux. Le résidu restant dans les cornues est du charbon de bois.

Parmi les substances extraites de l'acide pyroligneux, il y a l'esprit de bois. Ce corps est l'alcool le plus simple qui existe au point de vue chimique (v. p. 21). Il porte le nom d'alcool méthylique (1); de même que les alcools extraits des huiles essentielles, il est imbuvable; on l'emploie en grande quantité dans l'industrie chimique; c'est lui qui sert en France et en Angleterre à dénaturer l'alcool éthylique. Comme autre principe de l'acide pyroligneux, citons encore l'acétone, qui y existe en petite quantité, et que l'on prépare habituellement par un autre procédé. On l'emploie surtout dans la fabrication des couleurs d'aniline, où elle sert à la préparation de corps très complexes; on en fait également grand usage comme dissolvant. Nous retrouverons ce corps à propos de la fabrication de la poudre sans fumée.

(1) REMARQUE. — Lorsqu'on oxyde l'alcool méthylique on obtient l'acide formique, corps qui constitue le poison des fourmis et de nombreuses espèces d'insectes; on l'emploie à différents usages, notamment en thérapeutique depuis peu de temps. (Note du traducteur.)

Ce qui nous intéresse plus particulièrement ici, c'est l'acide acétique. A l'état d'acide pyroligneux il est coloré en brun par des substances goudroneuses. Sa purification par voie chimique est trop compliquée pour pouvoir la décrire ici: on la conduit de telle sorte que l'acide brut est immédiatement transformé en acide acétique absolu, c'est-à-dire ne contenant pas d'eau. Dans cet état, il ne présente aucune différence avec le vinaigre blanc ordinaire: comme ce dernier, c'est un liquide incolore, transparent, clair comme l'eau, mais à odeur de vinaigre bien plus prononcée. Il a comme l'eau la propriété de se solidifier aux basses températures et de constituer une masse solide semblable à la glace; mais il ne redevient liquide qu'à 17 degrés, c'est cette propriété qui lui a valu le nom d'acide acétique glacial. Lorsqu'on le mélange de la moitié de son volume d'eau il constitue l'essence de vinaigre.

Ici se termine notre étude des aliments et des condiments, ainsi que de leur rôle dans l'existence de l'homme. Nous passons maintenant à d'autres sujets dont la compréhension exige de nouvelles connaissances chimiques.

---

Nous avons déjà parlé du salpêtre (v. p. 54) à propos de l'emploi moderne de l'azotate de soude dans la culture. C'est à des choses tout à fait opposées à l'air pacifique du cultivateur que l'on utilise l'azotate de potasse, qui lui est si proche, au point de vue chimique. Le salpêtre constitue la base de toutes les poudres à canon autrefois en usage. Depuis 1886 ces anciennes poudres tendent à être remplacées par les poudres de guerre dites « sans fumée » qui font partie des explosifs dont nous allons nous occuper à présent.

A ce propos, je me permets de vous rappeler que l'acide azotique est un produit d'oxydation de l'azote, c'est-à-dire une combinaison riche en oxygène.

Le salpêtre, ou azotate de potasse, est le sel obtenu par la combinaison de l'acide azotique avec la base potasse. Si l'on fait agir l'acide azotique non sur la potasse ou d'autres bases semblables, mais sur des substances telles que la cellulose (1), il se produit entre ces deux corps aussi une combinaison par laquelle le groupe nitré (2) contenu dans l'acide azotique s'unit à la cellulose pour former la nitro-cellulose.

Celle-ci, ainsi que les corps analogues, constitue, comme nous le verrons tout à l'heure, la base de tous les nouveaux explosifs et des poudres sans fumée. Le groupe nitré agissant est formé d'un atome d'azote et de deux atomes d'oxygène.

Cette combinaison de l'azote avec l'oxygène qui, unie à la potasse sous forme de salpêtre, existait déjà dans l'ancienne poudre, se trouve être, sous forme de groupe nitré, le principe essentiel de toutes les poudres sans fumée modernes. Quelque effort qu'on ait fait jusqu'à présent pour lui trouver un succédané équivalent ou meilleur on n'y est point encore parvenu, de sorte que ce groupe règne toujours en maître dans la technique des explosifs, depuis l'invention de la poudre à canon jusqu'à nos jours. Comme les Grecs et les Romains de l'antiquité classique ne connaissaient pas le salpêtre, ils ne connurent pas non plus de mélanges explosifs analogues à la poudre. Celle-ci ne semble avoir été introduite de l'Extrême-Orient, Chine ou Hindoustan, à Byzance, capi-

(1) REMARQUE. — Nous étudierons la cellulose en détail à propos de la fabrication du papier.

(2) REMARQUE. — Le nom de nitre donné à ce groupe d'atomes d'oxygène et d'azote, dérive de *nitrum* nom latin du salpêtre. C'est de ce mot que dérivent aussi les termes: nitrique, synonyme d'azotique; nitreux, synonyme d'azoteux; nitrate et nitrite, synonymes d'azotates et d'azotites. Ces mots s'appliquent aux mêmes corps et s'emploient couramment l'un pour l'autre. Dans la nomenclature chimique étrangère l'azote s'appelle *nitrogène* et a pour symbole N, au lieu de Az. Le groupe nitré ne peut exister comme tel en liberté, mais les chimistes pour plus de commodité dans leurs travaux le considèrent comme un corps défini. (Note du traducteur.)



tale de l'empire grec, que vers le cinquième siècle de notre ère.

On découvrit à l'arsenal de Byzance que lorsqu'on mélange au salpêtre certains corps inflammables, il les rend à ce point combustibles, qu'il est impossible d'éteindre la combustion du mélange avant qu'il ait entièrement fini de brûler. Cette propriété particulière repose sur sa teneur très élevée en oxygène, qui se monte à 47,5 p. 100. On peut dire que cet élément, indispensable à toute combustion, se trouve incorporé ainsi sous forme solide dans les mélanges de cette nature.

On reconnut aussi à Byzance que le meilleur mélange explosif est formé de salpêtre, de charbon et de soufre. C'est un mélange semblable qui constituait le feu grégeois dont la possession par cette ville lui donna une incontestable supériorité sur tous ses ennemis. C'est grâce à lui qu'au septième siècle les Byzantins brûlèrent une grande partie de la flotte arabe qui les attaquait et qui dut renoncer à la conquête. Au contraire, les habitants de l'Europe occidentale, qui ne connaissaient pas ce moyen de défense, ne purent résister aux Arabes. Ces derniers arrivèrent en Espagne vers 711 et la transformèrent complètement en un royaume maure, pour plusieurs siècles. C'est au dixième siècle encore que Byzance put repousser, grâce au feu grégeois, les attaques si menaçantes des hordes bulgares.

Nous voyons donc, que, dès sa découverte, le feu grégeois a joué un rôle capital dans l'histoire du monde. Cette influence est allée croissant au cours des siècles, depuis qu'il a donné naissance à la poudre. Un fait vraiment remarquable, c'est que le secret de sa composition et de sa fabrication ait pu être conservé pendant cinq ou six cents ans par les Byzantins malgré les efforts faits par leurs divers adversaires pour en acquérir la connaissance. Figurez-vous une invention de semblable importance faite cent ans avant l'époque de Christophe Colomb et gardée secrète jusqu'à nos jours par un seul Etat: cela nous paraît incompréhensible et, en tout cas, cela serait impossible de nos jours.

Les écrits les plus anciens que nous possédions et qui

traitent de la composition du feu grégeois sont dûs à l'écrivain byzantin Marcus Græcus, qui vivait en l'an 1200. Cet auteur a écrit un livre dont il nous est parvenu une traduction latine intitulée *Liber ignium ad comburendos hostes*, ce qui signifie: « Livre sur les feux au moyen desquels on peut brûler ses ennemis. » Ce livre de Marcus Græcus ne paraît pas avoir été fait pour divulguer au monde contemporain le secret de la composition du feu grégeois. Il semble qu'à cette époque le secret constituait une tradition orale qui n'était déjà plus le monopole de la seule Byzance.

Ce livre traite du feu grégeois uniquement comme d'un mélange éminemment combustible, quoique les mélanges qu'il préconise ressemblent singulièrement à ceux des poudres à canon qui furent employées depuis. Voici la comparaison:

Composition du mélange de feu grégeois, d'après Marcus Græcus.	Composition d'une poudre à canon employée encore en 1886.
Soufre . . . . 11 p. 100	Soufre . . . . . 10 p. 100
Charbon . . . . 22 —	Charbon . . . . . 16 —
Salpêtre . . . . 67 —	Salpêtre . . . . . 74 —

Quels furent le lieu et l'époque où l'on découvrit les propriétés balistiques si mystérieuses de ce mélange, que nous appelons force explosive, énergie à laquelle aucune autre ne saurait être comparée, sauf les forces de la nature? C'est un problème qui ne sera probablement jamais résolu. Mais lorsqu'on l'eut découvert, ce qui n'eut lieu que postérieurement à l'époque de Marcus Græcus, on eut vite fait de trouver son emploi convenable aux arts de la guerre. En 1326, on fonda à Florence les premiers canons en métal, que l'on chargeait avec des boulets en fer. Dans les récits de batailles et de sièges, nous trouvons bientôt après le compte des canons employés. Il s'écoula plus de temps avant qu'on les eût transformés en armes à feu portatives. Vers 1500, les arquebusiers se tenaient encore sur 37 rangs de profondeur. Voici pourquoi. Lorsque le soldat avait tiré, il se retirait rapidement à l'arrière tout en rechargeant son arquebuse; le temps qu'il mettait à recharger permettait à trente-six autres de tirer

avant qu'il fût de nouveau prêt à tirer et ainsi de suite pour chaque soldat.

Ce n'est guère qu'au dix-septième siècle que les fusils furent suffisamment perfectionnés pour que le sort des batailles dépendît dorénavant du feu de l'infanterie.

Le trajet des flèches à travers le corps n'était pas difficile à suivre: cela changea avec les balles. Leur extraction exige des connaissances anatomiques autrement approfondies. Aussi, n'est-ce que lors de l'apparition des armes à feu que les chirurgiens commencèrent à étudier sérieusement l'anatomie du corps humain si négligée auparavant (v. la note, XXI<sup>e</sup> conférence). Il en résulte que l'emploi de la poudre amena ainsi une révolution dans les sciences médicales, en obligeant à étudier l'anatomie, base de toute la médecine.

Ce n'est que beaucoup plus tard, vers 1690, que l'on appliqua la poudre à des œuvres pacifiques telles que l'extraction du minerai, par exemple. Jusque-là le marteau, le ciseau et le feu étaient les seuls moyens utilisés par l'homme pour exploiter les filons dans les couches de roches dures. On procédait de la manière suivante: on commençait par faire du feu à la surface de la roche puis on versait de l'eau dessus; par ce moyen primitif, on la rendait friable et plus aisée à attaquer au pic.

On s'efforça naturellement beaucoup d'améliorer la poudre dans le cours des temps qui suivirent, mais comme le prouve ce que nous avons déjà dit auparavant, les résultats obtenus pendant plusieurs siècles n'eurent rien d'extraordinaire.

La facilité extrême de la fabrication en était une cause. En effet, il suffisait de mélanger les trois ingrédients pour obtenir ce dont on avait besoin.

Au point de vue purement technique les progrès s'accumulèrent surtout pendant le siècle dernier.

Le mode de mélange de cette poudre dont on fabrique toujours de très grandes quantités est maintenant d'une perfection insurpassable. On a de même déterminé depuis longtemps quelle était la grosseur la plus convenable à donner aux grains de poudre, suivant les emplois. Pour



les grosses pièces d'artillerie, par exemple, on emploie des agglomérés de poudre comprimée, de forme hexagonale, tels que celui que nous représentons ci-contre en demi-grandeur naturelle. Ils sont percés de cheminées qui permettent une combustion simultanée de l'intérieur à l'extérieur. La

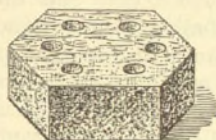


Fig. 16.

combustion est moins rapide que celle d'une poudre finement pulvérisée; on obtient ainsi une force explosive moins brutale et plus utile car elle va en augmentant pendant tout le temps que le projectile séjourne dans l'âme des pièces monstres actuelles.

Nous n'avons cité ce progrès dans l'utilisation de la poudre, basé sur des déductions logiques, que pour montrer que, bien que sa composition rappelle celle du feu grégeois, ce dernier, qui était employé à l'état de torche incendiaire que l'on jetait sur l'ennemi, ne semble plus qu'un jouet auprès de la poudre.

Comme exemple de la puissance de cette poudre, nous citerons le fait suivant. L'un des canons Krupp exposé à Chicago en 1893, chargé avec 115 kilogrammes de cette poudre envoya un projectile pesant 215 kilos, à 20 226 mètres de distance (la distance de Paris à Versailles). Il mit 71 secondes à parcourir cette distance et le point culminant de sa trajectoire atteignit 6 540 mètres. (Le Chimborazo n'a que 6 421 mètres de hauteur). Six canons semblables sont montés dans les forts qui protègent l'entrée du canal de la mer du Nord à la Baltique, à l'embouchure de l'Elbe.

Les progrès de la chimie, accomplis dans le siècle précédent ont complètement révolutionné l'art de fabriquer la poudre. Depuis longtemps déjà, on connaissait, dans les laboratoires, des substances capables de produire de violentes explosions. Mais leur puissance brisante énorme empêchait de les utiliser pour les armes à feu, car ils les auraient fait éclater au lieu de lancer le projectile qu'elles contiennent.

Une seule de ces combinaisons chimiques reçut une application, toute secondaire du reste, en balistique. C'est du

fulminate de mercure qu'il s'agit, corps qu'un choc très léger suffit à faire exploser. Il servait et sert encore, sous forme d'amorces, à enflammer la poudre contenue dans les cartouches. Autrefois, jusqu'en 1840, on n'y parvenait que par des procédés fort imparfaits et pas toujours certains. A l'origine, ce fut à l'aide d'une mèche soufrée; plus tard, on eut recours au chien, muni d'un silex (ou pierre à fusil). Dans ce dernier procédé, déjà bien plus commode, l'étincelle nécessaire à enflammer la poudre était produite par le choc du silex contre l'acier du bassinet.

Lorsque la poudre fait explosion, il se produit une épaisse fumée. Cela tient au potassium contenu dans le salpêtre. Le potassium est un métal, par conséquent un élément stable et solide, qui, au moment de la déflagration, se transforme en sulfate de potasse et autres combinaisons semblables. Les substances ainsi produites sont aussi des corps stables et solides que l'explosion amène à un état de division très grand qui leur permet de flotter longtemps dans l'air, c'est ce qui produit l'épaisse et lourde fumée de la poudre. Il en est tout autrement lorsqu'on enflamme le coton-poudre (ou fulmi-coton) dont nous allons nous occuper maintenant. Comme vous le voyez, il brûle instantanément et sans la moindre trace de fumée.

D'où vient cette grande différence entre l'ancien et le nouvel explosif? Le coton pur est constitué par de la cellulose, celle-ci se compose de 6 atomes de carbone, 10 atomes d'hydrogène et 5 atomes d'oxygène, d'où la formule  $C_6H_{10}O_5$ . C'est par conséquent un hydrate de carbone (v. p. 70). Si l'on traite ce corps par de l'acide azotique (ou nitrique) que l'on a mélangé avec de l'acide sulfurique pour en faire un acide nitrant, des groupes nitrés se combinent à la molécule de cellulose, on obtient la nitro-cellulose, appellation chimique du fulmi-coton. Alors que l'ancienne poudre était un mélange de substances diverses, aussi intimement malaxées que possible, le nouvel explosif constitue une véritable combinaison chimique. L'ancienne poudre brûlait plus ou moins longuement lors de son explosion. Dans le coton-poudre au contraire, la molécule subit une décomposition instantanée. Tandis qu'un kilo de pou-



dre exige pour brûler 1/100 de seconde, un kilo de coton-poudre n'en demande que 1/50 000.

Pendant la combustion du coton-poudre, le carbone, en s'oxydant, se transforme en acide carbonique, et l'hydrogène en eau. Ces deux corps empruntent bien en partie l'oxygène de la cellulose pour former les combinaisons précédentes, mais surtout celle qui est fourni par les groupes nitrés, car plusieurs groupes nitrés se combinent à une molécule de cellulose. Quant à l'azote, il s'échappe à l'état naturel. L'explosion n'a donc produit que des gaz : l'acide carbonique qui est gazeux, l'azote, et l'eau sous forme de gaz à cause de la haute température développée par la déflagration. Ces trois gaz n'étant pas colorés sont invisibles : ceci explique comment le coton-poudre brûle sans fumée, et qu'il ne reste rien de visible après son explosion. Il constitue le premier des explosifs nouveaux réellement utilisables que l'on ait découvert. Plusieurs Etats se mirent à le fabriquer en masse peu de temps après sa découverte (vers 1840) mais les approvisionnementnements que l'on fit de cet explosif firent souvent explosion, sans que l'on pût en découvrir la cause, et produisirent de terribles ravages. Ceci détruisit la confiance que l'on avait mise en cet explosif et pour longtemps. Il s'écoula près d'une trentaine d'années avant que l'on se fût clairement rendu compte des conditions nécessaires à la fabrication d'un fulmi-coton stable, et que l'on fût arrivé à fabriquer ce produit de telle sorte que l'on pût le manipuler sans danger.

Remarquons, en outre, que l'on finit par s'apercevoir que le coton-poudre humide est aussi approprié, même plus encore, que le coton-poudre sec, à produire l'explosion. Aussi, est-ce avec des sachets de coton-poudre humide, comprimé sous une forte pression, que l'on charge à présent les torpilles, à la puissance destructive desquelles les navires, même les mieux cuirassés, ne sauraient résister lorsqu'ils sont atteints.

Le grand avantage de ce nouveau procédé, c'est que le chargement des torpilles ne présente aucun danger, car le coton-poudre humide ne peut pas être enflammé par



une flamme ordinaire. Il ne détone que par « inflammation initiale », c'est là le nœud de cette importante découverte. On entend par inflammation initiale, qu'il n'explose que quand il reçoit un choc extrêmement rapide au sens physique du mot. Un choc semblable peut être produit par l'explosion du fulminate de mercure. S'il se trouve dans la torpille remplie de fulmi-coton, une amorce ou détonateur, chargée de fulminate et que celui-ci éclate l'onde dynamique que cette détonation produit agit de telle sorte qu'elle déplace les atomes arrangés suivant un ordre bien défini dans la molécule de nitrocellulose, ce qui amène la destruction de la molécule et par suite l'explosion de la masse entière qu'elle soit humide ou sèche.

Bien avant qu'on ne soit parvenu à ce degré de sécurité dans la manipulation du coton-poudre, on avait découvert un autre explosif moderne, qui avait trouvé un vaste emploi dans l'art du mineur, et dont le nom a fait depuis beaucoup de bruit dans le monde, nous voulons parler de la dynamite. Pour savoir ce que c'est que la dynamite, il nous faut retourner en arrière, à la glycérine. Nous avons appris que celle-ci était un principe élémentaire de toutes les matières grasses (v. p. 20). Si l'on fait réagir dessus l'acide nitrant, mélange d'acides sulfurique et azotique déjà mentionné, la glycérine fixe trois groupes nitrés, c'est-à-dire qu'elle devient riche en ce principe indispensable aux explosions. Le produit obtenu, la nitroglycérine est un liquide tout comme les corps dont elle dérive; par conséquent peu propre, sous cette forme, aux applications balistiques. Aussi lui incorpore-t-on assez de sable fin, ou de terre d'infusoires, pour que le mélange devienne finalement une masse solide; sous cette forme qui en rend la manipulation moins dangereuse, elle prend le nom de dynamite et elle a servi à d'innombrables travaux pacifiques, comme par exemple le percement du tunnel du Saint-Gothard.

Entre temps, la science de la balistique avait prouvé par des déductions dérivées des lois de la cinématique, qu'en réduisant le diamètre du projectile, et par suite le calibre du fusil, on pouvait obtenir, avec les armes portatives, de bien

plus grands effets que ceux que l'on avait atteint jusque-là à condition d'imprimer au projectile une puissance de propulsion beaucoup plus forte que celle fournie par l'ancienne poudre. C'est de ce moment que commença la recherche de nouvelles poudres de guerre plus puissantes. La voie était toute tracée par l'étude des corps nitrés, qui produisent une combustion sans fumée.

L'invention de la mélinite, il y a une vingtaine d'années, est le résultat de ces recherches. On l'obtenait en faisant agir l'acide de nitration sur le phénol, ce désinfectant si connu. Ici aussi, il y a fixation de trois groupements nitrés et il se forme un corps, appelé acide picrique ou trinitrophénol; ce dernier ressemble au fulmi-coton, en ce sens qu'il éclate également par inflammations initiales, lorsqu'il est humide. On ne possède pas d'autres renseignements sur la fabrication et les mélanges additionnels à cette poudre, sur laquelle le secret d'Etat a été bien gardé; elle a reçu d'ailleurs de nouveaux perfectionnements. Son nom provient de ce fait que l'acide picrique fondu, nécessaire à sa préparation ultérieure, ressemble au miel dont le nom latin est *mel*. Depuis cette découverte, le coton-poudre semble l'emporter sur l'acide picrique, comme sur tous ses concurrents, dans la préparation des poudres sans fumée modernes. Tout au moins, il paraît constituer un élément de composition de toutes ces poudres, quoiqu'on ne puisse pas l'affirmer absolument en raison du secret dont les divers Etats entourent leur préparation.

Ce qui rend le coton-poudre si particulièrement pratique c'est sa propriété, lorsqu'on le dissout dans certains solvants, de donner une solution propre à la fabrication des explosifs. Nous verrons ainsi que le collodion, corps qui nous est bien connu, n'est qu'une solution de coton-poudre dans un mélange d'éther et d'alcool. Lorsque le dissolvant s'est volatilisé, il reste une pellicule que l'on peut obtenir de l'épaisseur convenable et qui, une fois découpée en petits morceaux, constitue une poudre sans fumée; Dans la pratique, les choses ne se passent pas aussi simplement que nous l'indiquons ici, mais néanmoins d'une manière analogue.



Comme le coton-poudre, tel quel, constituait une poudre trop violente pour les fusils anciens, car elle menaçait de les faire éclater au lieu de projeter la balle, on eut l'idée d'ajouter des substances neutres ou indifférentes à la solution originale de coton-poudre. On se servit pendant un certain temps de camphre, de sorte que le résidu obtenu après l'évaporation du dissolvant, était du coton-poudre intimement mélangé de camphre. Ce nouveau produit fut employé comme poudre sans fumée (1); on voit que l'on peut par ce procédé obtenir des poudres de forces explosives différentes, et par conséquent propres à divers usages. D'autre part, les nouveaux fusils sont assez résistants pour supporter les effets du coton-poudre sans mélange.

Le plus puissant explosif connu, qui ne saurait être employé dans les fusils, mais dans l'art du mineur, est préparé en arrosant le coton-poudre avec de la nitroglycérine. Le coton-poudre ne se dissout pas dans cette dernière, mais il l'absorbe en gonflant et forme une masse analogue à la gélatine. C'est ce mélange que l'on appelle nitrogélatine, l'explosif le plus énergique que nous connaissions et dont les limites de puissance peuvent être modifiées suivant l'emploi plus ou moins grand de coton-poudre dans sa fabrication. D'après ce qui précède, nous pouvons dire qu'on ne se dépassera pas. Car il ne s'agit pas ici, comme pour la dynamite, de diminuer la force de la nitroglycérine par l'addition de sable, mais bien au contraire de l'augmenter encore par l'addition de fulmi coton.

Avant d'incorporer le coton-poudre à la nitroglycérine, on peut le diluer avec de l'acétone, corps que nous connaissons déjà (v. p. 131) et ajouter à ce mélange, suivant le procédé déjà décrit des substances indifférentes qui atténuent la puissance de l'explosif obtenu après évaporation de l'acétone. Lorsque l'acétone est évaporée en grande partie, le produit peut être étiré en fils de grosseur convenable à l'aide de machines appropriées; c'est ainsi qu'on obtient la corde employée comme poudre sans fumée en Angleterre.

(1) C'est lui également qui constitue la matière bien connue sous le nom de celluloid et qui, bien que de découverte récente, a reçu déjà tant d'applications pratiques. (Note du traducteur.)



La force explosive de cette poudre peut aussi être modifiée par l'emploi de corps plus ou moins actifs dans la préparation de la solution qui sert à la fabriquer.

Nous aurons ainsi parlé suffisamment de l'ancienne poudre à canon et des raisons qui l'ont fait abandonner pour l'emploi des poudres sans fumée actuelles. On a fait de nombreuses recherches dans d'autres directions pour fabriquer d'autres poudres ou explosifs convenables, mais, comme nous l'avons déjà dit, il est bien établi à présent que, seuls, les composés nitrés donnent des résultats pratiques à cause du moindre degré de danger présenté par leur fabrication.

On peut remplacer l'atome d'azote contenu dans l'azotate de potasse ou salpêtre, par un atome de chlore: le corps nouveau ainsi constitué est la chlorate de potasse. Le symbole utilisé en chimie pour l'azote étant Az, et le chlore étant désigné par Cl nous comprenons fort bien leur analogie au point de vue chimique.

$AzO^3K$   
Azotate de potasse.

$ClO^3K$   
Chlorate de potasse.

On peut aussi mélanger le chlorate de potasse soit avec le soufre, soit avec le charbon, soit encore avec ces deux matières ensemble: ces mélanges constituent comme l'on peut s'y attendre des explosifs d'une énorme puissance; mais il est impossible de les manipuler avec sécurité, le moindre choc, une pression énergique même, en amènent l'explosion. Comme on ne pourrait éviter d'en produire, au cours d'une fabrication en grand, leur préparation d'ailleurs dangereuse même au laboratoire, a été abandonnée. Les explosifs à base de chlorate de potasse ou d'autres corps similaires ne sont guère employés, et encore à l'état de grossiers mélanges, que par les artificiers. Ceux-ci leur ajoutent diverses autres substances, puis les enferment dans les fusées pour les faire s'envoler et éclater après la mise à feu.

---

Nous aborderons maintenant le chapitre du vêtement. Pour nous vêtir, nous employons des étoffes ou tissus fa-

briqués avec des fibres d'origine animale ou végétale, ainsi que les peaux ou cuirs.

Les fibres animales et végétales diffèrent beaucoup entre elles au point de vue de leur constitution chimique: les premières contenant de l'azote tandis que les secondes n'en contiennent pas. Si l'on brûle des fibres animales, il se produit des composés azotés, émettant une odeur désagréable analogue à celle de la corne brûlée, tandis que les fibres végétales répandent en se consumant une fumée sentant le papier brûlé. Nous avons peu de choses à dire ici au sujet des fibres elles-mêmes; les plus importantes fibres d'origine animale sont la laine et la soie.

Les premières sont très rugueuses et irrégulières au toucher. Si l'on s'en sert pour fabriquer des tissus, à l'aide des fils tendus formant la chaîne que viendront réunir les fils de la trame, produite par le mouvement de va-et-vient de la navette du tisserand, l'étoffe ainsi fabriquée ressemble beaucoup à celle que l'on obtiendrait avec de la ficelle grossière. Mais si l'on mouille cette étoffe et qu'on la « foule », les irrégularités des fibres s'intercalent les unes dans les autres: il se fait une sorte de feutrage, et après ce traitement les tissus de laine présentent leur aspect caractéristique. Pour obtenir une surface encore plus lisse on la tond, etc., mais cela rentre dans les détails techniques que nous ne pouvons traiter ici.

La soie ne présente pas la propriété de se feutrer, aussi peut-on toujours distinguer dans les tissus de soie tous les fils de soie qui les composent. Il en est de même pour le lin et pour le coton. Les étoffes de lin et de coton peuvent être lavées autant de fois qu'on le voudra, sans que les fils qui les constituent se feutrent. Les fils restent toujours juxtaposés et il est possible de les séparer à l'aide des doigts.

Au point de vue chimique, le coton mercerisé, la soie artificielle et la laine d'effilochures (ou renaissance) nous intéressent beaucoup plus que les fibres textiles livrées par la nature. La laine d'effilochures étant connue depuis longtemps, c'est par elle que nous commencerons.

Lorsque des tissus de laine ne peuvent plus être portés

à cause de l'usure il n'en est pas moins vrai que la majeure partie de la laine employée à leur fabrication existe encore: c'est simplement à cause de leur aspect extérieur, des trous, qu'on les abandonne. Les étoffes tricotées telles que la bonneterie, peuvent être facilement effilochées, et si l'on procède à ce travail au moyen de machines, ce qui le rend très facile, on voit que l'on obtiendra une laine propre à un nouveau filage. Bien que celle-ci ne soit pas aussi bonne que de la laine neuve, elle peut cependant être utilisée avec profit. On ne se contente pas d'effilocheur seulement les tricots, mais encore les draps provenant de vêtements usés et que l'on peut se procurer en bien plus grandes quantités. Mais avant de pouvoir effilocheur les vêtements de drap à la machine, il faut découdre toutes les coutures. On obtient alors des morceaux très irréguliers que l'on trie et que l'on passe à la machine à effilocheur. Ils restituent ainsi leur laine, mais la simple réflexion montre que la fibre en est bien plus courte que celle des tricots. Elle n'en constitue pas moins une matière avantageuse pour la fabrication de tissus à bon marché, tels qu'on en porte dans les classes peu fortunées et où son emploi trouve un large débouché. Cette fabrication serait très aisée si elle n'avait pas à lutter contre certains inconvénients. Le coton est bien moins coûteux que la laine et on le mélange parfois à la laine à filer de façon à vendre meilleur marché le tissu qui en est fabriqué. Mais cette façon de procéder est assez rare, car le coton et la laine ne se teignent pas de la même façon (nous en verrons plus tard la raison). Le plus souvent on procède de telle sorte qu'au moment du tissage on prépare la chaîne du tissu en coton, tandis que la trame reste en laine. Lors du foulage ultérieur la laine se feutre suffisamment pour recouvrir et cacher le coton sous-jacent. Aux endroits où l'étoffe est soumise à plus de frottement, comme le bord de l'ouverture des manches, la laine s'use et laisse apparaître les fils de coton infeufrables et plus fortement tordus.

Si l'on employait de pareils tissus, une fois usés à la préparation de la laine d'effilochures (ou shoddy) celle-ci contiendrait naturellement du coton. En répétant ce procédé



successivement sur ces nouvelles étoffes elles finiraient dans le cours du temps par ne plus contenir que du coton et deviendraient inutilisables.

Pour rendre utilisables les laines d'effilochures contenant du coton, on les débarrasse de celui-ci au moyen d'un procédé appelé carbonisage, inventé vers 1840, par un Allemand du nom de Köber. Dans ce but, on plonge la laine dans de l'acide sulfurique dilué ou bien dans d'autres liquides d'action analogue et qui ont tous la propriété d'attaquer le coton tout en respectant la laine. Le coton est attaqué de telle manière que lors du séchage ultérieur à une température de 90 à 95 degrés, auquel on soumet la laine, il tombe presque en poussière, tandis que la laine n'est presque pas endommagée. Enfin on débarrasse la laine mécaniquement de la poussière de coton qu'elle contient et elle se trouve exempte de tout le coton qui lui avait été ajouté au cours du premier tissage. Il existe maintenant des fabriques de laine de renaissance dans tous les pays industriels. En 1880 déjà, 34 p. 100 seulement des draps fabriqués en Angleterre ne contenaient que de la laine pure et depuis, l'emploi de la laine d'effilochures à fait partout de bien plus grands progrès.

Le coton mercerisé auquel nous passons maintenant se distingue du coton ordinaire par son éclat soyeux. La préparation en est assez simple. On plonge les fils de coton soumis à une forte tension dans une lessive de soude, puis on les lave soigneusement ensuite pour enlever l'excès. Cette invention repose sur la forte tension du coton, sans laquelle le coton se recroquevillerait au cours du traitement et deviendrait inutilisable.

Bien plus ingénieuse encore que la préparation du coton mercerisé est la fabrication de la soie artificielle. Le principe de son obtention repose sur la dissolution du coton ou de la nitrocellulose (coton-poudre, v. p. 139) dans un solvant approprié. Pour le coton on emploie comme solvant un liquide obtenu en ajoutant un excès d'ammoniaque à une solution de sel de cuivre et qui s'appelle oxyde de cuivre ammoniacal. Pour la nitrocellulose on emploie les dissolvants déjà cités page 142. Dans l'un ou l'autre cas, on fait passer la

solution (obtenue par l'action de ces solvants sur le coton ou la nitrocellulose) au travers d'un orifice excessivement fin (ou « capillaire ») d'où elle coule à l'abri de l'air dans un liquide qui neutralise aussitôt l'action des solvants employés. Le coton et la nitrocellulose reprennent donc leur état solide sous forme de fils doués d'un brillant éclat, auxquels on a donné le nom de soie artificielle. S'est-on servi de nitrocellulose, la soie artificielle obtenue constitue une véritable poudre sans fumée (v. p. 140); il faut donc pour la rendre utilisable, la débarrasser ultérieurement des groupes nitrés qu'elle contient, ce qui ne présente aucune difficulté grâce à certaines réactions chimiques que l'on fait intervenir.

La raison de l'emploi toujours croissant de la soie artificielle est son incomparable éclat, bien supérieur à celui de la soie naturelle. On arrive ainsi à obtenir pendant le tissage, des effets de coloris qu'il est impossible d'atteindre avec la soie naturelle. On voit que la valeur principale de l'emploi de ce produit repose sur son application à des effets décoratifs.

Il n'est pas sans intérêt de mentionner ici qu'en fils plus gros, la soie artificielle imite très bien les cheveux humains; on a également réussi à préparer à son aide du crin artificiel.

La plus grande partie des fibres textiles naturelles sont incolores; il en est de même des fibres artificielles. Si l'on se bornait à se vêtir uniquement de tissus blancs, cet usage serait peu pratique dans bien des cas et pour beaucoup de raisons. Aussi s'est-on efforcé depuis les temps les plus reculés à teindre les étoffes, et l'on a obtenu un haut degré de perfection dans cette industrie. Nous aurons donc à nous occuper de l'art du teinturier, dans une prochaine conférence.

## SEPTIÈME CONFÉRENCE

---

Tannerie. — Cuir. — Épilation et gonflement des peaux. — Matières tannantes. — Cuirs de bœuf. — Bois de québracho. — Sumac. — Extraits tannants. — Cuirs pour semelles. — Tannage à l'alun. — Peaux pour ganterie. — Fourrures. — Cuir chromé. — Chamoisage. — Peaux lavables. — Parchemins. — Blanchiment à l'air. — Bleuissage du linge. — Blanchiment chimique. — Chlorure de chaux. — Antichlore. — Eau de Javelle. — Acide sulfureux. — Eau oxygénée. — Teinturerie. — Mordants. — Laques colorantes. — Matières colorantes directes. — Couleurs dérivées du goudron. — Indigo. — Alizarine. — Pâtes colorantes. — Extraits de bois tinctoriaux. — Pastel. — Impression en couleur.

Avant de parler de la teinturerie, nous nous occuperons du tannage des cuirs qui servent principalement à la fabrication des chaussures. Le cuir se rapproche des tissus en ce qu'il est aussi composé de fibres animales, raison pour laquelle nous l'étudions à la suite des matières textiles. Nous l'utilisons à quantité d'emplois divers dans la plupart desquels il serait bien difficile de le remplacer.

Le cuir est constitué par de la peau animale, rendue imputrescible par un procédé, le tannage, qui lui confère en même temps une souplesse durable.

Les peaux fraîches se corrompent facilement. La dessiccation leur fait bien perdre ce défaut, mais alors elles deviennent dures et cassantes, car leurs fibres se collent entre elles. Le tannage consiste à faire pénétrer le tanin entre les fibres. Le tanin empêche l'accrolement des fi-



bres et transforme la peau en cuir. La souplesse de ce dernier rappelle plus ou moins et suivant les divers procédés employés, celle de la peau de l'animal vivant.

Avant toute autre opération, il faut épiler les peaux qui doivent être tannées. La plus ancienne méthode utilisée dans ce but, encore en usage aujourd'hui, après avoir reçu divers perfectionnements d'origine scientifique, est celle que l'on appelle l'échauffe, en terme de tannerie. Elle consiste à abandonner les peaux humides à elles-mêmes pendant un certain temps. Il se produit un commencement de putréfaction qui rend les poils moins adhérents, de sorte qu'on peut ensuite les enlever aisément par le râclage. On arrête l'échauffe dès que le degré de putréfaction désiré est atteint. On peut aussi épiler les peaux au moyen de produits chimiques; à cet effet, on se sert depuis longtemps de la chaux vive. Quand on éteint cette chaux avec beaucoup d'eau (nous reviendrons sur ce sujet à propos des mortiers), on obtient un lait de chaux dans lequel on place les peaux.

La combinaison de soufre et de chaux, ou sulfure de calcium ou bien encore le sulfure de sodium, qui lui est chimiquement très proche, agissent mieux encore que la chaux; aussi fabrique-t-on spécialement ces composés pour les tanneries.

Les peaux épilées sont ensuite placées dans un bain mordant pour les faire gonfler. Tous les acides étendus, et en particulier l'acide sulfurique, peuvent servir de mordant à cet effet. Les peaux plongées dans ces solutions augmentent du double de leur volume et se laissent pénétrer plus facilement par le tanin.

En général on emploie, depuis l'antiquité, un autre procédé trouvé empiriquement. Le bain acide est fourni par la fermentation lactique, qui nous est bien connue déjà. Les résultats obtenus par ce moyen paraissent meilleurs que ceux fournis par les acides étendus dont on a essayé un grand nombre. Pour obtenir ce bain, on verse de l'eau sur du son de froment, on lui ajoute du levain et on laisse la fermentation s'accomplir aux environs de 50 degrés. En outre de l'acide lactique, il se forme en même temps, divers autres acides tels que l'acide butyrique. Lorsque le

liquide est refroidi, on y plonge les peaux qui doivent être gonflées avant de passer au tannage.

On rencontre dans beaucoup de végétaux des substances tannantes, c'est-à-dire capables de transformer les peaux en cuir. On trouve par exemple de l'acide tannique dans le thé et le café. Il est bien évident que ce ne sont pas les tanins existant dans ces plantes-là qui sont employées en tannerie, à cause de leur prix trop élevé. Ce sont les écorces de certains arbres qui ont été le plus employées jusqu'à nos jours. L'écorce du chêne est de beaucoup plus riche en tanin; lorsqu'elle est coupée en petits morceaux, on lui donne le nom de tan. C'est entre la quinzième et la trentième année de son existence, que l'arbre fournit la quantité d'écorce la plus avantageuse par rapport à celle du bois. Aussi, est-ce à cet âge-là que l'on écorce les chênes.

En dehors de l'écorce du chêne on emploie aussi celles du sapin et du pin. Dans certaines contrées, on se sert de l'écorce du noyer, mais on ne peut l'employer que mélangée avec du tan de chêne. Par suite des énormes quantités de cuir que l'on prépare maintenant, on a recherché si d'autres végétaux, en particulier les arbres et les buissons exotiques, ne pouvaient servir de succédanés aux écorces indigènes, car le tanin ne se rencontre pas seulement dans l'écorce mais encore dans d'autres parties de l'organisme de certains arbustes. En fait de bois exotiques, nous ne mentionnerons que le quebracho. Ce nom est bien connu en Allemagne, par suite des nombreuses discussions que les propriétaires de chênaies ont soulevé au Parlement de l'Empire, dans le but de le faire frapper d'un droit de douane prohibitif lors de son entrée, afin de protéger le produit indigène. Ces revendications ont été depuis peu couronnées de succès. Le bois de quebracho est rouge brun et très dur; on l'exporte en masse de la République-Argentine. Il s'emploie de la même façon que le tan de chêne après avoir été déchiqueté en petits morceaux à l'aide de machines.

On emploie aussi beaucoup le sumac. C'est une poudre constituée par le broyage des jeunes pousses d'un arbuste croissant dans l'Europe méridionale et appartenant à la



famille des térébenthiaées. Nous ne pouvons nous occuper plus longuement ici du grand nombre d'autres substances tannantes.

On emploie le tan de chêne de la manière suivante.

Dans une fosse on empile les peaux préalablement épilées et gonflées, en les séparant alternativement par une couche de tanin. Puis on remplit la fosse avec de l'eau. Le tanin se dissout dans l'eau petit à petit et est lentement absorbé par les peaux. Les peaux très épaisses, celles par exemple qui servent à préparer les cuirs dont on fait les semelles de chaussures exigent beaucoup de tanin pour être entièrement saturées. Aussi doit-on les soumettre à des opérations répétées au cours desquelles on renouvelle chaque fois les couches de tanin qui les séparent. Ce n'est guère qu'au bout de deux ans que leur tannage parfait est accompli, mais le produit obtenu est d'excellente qualité.

On a naturellement essayé d'abrégier la durée de cette préparation. Pour y parvenir, on extrait séparément le tanin des écorces au moyen de l'eau et l'on place les peaux dans l'extrait ainsi obtenu. Avec ce procédé, le tannage s'accomplit en trois mois. Ceci nous conduit à parler des extraits tannants proprement dits. On en obtient depuis longtemps dans les Indes orientales, où on les prépare en faisant bouillir dans l'eau, soit des écorces, soit des feuilles riches en tanin. Pour réduire les frais de transport on concentre ces solutions au maximum. Les plus importants de ces extraits concentrés, sont ceux de gambir et de cachou. Depuis 1882, on fabrique des extraits semblables en Europe, dans le but d'éviter également les frais de transport. C'est ainsi que la Hongrie et la Croatie, contrées riches en forêts, nous fournissent des extraits de tanin de chêne. Dans les ports où arrive le quebracho venant de l'Argentine, on fait des extraits de ce bois. Ces extraits sont tous obtenus de la même façon en lixiviant dans l'eau le bois, coupé en morceaux aussi petits que possible, puis en évaporant la solution obtenue. On n'évapore pas les solutions à ciel ouvert, mais en des vases clos où l'on fait un vide prononcé tout comme pour l'évaporation des sucres de betterave. Par ce moyen, la concentration des extraits



ne nuit pas à leur qualité ce que l'on ne pourrait éviter par l'évaporation à l'air.

Ces extraits tannants ont grandement facilité la fabrication des cuirs. Il est étonnant de voir quelle rapidité le tannage a acquis par leur emploi. Un brevet allemand, pris en 1892, permet d'obtenir le tannage des cuirs les plus épais en moins de trente-six heures. Les peaux gonflées sont traitées par une solution tannante, huit fois plus active que celles employées autrefois, et qui est préparée à l'aide d'extraits de tanin. Au lieu de deux ans, deux jours pour transformer la peau gonflée en cuir ! Et il ne faudrait pas croire que ce brevet soit, comme tant d'autres, inapplicable dans la pratique. La preuve, c'est que depuis longtemps déjà, on trouve dans le commerce des cuirs pour semelle préparés à l'aide de ce procédé qui semble particulièrement convenir à la fabrication de cette espèce de cuir.

En outre du procédé de tannage, que nous venons de décrire, on en emploie aussi deux autres sur une grande échelle. Ce sont le tannage à l'alun, ou mégisserie, et la chamoiserie.

L'alun est un composé chimique constitué par une double combinaison de sulfate de potasse et de sulfate d'alumine. Si l'on plonge une peau, préalablement gonflée, dans une solution aqueuse d'alun et de sel marin, l'alumine agit comme la tanin, pénètre entre les fibres de la peau et l'empêche de durcir. Si l'on traite la peau ainsi préparée par la graisse, celle-ci la pénètre et l'on obtient par ce procédé le plus résistant de tous les cuirs.

Si le travail a été conduit avec soin, de façon à ne pas tacher les peaux, et en opérant sur les peaux de jeunes animaux, en particulier de chevreau ou d'agneau, on obtiendra la peau qui sert à faire les gants glacés.

Ces peaux après avoir gonflé, sont soumises à une solution d'alun additionnée de jaunes d'œuf et de farine. Le jaune d'œuf est composé d'albumine et de particules de graisse extrêmement divisée. Comme ce sont précisément ces particules qui pénètrent la peau, grâce à leur état d'extrême division, ce sont elles qui agissent et confè-

rent à la peau mégie la souplesse indispensable à la fabrication des gants. Le tannage à l'alun, ou mégissage, n'a pas la même efficacité que celui au tan de chêne; on le réserve à l'apprêt de peaux dont l'emploi ne nécessite pas un tannage aussi énergique.

On s'aperçoit de cette infériorité par l'action de l'eau sur les cuirs mégis. Tandis que les semelles de bottes sont impénétrables à l'eau, les cuirs mégis sont de véritables éponges parce que l'eau fait ressortir presque tout le tannage. Les gants très mouillés, par exemple, se recroquevillent et se comportent de la même façon que le ferait une peau non tannée.

C'est également le tannage à l'alun qui sert à préparer les fourrures. Les procédés diffèrent beaucoup les uns des autres, mais ils consistent tous *grosso modo* en un mégissage à la graisse et à l'alun. Les peaux sont nettoyées le mieux possible au moyen de savon, puis séchées. Le côté chair est recouvert de graisse et l'on fait pénétrer le plus de graisse possible en foulant les peaux. On les enduit ensuite d'une solution de son aigri qui les fait gonfler légèrement en vingt-quatre heures. On enlève le son qu'on remplace par la solution d'alun et de sel de cuisine qui produit le tannage proprement dit.

L'alumine qui est la partie de l'alun agissant dans la mégisserie est une base (v. p. 53). Aussi, a-t-on essayé de la remplacer par d'autres bases pour obtenir de nouvelles espèces de cuirs. Les recherches faites par les techniciens montrèrent que les seules bases qui puissent être utilisées sont les oxydes de fer et de chrome. A leur aide, on a préparé effectivement des cuirs, mais seul le procédé au chrome continue à être appliqué. Le cuir chromé est mou et souple comme les autres cuirs mégis, mais il présente l'avantage d'une très grande résistance à l'humidité et aux fortes chaleurs. Il est le seul à posséder cette qualité d'une importance capitale et qui lui vaut la faveur dont il jouit.

Il nous reste à parler du chamoisage, ou tannage à l'huile.

Les peaux qui y sont soumises doivent être aussi épilées et gonflées au préalable. On les frotte ensuite avec de l'huile de poisson, puis on les foule énergiquement. On renouvelle



ce frottage aussi longtemps que l'huile est absorbée. Elle ne pénètre pas la peau d'une manière mécanique seulement, mais elle s'y unit chimiquement, si bien que cette union se traduit par le dégagement d'une odeur caractéristique qui indique la fin de l'opération. Ceci fait, on empile les peaux en tas et on les abandonne quelque temps à elles-mêmes. Elles s'échauffent sous l'influence des phénomènes chimiques qui continuent à s'y produire et cet échauffement entretient le processus chimique par lequel elles commencent à se colorer en jaune. La graisse finit par si bien entourer les fibres de la peau que ces dernières ne peuvent plus se coller entre elles, etc., constituant ainsi un véritable cuir. En outre, la combinaison des fibres et de la graisse est tellement intime que l'eau chaude même ne peut la détruire. Cette propriété leur a fait donner le nom de cuirs lavables. Pour enlever l'excès de graisse qui n'a pas été combiné chimiquement aux fibres et qui subsiste encore après le commencement de la coloration jaune dont nous avons parlé, on lave les peaux dans une lessive de potasse. Cette dernière émulsionne la graisse en excès et permet à l'eau de l'entraîner.

Si l'on neutralise ensuite par un acide, la potasse contenue dans cette émulsion, la graisse ne peut plus rester en émulsion et vient flotter à la surface. On la recueille et elle constitue un enduit de premier choix pour les cuirs tannés par le premier procédé que nous avons décrit; cette graisse porte dans le commerce le nom de dégras.

Le chamoisage peut aussi servir à l'apprêt de pelleteries.

Nous finirons notre étude sur le cuir en disant quelques mots du parchemin. Le parchemin, contrairement à l'opinion générale, ne constitue pas un cuir. On le prépare avec les peaux de très jeunes animaux, que l'on épile au moyen de la chaux. Ces peaux ne sont pas tannées, mais nettoyées le mieux possible, fortement tendues et séchées. La surface lisse qu'elles présentent est obtenue par un ponçage à la craie et à la pierre ponce; dans ce cas, la surface est trop lisse pour qu'on puisse y écrire. Sous le nom de vélin, le parchemin sert à faire des reliures. On en fait aussi la peau des tambours, etc. Si on veut l'employer pour



l'écriture, il faut l'enduire d'une légère couche de couleur blanche à l'huile.

Nous revenons maintenant aux tissus dont il nous faut étudier le blanchiment et la teinture. Après cette dernière nous fournirons quelques renseignements sur la peinture.

La majeure partie des fibres textiles que nous fournit la nature sont, comme le lin ou le coton, blanches ou presque blanches; la laine elle-même est à peine colorée, en général.

Le port de vêtements fabriqués uniquement d'étoffes blanches deviendraient vite désagréable à cause de l'aspect peu engageant que ces dernières ne tarderaient pas à prendre. En outre, la teinture des étoffes permet d'obtenir des vêtements d'un aspect plus varié et plus beau. Le manteau de pourpre n'a-t-il pas toujours constitué le vêtement des grands! Du reste, la nature ne nous livre qu'un bien petit nombre de fibres textiles absolument blanches: la plupart tirent légèrement sur le jaune et c'est cette pointe de jaune qu'on cherche à leur enlever par le blanchiment au soleil: la lumière du soleil mangeant, comme on dit, les couleurs, elle fait également disparaître cette coloration jaune. On favorise encore le passage du jaune au blanc pur par le bleuissage, c'est-à-dire par l'addition de bleu dans les lessives de blanchissage: le bleu et le jaune étant des couleurs complémentaires, elles se neutralisent mutuellement dans l'œil en produisant l'impression du blanc.

Lorsque, au cours du temps, la fabrication des vêtements eut passé de la main des ménagères pour devenir une industrie, les fabricants se virent dans la nécessité de posséder de vastes espaces de terrain pour y blanchir leurs tissus, nécessité des plus coûteuses et des plus incommodes pour eux. La grande extension qu'a prise maintenant la fabrication des étoffes et l'intensité avec laquelle elle est pratiquée dans certaines contrées rendraient impossible la possession de terrains proportionnés. La chimie a résolu ce problème et, depuis la découverte des décolorants artificiels, tous les tisseurs blanchissent leurs toiles ou leurs cotonnades à l'intérieur même des établissements. Le principal décolorant employé est le chlorure de chaux.

Le principe agissant dans le chlorure de chaux est le chlore, gaz jaune à l'état libre et qui possède une grande propension à se combiner avec les autres corps.

Il fut découvert pendant le dernier quart du dix-huitième siècle, mais à cette époque, on ne le tenait pas pour un élément, comme aujourd'hui. Ayant observé qu'il est encore plus énergique que l'oxygène, le plus actif des gaz alors connus, les chimistes en faisaient une nouvelle variété de ce corps et l'appelaient le nouvel oxygène.

En raison de son action énergique sur la plupart des corps, le chlore détruit aussi la plupart des couleurs appartenant au règne animal ou végétal. Mais comme il est difficile de manipuler des gaz dans les fabriques, on ne l'utilise pas à l'état de chlorure gazeux, mais sous la forme de la combinaison qu'il produit lorsqu'on en fait passer un courant sur de la chaux, et qui porte le nom de chlorure de chaux. Ce dernier fut découvert en 1799, à Glasgow, par Tennant. A l'origine, une tonne de ce produit coûtait 3416 francs. En 1815, elle ne coûtait plus que 559 francs; en 1870, 207 francs; son prix est même tombé jusqu'à 122 francs, mais il est remonté depuis.

L'action blanchissante du chlorure de chaux, ou mieux, son énergie chimique, détruit en très peu de temps la couleur jaune pâle des tissus de lin ou de coton naturels aussi complètement que l'ancien procédé de blanchiment au soleil: mais là ne s'arrête pas l'action du chlorure de chaux; après avoir détruit la couleur, il s'attaque aux tissus eux-mêmes qu'il détruit aussi. Aussi les ménagères n'ont-elles pas voulu employer ce procédé de blanchissage jusqu'à présent. Il en est tout autrement dans les fabriques.

Dès que les étoffes sont blanchies, on neutralise l'excès de chlore au moyen d'antichlore; de cette façon, les fibres du tissu ne subissent aucun dommage. Si les ménagères connaissaient ce moyen si simple, elles n'auraient aucune raison de ne pas se servir d'un procédé de blanchiment si commode.

Des substances très diverses peuvent servir d'antichlore. En général, on se sert d'hyposulfite de soude (bien connu des amateurs de photographie). Ce sel n'agit en aucune façon sur le linge. Dès qu'il est en contact avec le



chlorure de chaux, il fournit d'autres combinaisons chimiques sans action nocive sur les tissus et il réduit le chlorure de chaux en chlorure de calcium tout à fait inoffensif.

Trop souvent les blanchisseurs rendent du linge sentant encore le chlore. Ce linge a perdu toute sa solidité, car ses fibres sont en quelque sorte dévorées. L'emploi d'un peu d'antichlore éviterait complètement ce fâcheux état de choses.

En dehors du chlorure de chaux, on trouve encore dans le commerce un autre décolorant, l'eau de Javelle. Au point de vue chimique, son action est identique à celle du chlorure de chaux, dont elle ne diffère que par la substitution de la soude à la chaux. On l'emploie en grandes quantités dans le blanchissage, principalement pour élever les taches, qu'elle fait disparaître absolument. Là aussi on devait se donner la peine d'employer l'antichlore, c'est-à-dire un peu d'hyposulfite de soude dissous dans l'eau, sans quoi, ce qui arrive fréquemment, la fibre textile est attaquée à l'endroit nettoyé et l'on risque d'y faire un trou.

Le chlorure de chaux ne saurait servir au blanchiment des tissus de laine, car il ne les blanchit pas, mais les teint en jaune. On se sert alors de l'acide sulfureux qui, sans être un décolorant aussi énergique que le chlorure de chaux, possède néanmoins une action très suffisante sur la fibre animale, comme l'expérience et la pratique sont venues le montrer. L'acide sulfureux est le gaz à odeur pénétrante qui se dégage lorsqu'on brûle du soufre. Comme il est très soluble dans l'eau, on l'utilise de la manière suivante. On suspend les tissus à blanchir humides dans une chambre où l'on brûle du soufre, de telle sorte que le gaz sulfureux touche les étoffes mouillées. Il est inutile d'employer dans ce procédé un neutralisant pour détruire l'excès d'acide, parce qu'il n'en parvient en somme que fort peu au contact des tissus.

Pour terminer cette étude du blanchiment, il nous faut mentionner encore un décolorant qui, bien que souvent cité, n'a jamais réussi à se substituer aux corps déjà décrits, par suite de son manque de certaines propriétés es-



sentielles, et en dépit de toute la peine qu'on a pu se donner pour y parvenir. C'est de l'eau oxygénée ou bioxyde d'hydrogène qu'il s'agit. Nous avons déjà dit plusieurs fois que l'eau est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène, qui peut être considérée comme un oxyde d'hydrogène de formule  $H^2O$  (v. p. 8). Au moyen de réactions appropriées on parvient à y fixer un second atome d'oxygène, en obtenant le bioxyde:  $H^2O^2$ . L'eau oxygénée a pour elle l'avantage de décolorer les cheveux, les plumes et l'ivoire ce qu'on ne peut obtenir avec le chlorure de chaux ou l'acide sulfureux. Aussi trouve-t-elle son emploi dans ces applications. Comme on est arrivé, grâce à un procédé inventé il y a quelques années, à fabriquer ce produit à très bon marché, il ne serait pas étonnant d'en voir étendre l'emploi.

---

Nous abordons maintenant la teinture des tissus.

Elle se divise en deux méthodes principales: la teinture uniforme de pièces entières d'étoffe, et l'impression des tissus.

On peut concevoir que la teinture uniforme des étoffes pourrait s'exécuter simplement de la manière suivante. On dissoudrait dans l'eau les matières colorantes appropriées en y ajoutant de la colle, puis on enduirait les étoffes avec ce mélange. Mais l'adhérence et la résistance d'une pareille teinture seraient presque nulles et il ne faudrait en aucun cas mouiller ces étoffes.

Tandis que ce procédé constituerait une sorte de « peinture » plutôt qu'une teinture, l'adhérence deviendrait meilleure si l'on mélangeait les matières colorantes avec de l'albumine, tel qu'on le fait parfois dans la pratique, puis que l'on chauffe les étoffes enduites de ce mélange. En se coagulant l'albumine devient insoluble, et les couleurs sont mieux fixées sur l'étoffe. Mais si l'on frotte fortement cette étoffe, elle déteindra beaucoup. Ce procédé joue un certain rôle dans l'impression bien qu'il ne constitue pas encore une véritable teinture. La teinture proprement dite, consiste à faire agir les matières colorantes convenablement dissoutes, sur la fibre textile. Mais il y a de grandes

différences dans la manière dont il faut procéder, parce que les fibres animales, comme la laine et la soie se comportent tout à fait autrement que les fibres végétales, dont la principale est le coton.

Dissolvons dans l'eau une matière colorante telle que l'un des nombreux rouges d'aniline qui existent et faisons passer de la laine ou de la soie dans cette solution; la couleur passera peu à peu du liquide sur la fibre qui en prendra la belle nuance rouge. On peut comparer le rôle joué ici par les fibres à celui du noir animal employé comme décolorant (v. p. 46). De même que ce charbon absorbe la couleur des liquides colorés, de même les fibres animales absorbent celle des matières tinctoriales, et la retiennent fortement, de sorte qu'elles présentent ensuite l'aspect d'une matière naturellement colorée.

Plongeons du coton dans cette solution de rouge d'aniline, nous verrons que la fibre végétale est dépourvue de la propriété de fixer la couleur. Car si nous lavons la laine ou la soie, ainsi teintes en rouge, elles conserveront leur couleur, tandis que le coton, soumis au même traitement, la perd aussitôt entièrement.

Mais il ne faut pas croire que la teinture des laines et des soies soit toujours aussi commode que celle que nous venons de décrire avec n'importe quelle couleur. Il faut, au contraire, employer assez souvent le détour, qui, jusqu'en 1884, constituait le seul moyen de teindre le coton et qui consiste à utiliser les mordants. Ce que nous allons expliquer maintenant nous fera comprendre plus aisément la nature de ces derniers.

Lorsque l'on ajoute à une solution de ferrocyanure de potassium une autre solution d'un sel de fer quelconque, on obtient un précipité d'un bleu superbe, bien connu sous le nom de bleu de Prusse.

Si nous voulons teindre un tissu avec cette couleur, le meilleur procédé sera de le plonger d'abord dans l'une, puis dans l'autre de ces solutions. Lorsqu'il se sera saturé de solution ferrique dans la première, et que nous le passerons dans la solution de ferrocyanure, le précipité bleu se formera dans les fibres, c'est-à-dire qu'il se trouvera à leur

intérieur. Comme il est absolument insoluble dans l'eau, aucune quantité de ce liquide ne pourra l'en enlever et par suite, il ne déteindra pas. Bref, nous aurons donc réellement teint le tissu par ce procédé.

L'emploi des mordants est basé sur le phénomène que nous venons de décrire. Si l'on veut s'en servir, il faut commencer par imprégner le tissu de l'un des liquides qui portent le nom de mordant. En général, ils sont incolores ou légèrement jaunâtres, mais ils contiennent en solution une substance qui pénètre dans la fibre et qui formera avec la matière colorante, ajoutée ensuite, un composé insoluble, à jamais fixé sur le tissu. Le mot mordant possède donc, en teinture, une signification un peu différente de celle qu'il a dans la langue courante. Il lui manque la qualité de causticité qu'il implique d'ordinaire; s'il la possédait aussi, il détruirait, ou affaiblirait tout au moins, les fibres, ce qui n'est nullement le cas dans l'emploi des mordants en teinture.

Comme mordant, on emploie beaucoup l'alumine par exemple, substance tout à fait incolore. Nous avons déjà vu à propos du tannage (v. p. 151) qu'elle était susceptible de former une combinaison avec les fibres animales; elle forme des combinaisons analogues avec les fibres textiles d'origine animale ou végétale si on les fait passer dans une solution convenablement choisie de cette substance.

Comme l'alun, sel double de sulfate de potasse et de sulfate d'alumine (v. p. 151), était jadis le seul sel d'alumine soluble dans l'eau qu'il fût facile d'obtenir, il a joué un rôle très important dans l'art du teinturier. Depuis des temps très anciens il a toujours été très facile à extraire de certaines couches de terrains existant par dépôts dans diverses contrées européennes. Le sulfate de potasse qu'il contient est absolument inutile à la teinturerie. Du reste, il y a déjà longtemps que la chimie a remplacé l'alun par des sels d'alumine solubles très variés et de bas prix. Ainsi donc si l'on a mordancé, c'est le terme technique, du coton dans une solution d'alumine, et qu'on le fasse passer ensuite dans le rouge d'aniline dissous, on obtient finalement un coton réellement teint en rouge, car la



couleur se trouve maintenant combinée à l'alumine à l'intérieur de la fibre, tout à fait comme ce que nous avons vu à propos du bleu de Prusse. On ne pourra plus, par conséquent, l'en enlever par le lavage à l'eau.

Les combinaisons entre mordants et matières colorantes ont reçu le nom de « laques colorantes ». Nous n'avons naturellement pas besoin de la fibre pour préparer cette laque. Si nous ajoutons directement la solution rouge d'aniline à celle d'un sel d'alumine approprié, nous l'obtenons sous forme d'un précipité rouge. Séchons cette laque et incorporons-la à un vernis (v. plus loin, p. 172), nous obtenons une couleur à peinture qu'on peut employer à enduire à volonté des surfaces quelconques.

L'alumine est une base; aussi, toute une série de bases peuvent-elles être employées comme elle en teinturerie. Tandis que dans le tannage elle reste la seule utilisable, ou à peu près (v. p. 152), il en est tout autrement ici. Nous voyons ainsi que ces deux autres bases déjà citées, les oxydes de fer et de chrome, jouent un rôle très important comme mordants. Ils ne sont pas les seuls, car un grand nombre d'autres oxydes sont également propres à fixer la matière colorante sur les étoffes. On emploie beaucoup l'oxyde d'étain, par exemple, sous forme de chlorure d'étain ou de « sel d'étain ».

L'étain, même aujourd'hui encore, n'est pas un métal très bon marché; autrefois c'était même un métal très précieux. Au temps d'Henry VIII d'Angleterre, sa valeur égalait encore celle de l'argent, de sorte que la poterie d'étain constituait une décoration de table tout aussi précieuse que l'argenterie. Lorsqu'on eut par hasard découvert en Hollande, vers 1640, que les étoffes mordancées aux sels d'étain donnaient, lorsqu'on les teint ensuite à la cochenille, un magnifique écarlate, ce sel commença à jouer un grand rôle en teinturerie, d'autant plus qu'on ne tarda pas à constater qu'il exerce également une influence avantageuse sur nombre d'autres matières colorantes. Bien que depuis une vingtaine d'années on ait trouvé, grâce aux couleurs d'aniline, le moyen d'obtenir des écarlates encore plus beaux que ceux fournis par la cochenille, le sel d'étain

n'en conserve pas moins toute son importance en teinturerie, parce qu'il constitue un fixateur très approprié pour les couleurs les plus diverses.

En outre des oxydes métalliques qui se précipitent sur les fibres et dont nous venons d'apprendre à connaître les principaux, le tanin joue également un grand rôle comme mordant. Il s'en trouve jusqu'à 50 p. 100 dans la noix de galle, sorte d'excroissance parasitaire qui se forme à la suite des piqûres de certains insectes sur l'écorce du chêne. Le tanin, aussi, forme directement des laques avec un grand nombre de matières colorantes, de sorte que l'on peut, avec son aide, teindre réellement les étoffes qu'il a servi à imprégner. Mieux encore, on peut varier les effets obtenus en faisant passer les tissus imprégnés au tanin dans des bains de sel d'alumine ou d'oxydes analogues. Il se forme alors sur la fibre une combinaison de tanin et d'alumine. Les tissus mordancés par ce double procédé fournissent avec une grande quantité de matières colorantes, des laques qui se composent de tanin, d'oxyde métallique et de matière colorante. On peut donc, grâce au tanin, obtenir les résultats les plus curieux dans la teinture des tissus.

Nous avons dit plus haut que jusqu'en 1884, il était impossible de teindre le coton sans mordant; mais quelque simple que cela paraisse en théorie, la teinture avec mordant exige une grande expérience.

Il est très difficile, notamment, d'obtenir sur le coton ce rouge universellement connu sous le nom de rouge turc. Cette manière de teindre est remarquable par le fait qu'il faut employer de l'huile pour la préparation du mordant *ad hoc*. Le tissu mordancé est ensuite passé dans un bain d'alizarine (nous reviendrons tout à l'heure sur cette matière colorante) pour y être teint. Ce procédé de teinture est connu en Orient depuis fort longtemps; mais il n'a reçu tout son développement qu'en Europe, et les cotonnades, teintées en Europe par ce procédé, ont à leur tour reconquis l'Orient qui en consomme de grandes quantités. Cette industrie trouva en 1884 un nouveau concurrent menaçant, le rouge Congo qui apparut à cette époque, et qui



constituait un grand progrès, puisqu'il teignait directement le coton. Si une femme indienne, par exemple, veut teindre elle-même un tissu en rouge à l'aide de ce produit, il lui suffit de dissoudre un peu de rouge Congo dans de l'eau et d'y plonger quelque temps le tissu, pour le retirer teint en rouge vif. Quoique cette couleur soit beaucoup moins fixe que le rouge turc, cet inconvénient n'a pas grande importance, car il suffit de renouveler l'immersion pour rendre à l'étoffe la nuance désirée. Les matières colorantes directes, c'est-à-dire teignant sans mordantage, ont reçu le nom de couleurs substantives. En conséquence, le rouge congo a été la première couleur substantive, bientôt suivie par une infinité d'autres, et des nuances les plus variées.

Il y a déjà quelque temps que certains corps appelés diazoïques, jouaient un grand rôle, comme produits intermédiaires de fabrication, dans cette branche de la chimie des dérivés du goudron. Ces corps ont une faculté de réaction peu commune, ils sont toujours prêts à former de nouvelles combinaisons. C'est ainsi, alors que dans certains laboratoires, on en était encore à étudier leur application pratique, que de nouvelles découvertes, faites ailleurs, les faisaient abandonner pour de nouveaux corps dont l'emploi constituait un progrès. En effet, on peut obtenir des corps qui contiennent deux fois le groupement diazoïque et qui, par suite, sont encore bien plus actifs que les diazoïques simples. Certains d'entre eux étaient déjà connus depuis longtemps dans le monde savant où on les avait utilisés à des travaux d'intérêt purement scientifique. Les recherches entreprises sur ces nouveaux corps (qui portent le nom de tétrazoïques) pour arriver à leur utilisation pratique firent découvrir des colorants directs pour les tissus de coton. Depuis 1898, on a également obtenu des matières colorantes contenant du soufre qui présentent les mêmes qualités; en outre, elles ne sont pas détruites par la lumière et elles sont absolument fixes, avantages qui faisaient défaut aux anciennes couleurs.

Nous ne pouvons pas, en l'absence de connaissances préliminaires suffisantes, pousser plus loin l'étude des couleurs



dérivées du goudron. Cette étude ne serait compréhensible et intéressante que pour les personnes possédant des connaissances chimiques très étendues. Remarquons pourtant que ces couleurs n'ont rien de commun avec l'idée qu'on s'en fait souvent dans le public. Le goudron, masse noire et visqueuse, ne fournit pas directement les couleurs. Il faut qu'il soit d'abord distillé, opération pour laquelle nous pouvons utiliser l'appareil à distiller le vin (v. p. 27). Ce fut le chimiste allemand Runge qui le fit pour la première fois, dans un but scientifique, en 1851. Ses travaux sont la base de l'industrie actuelle des couleurs d'aniline.

Si l'on chauffe le goudron dans un appareil à distiller, il distillera d'abord des liquides volatils limpides comme l'eau (1) et dont certains constituent les matières premières principales de l'industrie des matières colorantes (2). Ensuite, passent des liquides susceptibles de se solidifier par refroidissement (3), dont on extrait notamment le phénol, découvert aussi par Runge, la naphthaline et toute une série d'autres corps dont nous ne citerons que l'antracène, parce que nous aurons à en reparler plus tard. Le résidu (4) de la distillation lorsqu'elle est poussée suffisamment loin prend l'aspect du coke et sert de combustible (5).

Parmi les matières colorantes naturelles nous ne nous occuperons en détail que de l'indigo, ainsi que de la garance naturelle ou artificielle.

La couleur bleue, connue depuis les temps les plus re-

(1) REMARQUE. — Ce sont les huiles légères et les huiles.

(2) *La benzine et l'aniline.* La benzine, dont l'emploi comme détachant est connu de tous, est un carbure d'hydrogène (V. p. 24); c'est un solvant très puissant et très employé; elle dissout notamment le caoutchouc. Quant à l'aniline, on peut la considérer comme un composé dérivant à la fois de la benzine et de l'ammoniaque, ce qui explique ses propriétés basiques. C'est une huile incolore, d'odeur désagréable, brunissant à l'air et toxique. (Note du traducteur.)

(3) Huiles et huiles lourdes.

(4) Appelé brai et utilisé tel quel à la préparation des briquettes.

(5) On voit donc que rien n'est perdu dans la distillation du goudron.

culés et qui porte le nom d'indigo, c'est-à-dire couleur indienne, a toujours été retirée de la sève de diverses espèces de plantes apparentées entre elles. Cette sève elle-même est incolore, mais si on l'abandonne à l'air elle laisse déposer, peu à peu, par suite d'un phénomène d'oxydation, c'est-à-dire sous l'influence de l'oxygène atmosphérique, une matière colorante bleue, l'indigo. Ce n'est pas sans raison qu'on le dénommait le roi des corps tinctoriaux car son bleu superbe, véritable étalon de pureté, est d'une fixité telle, vis-à-vis de la lumière, de l'air, des acides, des alcalis, et des savonnages les plus énergiques, qu'on ne saurait en trouver de semblables parmi les autres matières colorantes.

Il existe dans l'Europe centrale une plante appelée pastel, dont le suc, après avoir séjourné à l'air, donne un peu d'indigo, mais beaucoup moins que les plantes indiennes dont nous avons parlé, environ 3 p. 100 seulement. Autrefois, lorsque les communications avec l'Orient étaient rares et difficiles, on se servait presque uniquement de cette plante indigène en teinturerie. Comme cette couleur bleue était très recherchée, la culture du pastel (ou guède) prit dans plusieurs contrées une certaine extension, ce qui leur valut une grande prospérité. Vers 1300, on voit cette culture très développée autour d'Erfurt (en Saxe). Les premiers bourgeois qui obtinrent le droit de cultiver cette plante s'appelaient gentilshommes guédiens, et, en 1600, plusieurs centaines de village s'en occupaient en Thuringe. Cette culture ne put résister à l'importation de l'indigo indien (dont le prix avait beaucoup baissé, bien que les souverains eussent frappé l'indigo exotique de droits de douane pour protéger la culture nationale). Les habitants de Nuremberg, alors ville libre, firent pendant longtemps prêter serment à leurs concitoyens de n'employer aucun indigo exotique. Il en était à cette époque pour le pastel comme il en est de nos jours pour les Agrariens (1) extrêmes qui voudraient prohiber l'importation du bétail et des cé-

(1) REMARQUE. — Les Agrariens forment un parti conservateur du parlement allemand. (Note du traducteur.)



réales étrangers. Dès que les communications avec l'Orient se furent améliorées, l'indigo indien prit la première place dans le monde entier. Mais cette suprématie touche à sa fin. En premier lieu, le goudron a fourni des bleus plus beaux et tout aussi fixes. En outre la préparation artificielle de l'indigo a été réalisé à la suite des travaux remarquables de von Bayer, en 1880. Cependant s'il avait fallu le fabriquer d'après cette méthode purement scientifique et bonne seulement pour des manipulations de laboratoire, sa préparation eût fourni un indigo artificiel beaucoup plus cher que le produit naturel. Dans la suite, on a découvert diverses autres méthodes d'obtention, et, depuis le mois d'octobre 1897, après un travail continu de dix-sept ans, l'indigo artificiel se trouve dans le commerce. Cette découverte aura pour effet d'obliger petit à petit les habitants du Bengale à se livrer à d'autres cultures. De 1899 à 1904, la surface de terrain plantée d'indigotiers a diminué des 55/100. Dès 1902, l'Allemagne exportait dans l'Inde même 21 000 kilos d'indigo artificiel. En 1904, le kilo en coûtait environ 9 fr. 80, tandis que les frais de fabrication s'élevaient environ à 7 fr. 35. Nous avons vu que les rapports plus aisés entre l'Europe et l'Inde avaient annihilé chez nous depuis trois siècles la culture du pastel. Les progrès accomplis depuis quarante ans dans le domaine de la chimie des couleurs ont rendu la culture des plantes tinctoriales similaires improductive dans le monde entier.

La plus connue de ces plantes est la garance, qui fournit la belle couleur rouge du même nom et au moyen de laquelle on pouvait préparer diverses autres teintures. On la cultivait dans le sud de l'Europe et au Nord, jusque dans le duché de Bade; mais surtout en Asie Mineure. Ce sont ses racines qui sont utilisées en teinture. En Orient, elle porte le nom d'alizari, dont on a dérivé le mot d'alizarine.

Dans cette racine se rencontrent toute une série de matières colorantes. En 1820, on commença leur identification; mais la difficulté des recherches fit abandonner ces investigations. En 1868, Græbe et Liebermann constatèrent que la principale des matières tinctoriales qu'elle contenait et qui s'appelle alizarine, était voisine de l'anthracène;



nous avons déjà eu l'occasion de citer cet hydrocarbure que l'on extrait du goudron.

On découvrit ensuite, qu'au point de vue chimique, l'alizarine est une dioxyanthraquinone et l'on arriva, grâce à ce résultat scientifique, à effectuer la synthèse de l'alizarine à partir de l'anthracène.

L'industrie s'attela immédiatement à la fabrication en grand de cette couleur. Mais les méthodes par lesquelles on l'obtenait convenaient peu à la fabrication industrielle et durent être remplacées par des procédés plus pratiques. C'est petit à petit, grâce à des recherches continues que l'on arriva à un procédé de fabrication de l'alizarine artificielle d'une perfection quasi-insurpassable. Par suite de la modicité du prix de revient, le produit naturel ne put soutenir la concurrence que lui faisait le produit artificiel et la culture de la garance a complètement disparu dans le monde entier.

Lors de l'apparition du nouveau procédé, on répéta un peu partout que par suite de la suppression de la culture de la garance, de vastes étendues de terrain allaient être rendues à la culture des céréales, ce qui préviendrait le danger de famine; c'est là une considération secondaire en présence d'un fait scientifique si important et nous ne pouvons pas la partager. Car, depuis la surproduction des céréales, on cherche partout de nouvelles cultures plus rémunératrices pour l'agriculteur. Voilà encore une preuve des modifications que le dernier demi-siècle a apportées dans l'acceptation de principes d'économie sociale que l'on croyait et devait croire jadis comme immuables.

Nous avons déjà dit que la garance naturelle peut donner toute une série de couleurs. On peut obtenir les mêmes résultats et à un plus haut degré encore, avec l'alizarine synthétique. L'aspect final de la couleur dépend des mordants employés. Avec l'alumine et l'étain on obtient un rouge superbe. Les sels de fer produisent des teintes violet foncé, tournant au noir si la proportion de fer est plus forte; le chrome, enfin, produit un rouge bordeaux.

Par ce moyen, on peut obtenir des effets surprenants. Si l'on imbibe une étoffe de coton, par exemple, par bandes

successives avec des mordants différents et qu'on la laisse sécher, ce tissu n'est pas coloré ou à peine. Plongeons-le maintenant et faisons-le chauffer peu de temps dans une solution aqueuse d'alizarine, pâte jaunâtre qu'on y introduit: ce tissu se couvrira bientôt de toute une gamme de nuances. Dans le commerce on livre l'alizarine, comme beaucoup d'autres matières colorantes, sous forme d'une pâte contenant une forte proportion d'eau, car l'alizarine sèche se dissout très mal dans ce liquide, ce qui serait fort gênant pour les teinturiers.

Il nous reste à parler d'un certain nombre de colorants que l'on tire de divers bois et qui constituent les extraits tinctoriaux modernes. Plusieurs arbres des tropiques, comme le bois de Campêche ou le bois de Pernambouc, fournissent, par extraction dans l'eau, des matières colorantes que l'on peut utiliser en teinture sur les étoffes mordancées. A cause des couleurs qu'ils donnent, on donne au premier le nom de « bluewood » (ou bois bleu) et de « redwood » (ou bois rouge). Pour éviter les frais de transport, on en prépare des extraits dans les ports, tel que cela se fait pour les matières tannantes citées page 151. Mais les couleurs d'aniline leur font une vive concurrence, qui arrivera avec le temps à en faire abandonner l'emploi.

En dehors de la garance, il existe d'autres colorants naturels tels que la cochenille, l'orseille et le curcuma que certaines couleurs tétrazoïques (v. p. 164) toutes aussi belles et solides ont déjà évincés.

L'Allemagne est à la tête de tous les pays fabriquant des couleurs d'aniline. Son exportation s'étend sur tous les pays du monde. En 1890, elle représentait une valeur de 42 456 000 francs et en 1894, elle était passée à 64 904 000 francs, en quatre ans ses exportations se sont donc élevées de près de 50 p. 100. Comme ces quatre années-là n'ont pas été très avantageuses pour l'industrie textile, il faut donc chercher la cause de l'accroissement de la vente des couleurs d'aniline, moins dans l'extension de la fabrication des tissus que dans la perfection des produits fournis par l'industrie chimique et qui déplacent continuellement les matières colorantes employées antérieurement.



Il y a plus de 400 couleurs dérivées du goudron employées en teinturerie et elles peuvent donner naissance à beaucoup d'autres encore, grâce aux divers mordants dont on dispose. Ce nombre ne paraît pas extraordinaire, si on le compare au nombre total énorme des couleurs de cette espèce que l'on a réussi à préparer. Cela fait penser que ce nombre de couleurs correspond à tous les desiderata des fabricants et que la recherche de nouvelles couleurs est superflue: il en est effectivement ainsi et les nouvelles couleurs que l'on découvre doivent, pour être adoptées, se distinguer des précédentes par leur solidité, leur bon teint et leur bon marché. Elles déplacent alors leurs aînées mais pas toujours complètement, car entre temps on a trouvé parfois pour les premières des emplois nouveaux, pour lesquels le nouveau colorant ne peut pas toujours être utilisé, par suite de ses propriétés différentes. On continue donc à fabriquer les anciennes couleurs pour ces emplois spéciaux.

Il nous reste à nous occuper des étoffes imprimés, c'est-à-dire portant des motifs ou dessins appliqués par impression.

A l'origine on dessinait le sujet sur l'étoffe même; puis on trouva la méthode des épargnes ou réserves, par laquelle on recouvre les endroits qui ne doivent pas être teints avec une composition imperméable à la solution colorante, composition généralement à base de cire et de résine: lors de son passage dans le bain de teinture, le tissu ainsi traité n'était pas teint partout et présentait un dessin blanc. Ensuite on eut recours à l'impression du dessin, que l'on gravait préalablement sur bois; puis on passait le bois sur un tissu imprégné pour le charger de couleur et on l'appliquait enfin sur l'étoffe à imprimer, exactement de la même manière dont nous nous servons habituellement des timbreurs munis d'adresses, généralement fabriqués en caoutchouc, que nous employons pour timbrer les papiers.

A présent, c'est à des machines à imprimer qu'on a recours; celles-ci ont atteint un haut degré de perfectionnement. Il y en a qui permettent d'imprimer simultanément et par une suite d'opérations automatiques une série de seize couleurs sur le même tissu.



## HUITIÈME CONFÉRENCE

---

Couleurs pour la peinture à l'huile. — Huile siccativ. — Huile de lin. — Vernis. — Laques. — Encres. — Cellulose. — Papier. — Collage du papier. — Papier de paille, d'alfa, de cellulose ou pâte de bois. — Cellulose à la soude et au bisulfite. — Brevets d'invention.

La fin de la conférence précédente, dans laquelle nous avons parlé de l'impression des tissus en couleurs, nous fournit une transition pour parler de la peinture. Pour obtenir la peinture ordinaire on mélange les couleurs toutes préparées avec de l'eau contenant de la colle et on l'applique sur les murs, par exemple. Ces couleurs dites à la détrempe, quoique très utiles parfois, laissent beaucoup à désirer, car on ne doit pas les mouiller, sous peine de les détériorer. Ce défaut s'oppose à leur emploi à l'air libre.

Dans la peinture à la détrempe, aussi bien que dans la peinture à l'huile, que nous allons traiter bientôt, on n'emploie presque pas de couleurs d'origine organique, au rebours de ce qui se passe dans la teinturerie (au point de vue de la constitution, les chimistes rangent les couleurs d'aniline parmi les corps appartenant à la chimie organique). Elles n'offrent pas une résistance suffisante à l'action destructive de la lumière et de la température auxquelles ces peintures sont si souvent exposées.

Pour préparer les peintures à l'huile, on emploie presque toujours des couleurs minérales inorganiques, dont l'excipient consiste en huile; celle-ci les colle en quelque sorte sur la surface enduite. Prenons une brique, par exemple et broyons-la finement; la poudre obtenue constituera une couleur presque inattaquable, mais dont l'as-

pect n'est pas assez beau pour qu'on l'emploie. Il exaste dans la nature un très grand nombre de matières colorées; certaines peuvent être employées directement; d'autres seulement après leur calcination ou par l'incorporation de diverses substances et la fusion du mélange. Dans ce cas on obtient des masses colorées que l'on transforme ultérieurement en couleurs par un procédé analogue à ceux précités. Depuis près de quatre siècles l'on sait que le verre par exemple, se colore en bleu quand on lui ajoute du cobalt pendant sa fabrication. Si on le pulvérise finement ensuite on obtient le smalt, couleur des plus stables comme vous le comprendrez sans peine. Le mot smalt dérive de « schmelze », mot allemand signifiant « masse fondue ». On se sert aussi beaucoup des précipités colorés insolubles que l'on obtient par le mélange de deux solutions aqueuses de divers sels métalliques. Par exemple, si l'on ajoute une solution de chromate de potasse à une solution d'acétate de plomb, on obtient du chromate de plomb, employé sous le nom de jaune de chrome.

Remarquons qu'on ne peut pas préparer les couleurs à l'huile avec n'importe quelle espèce d'huile. L'huile d'olive par exemple, donne une tache grasseuse qui ne sèche jamais; si on l'employait elle communiquerait ce défaut à la couleur ainsi préparée.

Au point de vue de leur emploi en peinture, les huiles se divisent en deux grandes classes, les huiles siccatives et les huiles non siccatives.

Les huiles non siccatives, comme l'huile d'olive, par exemple, sont constituées principalement (v. p. 21) par une combinaison d'acide oléique et de glycérine. Cet acide est le même que celui qui se trouve dans la graisse de bœuf. Les huiles siccatives renferment d'autres acides portant des noms tirés de ceux des substances dont ils dérivent. L'huile de lin, par exemple, qui est siccative renferme de l'acide linoléique. On obtient cette huile par expression des graines de lin. Nous savons déjà (v. p. 67) que les graines, et, en particulier, les semences du lin, sont très riches en huile: elles en fournissent 22 p. 100 à froid et 28 p. 100 à chaud.

Les deux espèces d'huiles, siccatives et non siccatives subissent des changements lorsqu'on les abandonne longtemps à l'air. Les huiles d'olive et les huiles similaires rancissent; les huiles siccatives au contraire, se transforment, surtout lorsqu'on les étale en couches minces, en une masse dure et transparente. Si l'on incorpore des couleurs à ces huiles siccatives, elles deviennent ainsi fortement adhérentes. Cette masse durcie est absolument sèche et ne suinte pas. Le rancissement des huiles non siccatives provient de leur décomposition partielle en acide gras libre et en glycérine. Les uns pensent que l'air humide suffit à provoquer cette transformation tandis que les autres la mettent sur le compte d'un bacille. Le durcissement des huiles siccatives est le résultat d'une oxydation due à l'oxygène de l'air. Ce dernier transforme l'acide linoléique et les corps semblables et les fait passer de l'état liquide à l'état solide.

Mentionnons ici qu'il existe certaines huiles, telles que celle de coton qui sont composées, partie d'acide siccatif et partie d'acide non siccatif, comme l'acide oléique proprement dit. Leur manière de se comporter, facile à comprendre maintenant, les a fait dénommer huiles séchant mal.

Il est intéressant de savoir aussi que les huiles siccatives sèchent beaucoup plus vite lorsqu'on amorce artificiellement leur oxydation, par exemple, en les faisant bouillir avec de l'oxyde de plomb, ou litharge, corps qui leur cède l'oxygène. L'huile de lin chauffée avec cette matière ou d'autres similaires, puis incorporée à la couleur broyée que l'on désire, constitue la couleur à l'huile la plus employée en peinture.

Avec de l'huile de lin dont l'oxydation a été ainsi amorcée, on peut sans y mélanger de couleurs, enduire des surfaces préalablement peintes à la détrempe. La couche d'huile sèche en formant une pellicule solide, transparente et vitreuse. Les objets traités de cette façon sont dits vernis. Mais le mot vernis est d'une acception assez étendue. D'une façon générale, on n'appelle pas seulement vernis l'huile de lin cuite, mais aussi certaines dissolutions de résine dans cette huile ou dans des liquides volatils. En



Allemagne, ces solutions portent le nom de laque. Pour les préparer on se sert par exemple d'une solution de gomme laque dans l'alcool. Leur principale qualité est de sécher très rapidement, car l'alcool se volatilise très vite au contact de l'air. En général, on préfère au vernis à l'alcool, les solutions de résine dans la térébenthine, dites vernis à l'essence. Avec celle-ci les résines employées adhèrent beaucoup plus fortement qu'avec les vernis à l'alcool.

On obtient des enduits plus durables encore que tous ceux-ci, en dissolvant l'ambre ou le copal dans de l'huile de lin cuite; ce sont alors de véritables vernis gras.

L'ambre ou succin est une résine fossile qui doit être fondue avant d'être employée. Le copal est une résine provenant de divers arbres des tropiques. On en retire même une faible quantité du sol dans l'Afrique occidentale. Les uns le tiennent alors pour fossile, les autres pensent qu'il a simplement coulé des racines de certaines plantes. Du reste, le mot résine s'applique à ces masses visqueuses se solidifiant elles-mêmes, qui se forment par l'abandon à l'air des sèves, sucs ou gommés d'arbres auxquels on a fait ou non, des incisions.

Nous avons à parler maintenant de ce liquide colorant, plus employé que tout autre, qu'est l'encre.

L'encre noire de nos pères, la meilleure après tout, est une combinaison de fer avec l'acide gallique (tanin extrait de la noix de galle) en suspension dans l'eau. On l'obtenait en versant dans un extrait aqueux de noix de galle (v. p. 163), une solution de sulfate de fer ou couperose verte. Afin de mieux maintenir en suspension le précipité noir intense obtenu et pour rendre l'encre, plus consistante, on y ajoute toujours un peu de gomme arabique dissoute. A présent on obtient un plus beau noir en mélangeant un peu de bois de Campêche bleu aux noix de galle au moment de faire l'extrait, et en ajoutant alors seulement la solution de fer et celle de gomme arabique.

De nos jours on a, grâce aux couleurs d'aniline solubles dans l'eau, beaucoup simplifié la fabrication de l'encre.

Pour faire, par exemple, l'encre noire, on dissout dans l'eau le noir d'aniline ou bien le noir d'induline; l'encre

rouge est une solution de fuchsine; l'éosine en fournit d'un plus beau rouge encore (de *eos*, mot grec, qui signifie aurore). L'encre violette, si répandue, est obtenue en dissolvant 1 partie de violet d'aniline dans 300 parties d'eau et en y ajoutant de la gomme arabeque, etc.

Les encres à copier se distinguent des encres ordinaires par leur teneur plus élevée en gomme et par l'addition de sucre. Elles doivent à ces deux derniers corps la propriété de laisser sur le papier un trait suffisamment épais pour que la presse puisse leur enlever une copie lisible.

Nous ne pouvons passer sous silence les encres sympathiques, bien qu'elles jouent un rôle beaucoup plus important dans la fiction que dans la réalité. Ecrivons sur du papier avec une solution de ferrocyanure de potasse. Une fois sèche, on n'apercevra plus rien, car cette solution est à peine colorée en jaune. Mais l'initié passe sur la surface du papier un pinceau trempé dans une solution diluée de chlorure de fer: immédiatement l'écriture apparaît en bleu, car le mélange des deux substances a formé ce bleu de Prusse que nous connaissons déjà (v. p. 160). En employant ce procédé et en choisissant convenablement les solutions, dont aucune ne doit être colorée, ou à peine seulement, on peut obtenir des précipités qui feront apparaître l'écriture en couleurs très variées.

Mais une véritable encre sympathique doit s'entourer de plus de mystère encore. Dans l'exemple que nous venons de donner, l'écriture une fois qu'elle a été « développée » reste définitivement visible. Pour mieux faire elle doit disparaître dès que le destinataire a lu la lettre ou l'écrit.

Cette dernière encre est constituée habituellement par une solution de chlorure de cobalt ou de cuivre. La solution du premier est à peine teintée et les caractères tracés à son aide sur du papier blanc sont complètement invisibles. Si l'on chauffe le papier sur lequel on a ainsi écrit, le chlorure de cobalt perd l'eau qui lui était combinée chimiquement et prend la teinte bleue foncée du chlorure de cobalt anhydre, de sorte que l'écriture devient parfaitement lisible. Par refroidissement, les lettres disparaissent de nouveau par ce que le sel, sous l'influence



de l'humidité de l'air, absorbe à nouveau de l'eau pour former le chlorure hydraté incolore.

Si l'on écrit avec une solution de chlorure de cuivre très faiblement colorée en bleu et que l'on chauffe ensuite le papier, on obtient un résultat analogue. Le chlorure de cuivre perd son eau et devient jaune brun; par refroidissement il récupère l'eau et redevient incolore.

Nous trouverons une encre tout à fait indélébile lorsque nous parlerons de la photographie.

Occupons-nous maintenant du papier. Dans les temps anciens on ne se servait pour écrire que de matières fournies par la nature telles que la pierre, le bois, les peaux, la cire. Les Egyptiens trouvèrent de très bonne heure le moyen de fabriquer le papier avec le papyrus. La hampe de cette plante était coupée en petites feuilles aussi minces et aussi larges que possible. On les disposait les unes à côté des autres, puis on plaçait une autre couche dessus, mais transversalement et le tout était mis sous une presse; les feuilles y séchaient et constituaient ainsi un feuillet compact. Puis on en polissait la surface pour la rendre aussi unie que possible avant d'y écrire.

En outre du papyrus, on utilisait aussi le parchemin (v. p. 154). Ces substances servirent jusqu'au début du moyen âge. C'est au huitième siècle de notre ère que l'on commença à fabriquer, avec des chiffons, la substance qui est devenue le papier que nous possédons. Parmi les plus anciens documents écrits sur papier, en Europe, qui nous soient parvenus, se trouvent des bulles papales datant du huitième et du neuvième siècle. Ce sont les Sarrazins d'Espagne qui semblent l'avoir apporté. Du reste, la minute d'un traité de paix entre la Castille et l'Aragon est le plus ancien document écrit sur papier que nous possédions.

Notre papier actuel, dont on emploie de bien plus grandes quantités pour imprimer que pour écrire se compose d'une mince couche de fibres végétales, fortement feutrées. Les fibres animales ne pourraient être utilisées dans ce but,



car elles fourniraient une matière beaucoup trop molle et rappelant les tissus.

Pour fabriquer le papier bon marché, on ne se sert jamais directement des fibres dans l'état où les plantes nous les livrent, mais on emploie les fibres végétales à l'état de chiffons lorsque l'usure les a rendus inutilisables comme toile ou cotonnade.

Toutes les fibres végétales se composent de cellulose, qui forme de courtes fibrilles, et de substances dites incrustantes, qui les font adhérer les unes aux autres. La cellulose pure est un hydrate de carbone (v. p. 70); elle se compose de 6 atomes de carbone, 10 atomes d'hydrogène et 5 atomes d'oxygène. Le nombre d'atomes y est par conséquent semblable à celui de l'amidon.

Primitivement, le papier se fabriquait de la manière suivante. On abandonnait à l'air pendant deux ou trois jours des chiffons humides qui commençaient à moisir. Cela avait comme effet de dissoudre suffisamment les substances incrustantes de la cellulose; lorsque les chiffons ainsi traités étaient ensuite pilonnés en présence de beaucoup d'eau, les fibrilles de la cellulose étaient mises à nu. La bouillie ainsi obtenue était recueillie sur un fin tamis, que l'ouvrier agitait latéralement. La majeure partie de l'eau s'écoulait au travers des trous du tamis et comme les fibrilles s'entremêlaient entre elles, il finissait par rester sur le tamis une mince couche feutrée. Un deuxième ouvrier la prenait et la mettait aussitôt sur un tissu épais et la recouvrait d'une autre. Lorsqu'il en avait entassé une pile suffisante, on mettait le tout sous presse pour en extraire le plus d'eau possible. On augmentait en même temps la solidité des diverses feuilles de papier. On les retirait ensuite d'entre les tissus et on les faisait sécher complètement.

Le papier fabriqué ainsi est spongieux comme du papier buvard. Il peut servir à l'impression ou à l'emballage, mais on ne saurait écrire à la surface car les fibrilles absorbent l'encre et l'étalent, ce qui brouille l'écriture. De plus, du papier pareil n'est pas très solide malgré le pressage. Afin de lui donner plus de solidité et de supprimer sa ca-

pillarité, c'est-à-dire sa propriété d'absorption, on l'encolle, expression qui détermine mal l'opération. En effet, si l'on se contentait d'ajouter de la colle à cette pâte de papier si riche en eau, elle ne tarderait pas à s'y dissoudre, puis à passer au travers du tamis. Il n'en resterait qu'une quantité minime sur le papier, ce qui serait insuffisant pour agir. Mais cet état de choses change, si l'on ajoute de l'alun à la colle. Nous avons déjà vu, à propos de la teinturerie et du tannage, l'action de l'alumine sur les fibres. Il se passe quelque chose d'analogue ici: la fibre retient l'alumine, qui à son tour, fixe la colle.

Lorsque la pâte à papier contenant ces deux substances viendra sur le tamis, l'eau s'écoulera comme précédemment mais la colle restera retenue dans les fibres grâce à l'alun, et lorsque l'on séchera cette pâte les fibrilles adhéreront et se collent entre elles. On pourra donc écrire sur ce papier parce que les fibrilles auront perdu leur capillarité; en outre, l'apprêt de colle insoluble rend le papier moins sensible aux effets du contact de l'eau.

La surface du papier préparé par ce procédé ne saurait jamais être fort unie; aussi tout papier à la main doit-il être ultérieurement lissé, pour obtenir une belle apparence. Dans ce but on fait passer la feuille encore humide entre deux surfaces polies ou bien on le satine, pour employer le mot technique, entre deux cylindres aussi polis que possible qui lui donnent une surface satinée.

On est arrivé à faire exécuter par des machines ce travail, jadis entièrement manuel. Autrefois, la plus grande feuille de papier ne pouvait dépasser les limites du tamis qu'un ouvrier peut manœuvrer. Aujourd'hui les machines livrent des feuilles de papier très large et d'une longueur indéfinie.

Pour transformer les chiffons en bouillie on ne les pile plus maintenant après les avoir laissé pourrir quelque temps. mais, pour débarrasser la cellulose des substances incrustantes, on fait bouillir les chiffons avec un alcalin énergique, tel que la lessive de soude, par exemple, dont nous aurons à reparler à propos de la fabrication du savon; on les fait arriver ensuite dans une cuve allongée où se meut un



cylindre muni de lames tranchantes. Le fond de la cuve est également muni de lames dirigées dans le sens opposé à celles du cylindre. Cet appareil porte le nom de pile défilleuse. Le cylindre est mû mécaniquement et les chiffons bouillis sont peu à peu découpés puis réduits par l'eau qui y coule en une pulpe liquide.

On blanchit celle-ci par le chlorure de chaux, en ayant soin de supprimer les effets nuisibles du décolorant au moyen de l'antichlore (v. p. 157). On passe ensuite à l'encollage, qui ne s'effectue plus guère à la colle proprement dite; on dissout pour cela une résine appropriée telle que la colophane, par l'ébullition dans une lessive de soude, ce qui en fait un savon liquide à base de résine et de soude, puis après l'avoir additionné d'alun, on ajoute cette solution à la pâte de papier. Ici aussi l'alumine de l'alun se trouve retenue par la cellulose; l'alumine à son tour fixe la résine, qui vient encoller et faire adhérer ensemble les fibres du papier, le rendant ainsi propre à l'écriture.

La pâte est enfin prête pour la fabrication du papier; on lui donne la fluidité nécessaire en y ajoutant une grande quantité d'eau, puis on la fait passer sur un tamis sans fin en fil de laiton très fin, qui se meut continuellement d'arrière en avant. Ce dernier forme un ensemble revenant perpétuellement sur lui-même, et que des cylindres moteurs maintiennent en mouvement. En outre, il est doué d'un mouvement oscillant latéral qui produit le feutrage des fibres. Si le filet de la toile métallique porte un dessin, ce dernier se communique alors au papier et apparaîtra sous forme de filigrane dans le produit fabriqué. La pâte, qui a perdu la majeure partie de l'eau qu'elle contenait sur le tamis, en est enlevée par une pièce de feutre en mouvement qui vient la saisir, puis un deuxième feutre, également en mouvement, vient se placer dessus, et l'ensemble passe entre un couple de cylindres compresseurs qui expriment l'eau en excès contenue dans la pâte. De là elle passe entre un système de cylindres à surface polie, et chauffés, où elle achève de sécher, tout en acquérant une surface absolument lisse. Les cylindres sont placés de telle sorte les uns au-dessus des autres que le papier se trouve



lissé des deux côtés à la fois. Le papier alors terminé, est enroulé automatiquement par la machine sous forme de grosses bobines (1).

Depuis bien longtemps déjà, les chiffons ne parviennent plus à fournir la matière première nécessaire pour fabriquer l'immense quantité de papier que l'on emploie. De nos jours, les nombreux journaux qui paraissent partout en consomment une énorme quantité. Un homme ne suffit pas à fournir par l'usure de ses vêtements la quantité de toile ou de coton qui serait nécessaire pour fabriquer la quantité de cellulose qu'il consomme sous forme de papier à écrire ou en journaux. Ceci nous explique qu'en 1780 déjà beaucoup de pays, en particulier la Prusse sous Frédéric le Grand, instituèrent des droits de douane sur l'exportation des chiffons, de façon à aider les fabriques de papier indigènes à se procurer leur matière première. Une semblable mesure empêche bien l'exportation des chiffons, mais elle ne peut en augmenter la quantité.

Les difficultés croissantes que l'on rencontrait pour se procurer une quantité suffisante de chiffons poussèrent à rechercher une substance qui pourrait les remplacer dans l'industrie du papier. Depuis cette époque, grâce aux sciences chimiques, on a réalisé de tels progrès que l'on peut trouver aujourd'hui de nombreuses papeteries où l'on n'emploie pas un seul chiffon. Autrefois, et même à présent encore, il existait dans le public certaines préventions contre le papier qui n'est pas fait avec des chiffons; cette prévention était jadis très justifiée, mais la fabrication de la cellulose, notamment celle provenant du bois, a fait de tels progrès qu'elle ne constitue plus, comme à l'origine, un succédané des chiffons : elle a bel et bien pris leur place.

L'expérience nous apprend que le lin avec lequel sont tissés les chiffons pris pour faire le papier, renferme de la

(1) REMARQUE. — La machine à papier que nous venons de décrire a été inventée en 1792, par un Français du nom de Louis Robert. Depuis, elle a subi beaucoup de perfectionnements de détails, mais on n'a rien changé aux dispositions principales. (Note du traducteur.)

cellulose dans sa tige. Nous pouvons en déduire que l'on trouve cette cellulose dans toutes les plantes. Nous avons déjà vu, à propos de l'amidon (v.p. 71), que si la composition chimique de la cellulose végétale est toujours la même, ses propriétés physiques peuvent être très différentes. La paille, par exemple, convenablement bouillie, fournit une cellulose propre à faire du papier. Une autre plante, l'alfa, qui pousse en abondance à l'état sauvage dans le nord de l'Afrique fournit aussi une excellente cellulose. Ces deux plantes, malgré tout, ne fournissent pas à l'industrie du papier une matière première aussi bonne que les chiffons de lin.

On ne peut s'empêcher de remarquer que chaque plante devenue adulte, c'est-à-dire chaque arbre, et conséquemment toute espèce de bois, renferme de la cellulose. On a essayé de fabriquer du papier avec le bois et on a obtenu des résultats qui seront difficiles à surpasser.

Ce sont précisément les essais faits pour remplacer les chiffons par le bois qui sont les plus anciens. Dès 1846 on fit des essais de ce genre dans le sud de l'Allemagne. Le procédé est simple : on réduit les bois en poudre en les plaçant sous une meule qui les broie, et qu'on maintient humide.

La bouillie qui en résulte présente une structure peu fibreuse, et elle ne se feutre pour ainsi dire pas.

Le plus, elle contient une grande quantité de la résine des arbres utilisés, ce qui rend difficile, impossible même, son parfait blanchiment. On ne peut guère l'employer que mélangée à de la pâte de chiffons dont elle augmente la masse, et qui, à son tour, en augmente la solidité grâce à ses fibres plus longues. On l'emploie bien plus pour augmenter le rendement de la pâte de chiffons que comme succédané de ces derniers. On a, du reste, employé beaucoup d'autres substances comme charge du papier, par exemple, le plâtre ainsi que d'autres matières blanches, qui par elles-mêmes ne possèdent aucune tendance à se feutrer. Elles augmentent la quantité de pâte en se plaçant entre les fibres, mais elles nuisent à la solidité du papier.

En outre du bois broyé, on se mit à employer la paille dont on faisait bouillir les tiges dans une lessive de soude



(v. confér. IX) pour en ramollir la texture. Une fois bien lavée à l'eau, la paille ainsi traitée pouvait être broyée dans la pile défileuse, tout comme la pâte de chiffons. La matière ainsi obtunue peut être blanchie au chlorure de chaux et peut être ajoutée en grande quantité à la véritable pâte à papier.

On traite de la même façon l'alfa pour en faire de la pâte à papier.

La cuisson de la paille, en présence de produits chimiques appropriés, ne présente pas de difficulté. Il n'en est pas de même pour la fabrication du papier avec la pâte de bois, lorsqu'on veut préparer celle-ci par cuisson au lieu de broyage. En effet on a affaire dans ce dernier cas à une substance beaucoup plus consistante. Pour y parvenir, on utilisa d'abord le procédé dit de la cellulose à la soude.

Il consiste essentiellement à chauffer le bois (on emploie principalement le bois de pin et de sapin) avec une lessive de soude sous haute pression. Les chaudières dont on se sert dans ce but — ou autoclaves — sont chauffées à feu nu. Le bois brut est préalablement coupé en disques perpendiculaires au tronc que l'on place dans des corbeilles en fil de fer sur lesquelles on verse de la lessive de soude. Il faut que la pression dans les chaudières atteigne 10 atmosphères pour qu'on arrive à une pénétration suffisante du bois. Pour supporter cette pression les tôles dont ces chaudières sont construites, sont rivetées à trois rangs de rivets au lieu de l'unique rang des chaudières ordinaires.

Lorsqu'on retire les morceaux de bois, après cette cuisson, ils ont acquis une teinte brun sombre et toutes les substances incrustantes sont devenues solubles dans l'eau. Que l'on vienne maintenant à plonger ces morceaux de bois dans une quantité d'eau suffisante où on les soumet au pilonnage ou à quelque autre moyen de concassage analogue, il ne restera plus sur le tamis que de la cellulose. Toutes les matières qui l'incrustaient ont été dissoutes et entraînées par l'eau. La cellulose obtenue de cette façon porte le nom de cellulose à la soude. Elle est constituée par des fibres assez longues que l'on peut blanchir facilement et



qui mélangées à d'autres substances, donneront les diverses sortes de papier.

Depuis 1884 cette fabrication est fortement concurrencée par la cellulose au bisulfite qui tend à supplanter presque entièrement la première. Il est facile de concevoir qu'en outre des lessives de soude, il doit exister d'autres matières capables de dissoudre les matières incrustantes sans attaquer la cellulose. On en connaît un certain nombre découvertes dans la suite du temps. Une seule est utilisée dans la pratique, c'est le bisulfite ou sulfite acide de chaux.

La terminologie chimique désignant sous le nom de sulfites les sels de l'acide sulfureux, on a donné à la cellulose préparée par ce nouveau procédé le nom de cellulose au bisulfite, pour la distinguer de la cellulose à la soude précédemment décrite. C'est Mitscherlich qui le premier a rendu ce procédé utilisable dans la pratique; mais beaucoup d'autres avant lui avaient fait des essais infructueux. Il existe même depuis 1866 un brevet anglais qui décrit à peu près complètement ce procédé, mais par à peu près seulement et nous ne croyons pas qu'on ait jamais pu fabriquer même un unique kilo de cellulose d'après le procédé décrit.

Cependant, en Allemagne, on ne peut prendre un brevet pour une invention déjà décrite, même d'une manière approximative, ailleurs et auparavant, si elle ne date pas de cinquante ans. Cette restriction contrariait beaucoup l'inventeur allemand dans l'obtention de son brevet. Or, nous savons, pour l'avoir appris à propos de la tannerie, que presque tous les bois renferment des matières tannantes. Lorsque le bois est transformé en cellulose par la cuisson tous les corps incrustants sont mis en liberté et dissouts, y compris les tanins, qui passent dans le liquide où l'on a cuit le bois, à la manière d'un extrait tannant. Aussi l'inventeur allemand prit-il un brevet où il revendiquait la préparation d'un extrait tannant obtenu par la cuisson du bois avec du bisulfite de chaux, au cours de laquelle on obtenait simultanément de la cellulose; mais l'objet réel de ce brevet était bien la préparation de cette dernière.

Mais d'abord qu'est-ce donc que du bisulfite de chaux? Lorsqu'on enflamme du soufre, il brûle en produisant

comme chacun sait, une odeur des plus fortes, et il disparaît en même temps. De même que le carbone disparaît en brûlant parce qu'il se combine avec l'oxygène de l'air pour former de l'acide carbonique, gaz incolore et invisible, de même le soufre disparaît en se combinant avec l'oxygène parce qu'il se forme de l'acide sulfureux, gaz également incolore. D'autre part, nous savons déjà que les bases se combinent aux acides pour former des sels (v. p. 53). Faisons passer un courant d'acide sulfureux, produit par la combustion de soufre brûlant dans un four, dans une sorte de cheminée remplie de chaux humide, l'acide sulfureux ne s'échappera pas dans l'atmosphère mais s'unira à la chaux, qui est une base, pour former du sulfite de chaux.

Il se produit naturellement une abondante accumulation de gaz sulfureux au pied de la cheminée; comme ce gaz est très soluble, il se dissout dans l'eau qui ruisselle lentement sur la pierre de chaux; et le sulfite de chaux formé se dissoudra à son tour dans ce liquide très acide en formant du sulfite acide ou bisulfite de chaux (1).

La préparation du bisulfite de chaux, au moyen de tours remplies de chaux, pour employer le nom qui lui fut donnée, a été brevetée aussi, car personne n'avait encore obtenu de cette manière ce composé que la chimie connaît depuis longtemps. Le procédé de fabrication était nouveau. Le bisulfite de chaux se rassemble finalement sous forme d'une solution aqueuse, à la base de la tour, sur l'un des côtés de laquelle on fait entrer le gaz sulfureux qui s'échappe du four où brûle le soufre.

Cette solution a la propriété d'attaquer très fortement la plupart des métaux. Celui qui lui résiste le mieux et qui est aussi d'un emploi facile et peu coûteux est le plomb.

(1) REMARQUE. — En français, les sels acides sont désignés par le préfixe *bi*; par exemple, bicarbonate, bichromate, etc., cela ne voudra donc pas dire que le sel est deux fois plus énergique que le sel simple comme on le croit dans le public, mais qu'il est acide; c'est-à-dire qu'il contient une molécule d'hydrogène à la place d'une seconde molécule de métal. Exemple :  $\text{CO}^2\text{Na}^2$  carbonate de soude;  $\text{CO}^2\text{NaH}$ , bicarbonate de soude. (Note du tra-ducteur.)



Aussi les récipients de plomb, ou recouverts d'un revêtement (chemise) de ce métal trouvent-ils de nombreuses applications dans les industries chimiques.

Pour être transformé en cellulose par la solution sulfureuse, le bois doit être chauffé avec elle sous pression. Mais le plomb ne permet pas de construire des chaudières à l'épreuve des fortes pressions, parce qu'il est trop mou. On y arrive en recouvrant l'intérieur d'une chaudière en tôle avec des plaques de plomb lutées sur la tôle au moyen d'une résine. En outre, le plomb est recouvert d'un revêtement en pierres inattaquables aux acides, dont les jointures ne se correspondent pas. Ce manteau protecteur empêche que les plaques de tôle soient rongées par l'acide. Depuis on a reconnu qu'on pouvait se passer du plomb et l'on emploie uniquement la pierre lutée avec un ciment approprié.

Pour chauffer la chaudière on se sert de faisceaux de tubes en plomb qui se trouvent à l'intérieur et dans lesquels on fait passer de la vapeur développée dans un générateur voisin. Cette quantité de tubes en plomb était rendue nécessaire par suite de la facilité avec laquelle le plomb se déchire quand on le soumet à de fortes pressions. On se servit ensuite de tuyaux en fer recouverts de plomb. Il paraît que les fabricants de tuyaux de plomb, ont dernièrement réussi à fabriquer des tubes résistants à la pression et qu'on peut utiliser sans chemise de tôle. Si l'on tient compte de l'espace que doivent occuper les organes de chauffe dans les chaudières, ainsi que du fait que la cuisson nécessaire à l'obtention de la cellulose au bisulfite doit durer soixante-douze heures, on aura facilement quelque idée de l'énorme dimension que ces chaudières doivent posséder en vue d'obtenir un rendement suffisant de produit. Et, en effet, elles sont parfois si spacieuses que l'on peut y faire entrer une voiture attelée.

Contrairement à ce qui se passe avec la lessive de soude, le bois traité par le bisulfite de chaux fournit un produit beaucoup plus blanc au sortir de la chaudière : nous savons du reste que l'acide sulfureux constitue un décolorant de premier ordre (v. p. 158); il est donc facile de blanchir parfait-



tement la cellulose au bisulfite. Ce sont les sapins blancs qui fournissent le meilleur produit; la rivière Main forme en Allemagne la limite septentrionale de la culture de cette espèce. Les bois d'arbres âgés de quinze ans sont les plus avantageux, leur emploi intensif a fait qu'on en est très dépourvu dans l'Allemagne du Sud et en Suisse, chose avec laquelle l'administration forestière doit compter. Dans les régions septentrionales, nord de l'Allemagne et Norvège, on se sert du bois de pin.

La cellulose au bisulfite ne tarda pas à faire une sérieuse concurrence à la soude. Les fabricants de celle-ci essayèrent par tous les moyens de faire annuler le brevet, en rappelant le brevet anglais antérieur et en démontrant que le nouveau brevet ne servait pas du tout à fabriquer le produit annoncé, car on ne vendit jamais dans le commerce des extraits tannants préparés au bisulfite de chaux. Ils y réussirent et le brevet fut annulé jusqu'à ce qu'on eût breveté la fabrication du bisulfite dans les tours, qui, elle, constituait un procédé réellement nouveau, et fut dûment brevetée. Les fabriques de cellulose au bisulfite restèrent donc sous la dépendance de l'inventeur, car sans les tours elles ne pouvaient se procurer le sel qui leur était nécessaire. Plus tard, on inventa d'autres procédés plus pratiques et meilleur marché.

Toutes les querelles qui se livrèrent autour de ces brevets vers 1880 ne présentent plus d'intérêt pour nous maintenant. En effet les brevets ne conservent leur valeur que pendant quinze ans, et ce brevet pris en 1878 expira en 1893. Depuis, la cellulose au bisulfite a si bien remplacé la cellulose à la soude que la plupart des fabriques utilisant le premier procédé se sont transformées pour appliquer le second. Du reste la qualité de la cellulose au bisulfite est bien supérieure à celle du produit à la soude et elle commence même à détrôner les chiffons dans la fabrication du papier. Ceux-ci, qu'ils soient de lin ou de coton sont abandonnés davantage de jour en jour et deviennent de plus en plus malaisés à vendre.

Comme conclusion nous citerons encore ce qui suit à propos de l'excellence de la cellulose au bisulfite. Vers

1890, des essais furent tentés en vue d'obtenir par une manipulation très prudente commençant dès le coupage du bois, une cellulose à fibres si longues qu'on pourrait la filer concurremment avec le coton ou même remplacer ce dernier dans une certaine mesure. Malgré des recherches prolongées des années durant, on n'arriva pas directement à ce but; mais on l'atteignit par une voie détournée. Au lieu de faire passer la pâte de cellulose entre des cylindres unis on la fait passer entre des cylindres finement cannelés. Au lieu d'obtenir une feuille de papier, on obtient de minces bandelettes que l'on tord sur elles-mêmes pour en former des fils par une sorte de filage. On peut tisser ces fils de cellulose en trame sur une chaîne composée en fils de coton. On arrive ainsi à fabriquer un tissu contenant 70 p. 100 de papier! Ce tissu a reçu le nom de silvaline du mot latin *silva*, forêt. Sa solidité est très grande. En 1903 on fit faire à des sacs en silvaline remplis de denrées le tour du monde et ils revinrent sans être endommagés. Il semble bien que le fil de silvaline deviendra un concurrent assez sérieux pour le jute.

Lorsque l'on considère les débouchés nouveaux que la chimie a créés au bois, on ne s'étonne plus de la hausse qu'atteint son prix. On s'explique également pourquoi les bois de charpente sont de plus en plus remplacés par les poutres en fer, dans la construction des bâtiments et l'on s' imagine sans peine que cette substance, presque la seule employée au chauffage il y a soixante ans, doive en disparaître bientôt complètement.

## NEUVIÈME CONFÉRENCE

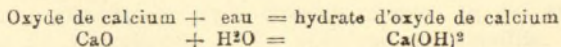
---

Chaux calcinée. — Potasse. — Soude Leblanc. — Acide sulfurique. — Sel de Glauber. — Acide nitrique. — Chlorure de chaux. — Soude en cristaux. — Soude à l'ammoniaque. — Potasse artificielle. — Potasse de mélasse. — Potasse des suints. — Savon. — Potasse caustique. — Soude caustique. — Savon mou. — Savons fraudés. — Savon à la résine. — Eaux douces et eaux dures. — Emplâtres.

La fabrication des savons dont nous allons nous occuper tout à l'heure résulte de l'action des alcalis caustiques sur les graisses. Avant donc de parler de la fabrication des savons, nous devons étudier les alcalis caustiques. Leur obtention dépend directement de celle des carbonates alcalins et nous ne pouvons les étudier qu'en parlant également de ceux-ci. Le seul des alcalis caustiques connus dans l'antiquité était la chaux vive (1). C'est une pratique vieille comme le monde que de calciner la pierre à chaux dans des fours *ad hoc*. Cette chaux calcinée a toujours servi à la fabrication du mortier sur laquelle nous reviendrons.

Si l'on chauffe fortement dans un four de la pierre à chaux, pierre dont il existe dans la nature d'immenses quan-

(1) REMARQUE. — La chaux est l'oxyde d'un métal, le calcium, et l'oxyde de calcium possède la propriété de se combiner chimiquement avec l'eau. Il se dégage, pendant cette combinaison, une grande quantité de chaleur, parce que l'oxyde de calcium se transforme en hydrate d'oxyde de calcium, ou chaux éteinte.





tités et dont les variétés les plus pures sont le marbre, le spath et la craie, elle change complètement de constitution quand elle a été portée au rouge vif. Sous l'influence de la haute chaleur, l'acide carbonique se dégage à l'état gazeux et la chaux reste seule. La pierre à chaux naturelle fournit d'excellents matériaux de construction, car les intempéries et la température n'ont presque aucune action sur elle. Au contraire, si elle subit le contact de l'eau après avoir été calcinée elle se délite et « s'éteint » comme on dit. Pendant que la chaux s'éteint, il se dégage une très grande quantité de chaleur due à l'extrême affinité réciproque de la chaux et de l'eau, et cette chaleur est suffisante pour former un épais nuage de vapeur d'eau. Comme on a versé, en somme de l'eau froide sur un corps froid et qu'il se dégage néanmoins tant de chaleur, cette réaction présente quelque chose de mystérieux aux yeux des profanes. La chaux ainsi éteinte possède des propriétés caustiques très énergiques qui ont fait appeler la chaux calcinée chaux vive ou caustique. Comme ce corps s'unit aux acides pour former des sels, tels que le phosphate de chaux déjà vu à propos des engrais, il constitue une base, un alcali, au point de vue chimique (v. p. 53).

Quoiqu'elle se combine avec une partie de l'eau que l'on verse dessus en formant une sorte de bouillie, la chaux est à peine soluble dans l'eau : du reste combinaison avec l'eau ou solubilité dans ce corps sont deux choses absolument indépendantes l'une de l'autre. « C'est à son aide que les savonniers du moyen âge savaient déjà préparer l'alcali facilement soluble dans l'eau dont ils avaient besoin pour la fabrication du savon. » Ce dernier corps porte toujours le nom de potasse caustique et se prépare avec de la potasse ordinaire et à l'aide de la chaux vive. Nous reviendrons sur le procédé employé dans ce but, lorsque nous nous serons clairement rendu compte de la nature de la potasse.

Nous savons que tous les végétaux terrestres ont besoin de sels potassiques pour subsister. Aussi tout bois en contient-il et les retrouve-t-on dans sa cendre lorsqu'on le brûle (v. aussi p. 49). Ils y sont généralement contenus sous forme de carbonate de potasse, sel des plus solubles dans

l'eau. Si l'on chauffe à l'ébullition la cendre de bois dans de l'eau contenue dans des pots de terre, on obtient une solution de ces sels potassiques. Décantons la solution pour la séparer des résidus insolubles et évaporons-la à sec, nous obtiendrons la potasse ou cendre de pot dont le nom dérive du bas allemand.

Cette potasse présentait jadis des emplois très nombreux. Elle était et est encore utilisée à la fabrication du savon, du verre et dans la teinturerie. La diminution des forêts et par conséquent la rareté du bois de chauffage et de la cendre devait la rendre de plus en plus rare. Cette disparition se fit d'abord sentir surtout en France. Aussi en 1775, l'Académie de Paris attribua-t-elle un prix de 2500 livres à celui qui découvrirait la meilleure méthode pour transformer le sel de cuisine, ou sel marin, en soude. Cette dernière peut, dans la plupart des cas, remplacer la potasse.

La potasse est du carbonate de potassium, comme nous l'avons déjà appris. La soude est du carbonate de sodium. Au moment où l'Académie proposa son prix, on ne connaissait guère comme matière première pour les composés du potassium que la potasse. Les sels potassiques de Stassfurt (v. p. 50) ne furent découverts que dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle. Il était donc jadis impossible de préparer la potasse artificielle en partant d'autres combinaisons du potassium. A cette époque également on ne possédait qu'une seule matière première, très insuffisante, pour la préparation de la soude; on la trouvait dans les cendres obtenues en brûlant certaines plantes marines. Le nord de l'Espagne la fournissait sous le nom de barrilla. Les plantes marines renferment des sels de soude, de telle sorte que la calcination de leurs cendres donne du carbonate de sodium, c'est-à-dire la soude, au lieu de carbonate de potassium ou potasse. La barrilla était une matière première très médiocre. Les cendres ne contenaient souvent que 5 p. 100 de soude, tout le reste n'étant qu'impuretés. Pourtant on l'employait dans l'industrie, tant était grand le besoin, la « disette » de ce produit.

La soude est comme nous l'avons dit du carbonate de sodium. Il existe dans le monde un réservoir immense, iné-



puisable, pour la préparation des composés sodiques, c'est le sel marin (ou de cuisine) qui est du chlorure de sodium. Aussi, comme à cette époque la fabrication de la potasse artificielle était impossible pour les raisons indiquées plus haut, on fonda un prix destiné à celui qui trouverait le moyen de transformer le sel marin en soude. Les chiffres suivants donneront une idée de la valeur de cette substance. En 1814, 1 000 kilos de cristaux de soude coûtaient 1 464 francs. En 1824, 732 francs; il y a dix ans, 73 francs, pris à la fabrique; depuis ce prix est remonté au double. Les prix du début montrent quel gain on pouvait retirer de la fabrication de ce produit.

C'est *Nicolas Leblanc* qui trouva le procédé de fabrication que beaucoup de personnes avaient cherché en vain. En 1791, il le fit breveter et on l'emploie encore actuellement en plusieurs endroits. Sa méthode est, comme nous le verrons, extrêmement compliquée. Elle exigeait pour sa mise en pratique, non seulement des connaissances chimiques des plus étendues mais une très grande habileté technique, pour la réalisation industrielle des perfectionnements trouvés dans le laboratoire et pour l'organisation des nombreuses industries dérivées qui en dérivèrent dans la suite. On peut donc dire qu'elle n'est pas seulement la base, ce serait insuffisant, mais la maîtresse d'école de la grande industrie chimique actuelle (1).

Le procédé de Leblanc consiste, dans ses grandes lignes, dans les transformations suivantes : Le sel marin ou chlorure de sodium, est chauffé avec de l'acide sulfurique et

(1) REMARQUE. — Les chimistes, qui rendirent les premiers possible l'exécution des procédés et des réactions parfois fort compliqués de la fabrication actuelle des couleurs d'aniline, des fébrifuges comme l'antipyrine, des parfums artificiels comme la vanilline, soit encore la violette synthétique, provenaient de l'industrie soudeuse, ou bien profitaient du moins de ses résultats et de l'expérience qu'elle avait créée. Les progrès de ces industries toutes modernes ont, il est vrai, dépassé tout ce qui existait jusque-là, et à un point que l'imagination la plus audacieuse n'aurait jamais rêvé. L'industrie chimique allemande l'emporte sur celle de tous les autres pays. Nous en donnons les raisons dans la douzième conférence.



transformé en sulfate de soude; ce dernier à son tour est fondu avec un mélange de craie et de charbon (la craie est comme nous le savons, du carbonate de chaux). Si l'on dissout dans l'eau le produit de fusion, elle en extrait la soude, qui est du carbonate de sodium; ce dernier provient du sel marin, et l'acide carbonique, de la craie. On évapore la solution et le sel, en cristallisant, forme les cristaux de soude bien connus qu'on trouve dans le commerce.

Pour obtenir la soude à partir du sel marin, par le procédé Leblanc, il faut donc le transformer d'abord en sulfate. Ce dernier sel est également appelé sel de Glauber, du nom de celui qui le découvrit en 1645. Pour cela il faut naturellement disposer d'une fabrique d'acide sulfurique, que l'on trouve généralement annexée aux soudières et la fabrication de cet acide s'est développée simultanément avec celle de la soude.

Lorsque l'on brûle du soufre, il se produit de l'acide sulfureux gazeux (v. p. 184). L'acide sulfureux, pour se transformer en acide sulfurique doit absorber un atome d'oxygène en plus.

Acide sulfureux + oxygène de l'air = acide sulfurique.

L'acide sulfureux ne peut pas fixer directement cet atome d'oxygène en le tirant de l'air. Mais il le fait facilement en présence d'acide azotique. L'expérience a enseigné que cette réaction se fait le mieux dans de grandes chambres qui, pour résister à l'acide, sont entièrement construites en plomb (v. p. 185). Dans ces chambres, l'acide azotique oxyde l'acide sulfureux et le transforme en acide sulfurique, en perdant de l'oxygène. On fait arriver, en outre, dans ces chambres un courant de vapeur d'eau et d'air, de sorte que les produits nitreux formés par l'acide azotique régénèrent cet acide spontanément.

Abstraction faite des pertes de fabrication inévitables, il n'y a pas de perte d'acide azotique, à proprement parler, puisqu'il ne sert que de moyen de transport de l'oxygène atmosphérique pour sa fixation sur l'acide sulfureux. L'acide

sulfurique produit s'accumule sous forme de liquide sur le fond des chambres de plomb.

Il résulte de ce qui précède que la fabrication de l'acide sulfurique exige en outre celle de l'acide azotique. Ce dernier porte dans le langage courant le nom d'eau forte. Ce nom lui vient de ce qu'il dissout les métaux précieux; on l'emploie par exemple pour séparer l'or de l'argent, car il dissout ce dernier mais non pas l'or. On le prépare en traitant le salpêtre par l'acide sulfurique. On emploie le salpêtre du Chili ou azotate de soude à cause de son bon marché (v. p. 55). Ces deux corps, en réagissant l'un sur l'autre produisent de l'acide azotique qui distille, il reste dans la cornue du sulfate de soude sous forme de sel acide ou bisulfate, par suite d'une réaction dont l'étude nous entraînerait trop loin.

Jusqu'en 1838, l'acide sulfurique fut obtenu directement à partir du soufre, à l'aide de la méthode décrite plus haut. Mais les choses changèrent à cette époque. En Europe, le soufre n'existe en grandes quantités qu'en Sicile. Le roi de Naples, alors régnant, transforma l'extraction du soufre en monopole et vendit ce monopole à une maison de Marseille. Celle-ci éleva aussitôt le prix du soufre de 122 fr. à 342 fr. la tonne. Les fabriques d'acide sulfurique dont il y avait un grand nombre en Angleterre se plaignirent vivement de cet état de choses à leur gouvernement et l'on fut à deux doigts d'avoir une guerre du soufre. Devant ces menaces, le monopole fut aboli. Entre temps, la nécessité avait rendu ingénieux. Si le soufre libre n'existe qu'en petites quantités en Europe, il ne manque pas de gisements du minerai sulfureux, tel que le sulfure de fer auquel les minéralogistes donnent le nom de pyrite et qui se trouve en abondance dans certains pays.

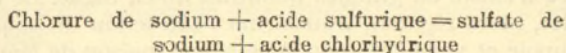
Si l'on grille ces pyrites dans un four, elles abandonnent leur contenu en soufre, environ 48 p. 100. L'acide sulfureux provenant de cette combustion est amené dans des chambres de plomb où il se transforme en acide sulfurique. Le fer est devenu de l'oxyde de fer et peut-être ensuite ramené à l'état métallique. Il existe aussi, en Espagne surtout, des pyrites de cuivre. Ce sont celles que les fabricants d'acide sulfu-



rique préfèrent parce que l'extraction du cuivre des résidus du grillage est très rémunératrice. Nous voyons ainsi plusieurs des industries dérivées de l'industrie de la soude.

L'acide sulfurique est un des corps que l'industrie chimique fabrique sur la plus grande échelle. En outre de celui qu'emploie l'industrie soudière il suffit de penser aux vastes quantités que l'agriculture en utilise chaque année pour la transformation de la phosphorite en engrais et à quelle autre quantité en est utilisée sous forme de sulfate d'ammoniaque, également comme engrais (v. p. 54). A elle seule l'Allemagne en a produit, en 1898, 664 865 tonnes c'est-à-dire environ la charge de 185 wagons par jour. La valeur de cette production représente environ 22 millions de francs.

Si l'on fait agir l'acide sulfurique sur le sel marin ou chlorure de sodium, pour obtenir le sulfate nécessaire à la fabrication de la soude Leblanc, il se produit de l'acide chlorhydrique :



L'acide chlorhydrique est un gaz, tout comme l'acide sulfureux ou l'ammoniac. Il est, comme eux, très soluble dans l'eau. L'acide du commerce est une solution qui en contient environ 33 p. 100; c'est un liquide fumant légèrement à l'air. Cette propriété vient de ce fait que l'acide chlorhydrique, en s'évaporant, forme un nuage en se combinant avec la vapeur d'eau contenue dans l'air.

L'acide chlorhydrique constituait un sous-produit des

(1) REMARQUE. — Remarquons en passant que les reproches faits aux fabriques de soude au sujet de la grande quantité d'acide chlorhydrique qu'elles laissent s'échapper dans l'air s'appliquent également à toutes les grandes industries brûlant de grandes quantités de charbon, à cause de la masse d'acide sulfureux qui s'échappe dans l'air, entre autres produits de la combustion de la houille. Sous ce rapport-là, même l'installation de chaufferies sans fumées ne change rien. Nous savons que tout charbon de terre contient du soufre dont il parvient même une petite quan-



plus gênants pour l'industrie soudeière à ses débuts. On ne connaissait aucune façon de l'employer en grand, aussi le laissait-on s'échapper de la cheminée avec les gaz du foyer. Malheureusement il détruisait toute la végétation aux environs des fabriques, ce qui suscita des plaintes très vives. Après l'installation d'une fabrique d'acide sulfurique dans l'un des faubourgs de Bruxelles, les outils en métal de tous les ouvriers du voisinage furent très rapidement émoussés par suite des émanations acides répandues dans l'atmosphère. Aussi une fabrique construisit-elle dans le but d'éloigner les gaz, une cheminée de 150 mètres, plus du double de hauteur de celle des tours de Notre-Dame. Mais au lieu de se mélanger à l'air environnant à cette hauteur, lorsque le temps était humide surtout, l'acide chlorhydrique retombait en nuages épais. Pour éviter les plaintes continuelles aux-

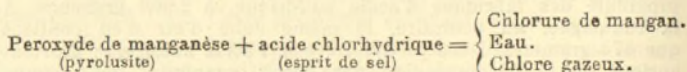
tité dans nos habitations avec le gaz d'éclairage (v. p. 32). Il est impossible de se débarrasser par la combustion de la suie de l'acide sulfureux qui arrive dans l'air par les cheminées avec les autres produits de la combustion de la houille. Et l'acide sulfureux, une fois répandu dans l'air, se transforme assez rapidement en acide sulfurique, comme l'a prouvé l'expérience.

Des recherches officielles ont prouvé qu'à Londres, par exemple, 1 million de mètres cubes d'air contiennent 1 670 grammes d'acide sulfurique. A Manchester, cette quantité s'élève à 2 185, et à proximité des fabriques d'acide sulfurique, à 2 668 grammes. A la campagne, au contraire, le même cube d'air n'en contient que 474 grammes. Dans ce dernier cas, l'acide sulfurique provient surtout de la décomposition des corps organiques qui, comme l'albumine, contiennent du soufre (v. p. 65). Si nous faisons l'évaluation du chiffre obtenu à Londres en le réduisant au contenu d'une chambre de 6 mètres de long, 5 mètres de large et 4 de haut, nous voyons que la teneur en acide de cet espace relativement grand ne comporte que deux dixièmes de gramme. La teneur de l'air en acides sulfureux et sulfurique est rendue surtout nuisible par la pluie qui les précipite sur les feuilles, ce qui altère leur croissance normale. Il n'y a pas bien longtemps qu'il y eut à nouveau un grand procès entre une aciérie de la Haute-Silésie et le propriétaire d'un bois situé dans les environs, qui réclamait des dommages-intérêts comme compensation pour les dommages qu'avaient causés à sa propriété forestière les émanations sulfureuses provenant des cheminées de cette forge.

quelles cela donnait lieu, on établit des fabriques dans les petites îles inhabitées de la Manche.

On en était réduit à de semblables expédients, quoique l'on sût très bien que l'acide chlorhydrique est très soluble dans l'eau; mais il n'y a pas moyen de s'en débarrasser de cette façon, car il est impossible de le laisser couler dans les rivières où il tuerait aussitôt tous les poissons, et en rendrait l'eau imbuvable. Aussi le gaz chlorhydrique resta-t-il une véritable calamité pour les fabricants, jusqu'à ce que au cours du temps les circonstances se fussent modifiées. En effet, l'acide chlorhydrique a trouvé beaucoup d'emploi, notamment pour la préparation du chlorure de chaux, dont en emploie de grandes quantités dans le blanchiment (v. p. 156).

Pour employer l'acide chlorhydrique gazeux à la fabrication de chlorure de chaux, on le dissout d'abord dans l'eau, ce qui a pour premier avantage de débarrasser les environs des usines de sa fâcheuse influence et de supprimer tous les ennuis qu'il occasionnait jadis. La solution aqueuse de cet acide, telle qu'on la trouve dans le commerce, est chauffée avec de la pyrolusite; ce dernier corps est un peroxyde de manganèse. L'acide chlorhydrique est composé de chlore et d'hydrogène; la pyrosulite, étant un peroxyde, est très riche en oxygène et agit sur l'acide chlorhydrique d'après l'équation:



La pyrolusite lui cède son oxygène, qui se combine à l'hydrogène en formant de l'eau, et le chlore est mis en liberté sous forme de gaz. Si l'on fait passer ce gaz dans des chambres sur le sol desquelles on a étalé de la chaux éteinte on obtient du chlorure de chaux.

L'acide chlorhydrique (communément appelé esprit de sel) est également utilisé dans l'industrie chimique à la préparation du chlorate de potassium et d'autres sels analogues. D'autres industries en emploient maintenant de grandes quantités pour leurs diverses fabrications.



Leblanc avait besoin de gros capitaux pour l'installation de la première fabrique utilisant son procédé. Cet argent lui fut fourni par le duc d'Orléans, si connu plus tard sous le nom de Philippe-Egalité, lorsque d'Arcet, professeur au collège de France lui eut démontré l'excellence du procédé. Mais en 1793 Philippe-Egalité monta sur l'échafaud, avec nombre d'autres chefs des partis politiques de l'époque. La fabrique fut confisquée avec ses autres biens. Les guerres prolongées que la République dut soutenir entravaient beaucoup les transports maritimes si bien que la potasse devint extrêmement rare en France. Aussi le Comité de Salut Public rendit-il un décret aux termes duquel tous les procédés antérieurement trouvés pour la fabrication de la soude tombaient dans le domaine public pour le « bien de la Nation ». Le brevet de Leblanc prit fin de ce fait même.

Ce n'est qu'en 1799 que l'on rendit à Leblanc l'usine qui avait été confisquée; mais le manque de ressources l'empêcha d'en tirer parti et ce grand inventeur, désespéré, se donna la mort en 1806. Par son invention du procédé de fabrication de la soude, il ouvrit de nouvelles voies aux industries du verre et de la soude, et communiqua à beaucoup d'autres un développement jusqu'alors inusité. Il fut la cause initiale de la naissance et de l'extension d'industries nouvelles, par exemple celle de la cellulose à la soude (v. p. 191); il a rendu possible beaucoup d'autres choses encore. Pour donner à sa mémoire un témoignage de reconnaissance le gouvernement français a doté ses petits-fils (1).

Après sa mort, le procédé de Leblanc ne tomba pas dans l'oubli; mais il se traîna sans grand succès jusqu'au moment où les fabricants anglais le portèrent à son apogée. Mais jusqu'en 1824 le sel qu'on employait dans ce procédé était frappé en Angleterre d'un impôt de 73 fr. par 100 kilos. Aussi ne fut-ce qu'à sa suppression que l'industrie de la soude put prendre une grande extension.

(1) REMARQUE. — Nicolas Leblanc était né en 1742. Il commença par être médecin. On lui doit, en outre de l'invention de la préparation de la soude, des travaux intéressants sur le salpêtre et l'utilisation des immondices. (Note du traducteur.)



Au début, on se trouva obligé de donner la soude gratuitement aux savonniers à Londres, pour les habituer au nouveau produit et leur faire rejeter la barilla. Mais cette situation se modifia vite. Le travail à la soude était autrement certain et commode que l'emploi de la barilla, dont la teneur en soude était si variable. Les circonstances changèrent au point que les savonniers se contentèrent même des mares de soude bruts tels qu'ils proviennent du four, si grande était devenue soudainement la demande. Comme la barilla ne les avait rendu guère difficiles, ils transformaient eux-mêmes ce produit brut en lessive. La soude avait dès lors pris pied ferme dans la pratique.

En Allemagne sa fabrication commença peu après 1820 à Schönebeck-sur-Elbe.

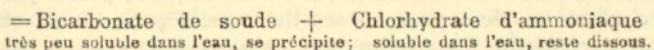
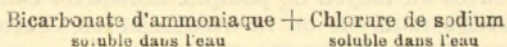
Nous avons vu que pour l'obtenir, on fondait du sulfate de soude ou sel de Glauber avec de la craie et du charbon. La lixiviation de ce produit dans l'eau fournit une solution de carbonate de soude aqueuse. Si l'on concentre celle-ci par évaporation, il arrive un moment où l'eau n'est plus en quantité suffisante pour maintenir toute la soude en solution, et celle-ci cristallise, mais non à l'état de carbonate de soude pur car elle retient environ 63 p. 100 d'eau. Celle-ci lui est combinée chimiquement et s'appelle eau de cristallisation. Beaucoup de sels présentent cette particularité de fixer chimiquement de l'eau pendant leur cristallisation.

Ceci nous explique pourquoi, lorsque des cristaux de soude sont exposés longtemps à l'air on les voit changer d'aspect; ils perdent une partie de cette eau de cristallisation, s'émiettent par efflorescence et perdent ainsi la forme caractéristique qu'ils devaient précisément à cette combinaison. D'autre part, toute cette eau qu'ils contiennent élève bien inutilement le prix du transport. Aussi les fabricants font-ils de la soude anhydre, en chauffant les cristaux assez longtemps pour qu'ils se déshydratent complètement: il reste une poudre blanche qu'on appelle soude calcinée, nom qui lui vient du procédé de dessiccation employé pour l'obtenir (calcination).

Nous avons esquissé à grands traits l'industrie de la

soude Leblanc, ainsi que quelques-unes des industries dérivées. Mais nous n'avons pas parlé de toutes les industries secondaires qui en proviennent. Et cependant, cette industrie qui a pris un si considérable développement, dont l'existence semblait si assurée après ses soixante années de durée (en faisant remonter son début comme grande industrie à l'année 1824) cette industrie commença à décliner en 1884 et semble destinée à disparaître. Ce fait tient aux causes suivantes.

On connaissait, depuis longtemps déjà, une méthode pour transformer en soude le chlorure de sodium, procédé plus simple que celui de Leblanc. Il ne présente aucune difficulté d'exécution au laboratoire et son principe est le suivant. Le gaz ammoniac, qui est une base, s'unit à l'acide carbonique pour former du carbonate d'ammoniaque (s'il se combine à une quantité double de ce corps, il forme du bicarbonate). Si nous faisons agir une solution de bicarbonate d'ammoniaque sur une solution de sel marin ou chlorure de sodium, ces deux sels réagiront l'un sur l'autre et donneront, d'une part, un précipité relativement peu soluble dans l'eau, qui est du bicarbonate de soude; d'autre part du chlorhydrate d'ammoniaque qui reste dissous.



Le sel marin se trouve donc directement transformé en bicarbonate de soude. Ce procédé supprime tous les inconvénients du procédé Leblanc, tel que la transformation en sulfate de soude au moyen de l'acide sulfurique, et la production d'acide chlorhydrique.

En théorie ce deuxième procédé paraît assez simple et nous trouvons un brevet qui le concerne dès 1838. — De 1855 à 1857 une fabrique française fabriqua de la soude à l'ammoniaque, nom donné au produit de cette fabrication; mais les difficultés techniques étaient si grandes qu'elle ne put concurrencer la soude Leblanc et on l'abandonna.



Ces difficultés résident surtout dans la partie mécanique. Le grand danger, c'est que le bicarbonate de soude produit vienne boucher les canalisations par lesquelles on injecte l'acide carbonique et l'ammoniac gazeux dans la solution de sel. Ces difficultés ont été résolues par Solvay, dont la méthode sert à fabriquer la presque totalité de la soude que l'on consomme actuellement.

Le procédé consiste à introduire une solution de chlorure de sodium dans un appareil hermétiquement clos. Au moyen d'une pompe à refoulement on fait arriver dans cette solution un courant de gaz ammoniac, et dès qu'il s'y en trouve en quantité suffisante, de l'acide carbonique gazeux. Il se forme alors du bicarbonate d'ammoniaque qui réagit sur le sel marin en donnant du bicarbonate de soude. Ce procédé exige donc comme matières premières une solution de sel marin, du gaz ammoniac et de l'acide carbonique. Le sel est fourni soit par les gisements de sel gemme, soit par les salines dans lesquelles on a l'avantage de l'obtenir directement en solution. L'ammoniac est obtenu au cours de la fabrication du gaz d'éclairage. Les grandes quantités d'acide carbonique que l'on emploie sont obtenues en recueillant les gaz des fours à chaux et en les injectant dans les cuves au moyen de pompes. Lorsqu'on calcine la pierre calcaire naturelle on la transforme en chaux vive, comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, parce que la chaleur la décompose en ses deux principes : chaux et acide carbonique. Le combustible employé à la calcination de la chaux, dégage, lui aussi, de l'acide carbonique, de sorte que les gaz recueillis dans le four en contiennent une très grande proportion ; aussi cette méthode est-elle employée dans nombre d'industries comme source d'acide carbonique.

Le produit obtenu par la méthode Solvay est du bicarbonate de soude qu'il faut transformer en carbonate de soude ordinaire pour avoir la soude du commerce ; dans ce but il suffit de le chauffer légèrement pour chasser une molécule d'acide carbonique. Dans les cuves, il reste du chlorhydrate d'ammoniaque dont il faut récupérer l'ammoniaque, car s'il fallait renouveler celui-ci chaque fois, le procédé Solvay se-



rait beaucoup trop coûteux. L'ammoniaque étant une base, elle peut être déplacée par une base plus forte. Si l'on chauffe la solution avec de la chaux vive, que les fours à chaux de l'usine fournissent en même temps que l'acide carbonique, la chaux, base plus énergique que l'ammoniaque, la chasse de la solution. Celle-ci s'échappe sous forme de gaz et on la fait naturellement agir de nouveau sur une autre portion de chlorure de sodium de sorte qu'elle circule d'une façon ininterrompue au cours de la fabrication. Comme dernier sous-produit, il y a encore la solution de chlorhydrate d'ammoniaque chauffée avec de la chaux et qui maintenant contient du chlorure de calcium.

Ce chlorure de calcium, qu'il ne faut pas confondre avec le chlorure de chaux, pourrait être obtenu à l'état solide en évaporant la solution, mais comme il n'a presque pas d'emploi, étant donnée surtout l'énorme quantité produite par cette fabrication, on n'a rien de mieux à faire que de laisser couler la solution dans la rivière voisine.

Il s'ensuit que le procédé Solvay ne permet pas d'extraire le chlore contenu dans le chlorure de sodium puisqu'on le jette sous forme de chlorure de calcium. Dans le procédé Leblanc au contraire, on le recueille sous forme d'acide chlorhydrique, produit ayant une certaine valeur.

Voilà pourquoi un petit nombre de fabriques préparent encore la soude d'après le procédé Leblanc; mais leurs conditions d'existence ne sont pas aisées, car la soude Leblanc revient beaucoup plus cher que la soude Solvay. Cependant le procédé parvient à subsister dans certains endroits favorablement situés, parce que l'acide chlorhydrique, ce sous-produit dont on se serait si bien passé jadis, a acquis de la valeur et ne peut être aisément produit qu'au cours de cette fabrication.

Mais il y a un autre et récent facteur défavorable.

Comme nous aurons l'occasion de le voir au cours de la XI<sup>e</sup> conférence, le courant électrique a la propriété de dissocier les corps en leurs principes constituants. Dans les contrées où l'électricité est produite à bon marché, grâce aux forces hydrauliques, on peut produire directement le chlore, par l'action du courant sur le sel marin, ou sur le chlorure

de potassium; ce dernier sel se trouve en énormes gisements à Stassfurt (v. p. 50). En même temps que l'on obtient le chlore, le potassium et la soude sont transformés en soude ou en potasse caustiques, produits d'une grande valeur, et qui trouvent leur emploi dans l'industrie du papier, etc.

Tout ce que nous venons de décrire ne concorde guère avec certaines conclusions de la morale philosophique, suivant laquelle tout travail honnête porte son fruit. Nous venons de voir pourtant qu'un travail honnête est déplacé par un autre, ce qui a toujours lieu lorsqu'un procédé nouveau, mais meilleur, fait abandonner l'ancien.

Quoique la consommation de la soude soit très importante et qu'elle ait chassé la potasse de nombreuses branches d'industrie, on se sert pourtant encore de cette dernière en assez grandes quantités. Une partie en est encore retirée des cendres de bois. La plus grande partie est fabriquée suivant le procédé Leblanc. Au lieu d'employer le sulfate de soude, on part du sulfate de potasse, que l'on trouve à Stassfurt et qui fournira la potasse ou carbonate de potassium. Mais la fabrication de la potasse par ce procédé est beaucoup plus difficile que celle de la soude. Le procédé Solvay a toujours échoué jusqu'à présent, lorsqu'on a essayé de l'appliquer à la préparation de la potasse à partir du chlorure de potassium.

Depuis le milieu du siècle précédent on a découvert deux nouvelles sources assez bizarres de potasse : l'une est la mélasse, l'autre le suint.

La mélasse est le produit ultime de la fabrication du sucre (v. p. 82). On sait maintenant extraire le sucre qu'elle peut encore contenir; on transforme cependant de grandes quantités de cette substance en alcool, par fermentation, et on en utilise aussi une certaine partie comme nourriture pour le bétail. Après distillation de la mélasse fermentée pour en extraire l'alcool, il reste dans l'alambic ce que l'on appelle des vinasses. Ce résidu n'a plus aucune valeur nutritive; car il ne contient plus que les divers sels que les jus de betteraves ont abandonné dans l'eau-mère dans laquelle le sucre a cristallisé. Ces sels proviennent du sol et sont par conséquent très riches en



potasse. Si l'on évapore à siccité ces vinasses de betterave on obtient, après calcination, un salin noir qui, par lixiviation par l'eau, fournira de la potasse. Une matière première bien plus curieuse encore est la seconde de celles que nous avons citées plus haut. Les fabriques qui s'occupent du nettoyage des laines brutes importées d'Australie, d'Afrique et de l'Amérique du Sud en Europe trouvent dans leurs eaux de lavage une grande quantité de suint. Ce dernier est comme l'ont démontré différentes recherches, très riche en sels de potasse et on les obtient en évaporant à sec les eaux de lavage qui les contiennent. Ce résidu, chauffé, abandonne un produit de calcination très riche en potasse et on l'en extrait industriellement avec profit.

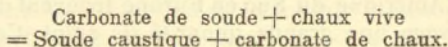
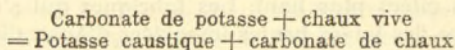
---

La potasse et la soude, qui, au point de vue chimique sont des carbonates, ne peuvent être employées directement à la fabrication des savons dont nous allons nous occuper maintenant parce que les carbonates n'agissent pas sur les graisses, et que les savons se font à l'aide de graisses. Il faut donc au préalable transformer ces carbonates en soude et en potasse caustique, ce que l'on effectue de la manière suivante.

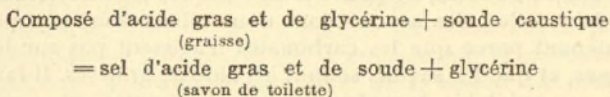
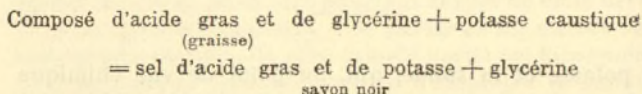
Nous avons vu, page 188, que la calcination des pierres à chaux naturelles, qui sont du carbonate de chaux, les décompose en chaux vive et en acide carbonique. On pourrait donc en conclure que les carbonates de soude et de potasse peuvent être pareillement transformés en soude et potasse caustiques par calcination. Il n'en est rien. La raison en est bien simple: ces deux sels sont des corps très stables qui ne se décomposent pas en leurs principes et qui sont parfaitement réfractaires à la chaleur du rouge blanc. Mais, contrairement au carbonate de chaux, les carbonates de soude et de potasse sont solubles dans l'eau. Si l'on met de la chaux dans leur solution, celle-ci s'empare de leur acide carbonique, même à froid, pour régénérer du carbonate de chaux; ce dernier étant insoluble, il se précipite et l'on peut décanter la solution qui ne renferme plus d'acide



carbonique, mais seulement soit de la soude, soit de la potasse caustique, suivant la nature du carbonate dont on s'est servi. Les deux équations suivantes représentent cette réaction.



C'est de cette manière que l'on obtient la lessive des savonniers. Lorsque l'on chauffe des graisses à l'ébullition avec cette lessive, il se produit la décomposition suivante que nous comprendrons de suite en nous rappelant que la graisse est un composé d'acide gras et de glycérine (v. p. 21).



Déjà Pline l'Ancien rapporte qu'en Germanie l'on préparait un onguent en faisant bouillir la graisse avec de la cendre; mais ce n'est guère que depuis le milieu du deuxième siècle de notre ère qu'on l'emploie au nettoyage, d'ailleurs on s'en servait bien plus à titre de médicament que pour se laver. On sait aussi que plus tard, vers l'an 1000, Marseille était déjà un centre florissant de l'industrie savonnaire. Au quinzième siècle les savons de Venise lui firent concurrence, c'est vers cette époque que la fabrication du savon commença à se répandre dans le monde entier.

On n'avait aucune idée des réactions chimiques qui amenaient la graisse à se transformer en savon; aussi cette fabrication resta-t-elle purement empirique jusqu'à ce que le chimiste français Chevreul eût démontré au commencement du dix-neuvième siècle que la graisse se compose de glycérine et d'acides gras. Cette découverte jeta la lumière sur la saponification et lorsqu'on eut remplacé la coûteuse

potasse par la soude, produit bon marché, la fabrication du savon prit l'extension remarquable qui le met à la portée des bourses les plus modestes.

On n'avait pu employer jadis à la fabrication du savon que la graisse animale et de l'huile d'olive, ce qui donnait à cette industrie une certaine invariabilité. Mais avec l'extension du commerce dans le monde entier, de nouvelles graisses et de nouvelles huiles importées de toutes les parties du globe commencèrent à être utilisées. Leur nature différente demandait un traitement spécial ce qui exigeait un travail plus scientifique de la part des savonniers s'ils voulaient lutter avec la concurrence.

Les voyages sont cause de tous les malheurs, dit un mot célèbre. Cette parole peut trouver son application ici. Mais on pourrait la transformer en celle-ci qui serait plus juste: les voyages sont la cause de tous les progrès car nous ne pouvons nous associer à l'idée que la continuation de la routine des siècles passés constituerait le bonheur. On obtient maintenant la graisse comme sous-produit dans de nombreuses industries, la graisse d'os, par exemple. Nous avons déjà parlé (v. p. 46) de l'utilisation des os. Leur graisse étant sans utilité pour les applications que nous avons mentionnées, on l'extrait avant de les employer. Autrefois, on les faisait bouillir très fortement, de sorte que leur graisse finissait par surnager à la surface de l'eau. Les résultats de ce procédé étaient assez imparfaits. Aujourd'hui on réduit les os en petits morceaux et on dissout leur graisse au moyen de la benzine dans des appareils spéciaux: ce procédé permet de leur retirer à peu près tout ce qu'ils en contiennent, environ 10 p. 100.

La grande différence entre l'action de la potasse ou de la soude sur la graisse consiste en ce que la première produit du savon mou, tandis que la seconde fournit un savon dur, ou de toilette. Pour préparer le savon mou on emploie des matières bon marché telles que l'huile de poisson, de chènevis, et de lin. On les fait bouillir dans une cuve de fer avec une lessive de potasse. Lorsque la lessive alcaline a terminé son action, le contenu de la cuve est transformé en une substance visqueuse qui est le savon mou. Il se compose





Le savon dur ne pouvant fixer toute l'eau contenue dans la lessive, celle-ci se sépare et la glycérine ainsi que le chlorure de potassium y restent dissous, et peuvent être décantés ensemble. Si un seul relargage ne suffit pas pour solidifier suffisamment le savon, on peut le répéter plusieurs fois; une fois solidifié, ce savon constitue le savon blanc ou de toilette. En dépit du relargage, il ne devient pas absolument dur et il retient toujours un peu de savon mou, mais cela a l'avantage de lui communiquer une mollesse agréable à l'usage. Par cette méthode 100 parties de graisse fournissent environ 160 parties de savon blanc. Aujourd'hui on prépare directement la majeure partie des savons à la soude en chauffant le suif avec la soude, que l'on peut se procurer facilement, et sans passer par les opérations intermédiaires citées ci-dessus.

On peut aussi augmenter le rendement des savons à la soude en faisant bouillir, pendant un certain temps, la masse pâteuse en présence d'un excès d'eau; le savon se solidifiera sans que l'eau de lessive se sépare: c'est ce qu'on appelle du savon chargé; il peut contenir 50 p. 100 d'eau.

Mais c'est avec l'huile de coco qu'on peut surtout obtenir des savons très chargés d'eau.

La pulpe blanche du fruit des cocotiers, qui poussent sous les tropiques, après avoir été séchée, constitue la coprah que l'on exporte en Europe. Si l'on exprime cette coprah, on en retire jusqu'à 63 p. 100 de son poids d'une graisse qui ne fond qu'à 21 degrés et qui, par conséquent, est relativement solide à la température ordinaire. Ce produit s'appelle beurre de coco. Il a servi à fabriquer un succédané du beurre ordinaire. On y procède comme suit. On sépare les parties plus volatiles de la graisse des parties qui le sont moins, en faisant passer dans l'huile un courant de vapeur d'eau sous pression, puis on neutralise à l'aide d'une base, telle que la magnésie, les acides gras qu'elle peut encore contenir en petites quantités.

L'huile de coprah ne peut être employée seule à la fabrication d'un savon, car elle possède une odeur désa-

gréable qu'on ne peut lui enlever. Pour l'employer, on prend une partie d'huile de coprah pour deux parties d'huile de palme et on y ajoute une petite quantité de suif. L'huile de palme provient d'un palmier qui pousse sur la côte occidentale d'Afrique et dans l'Amérique centrale. Elle existe en abondance dans la pulpe et les graines du fruit de ce palmier. Les indigènes chauffent la pulpe pour en retirer l'huile, tandis que les graines très dures sont envoyées en Europe où on les exprime: elles produisent environ 40 p. 100 de leur poids en huile. Les tourteaux, fournis par les résidus de l'expression des graines, constituent une ration alimentaire convenable pour le bétail, particulièrement pour les vaches laitières (v. p. 64).

L'huile de coprah se saponifie très facilement et communique cette propriété aux autres substances avec laquelle on la mélange. Si on la chauffe en l'agitant avec une lessive de soude, à laquelle on ajoute un peu de carbonate de soude, elle se saponifie totalement vers 40 degrés et fournit par refroidissement un savon dur. La solution se prend en masse tout entière spontanément. Elle retient par conséquent toute l'eau, de sorte que 100 parties du mélange d'huile initial fournissent 300 à 600 parties du savon, soit le double ou le quadruple de ce que rendrait la même quantité de graisse.

Nous avons encore à parler du savon à la résine. On ne pourrait pas fabriquer avec de la résine ou de la colophane seule des savons utilisables pour les usages ordinaires, car ils seraient de trop mauvaise qualité. Nous avons déjà vu qu'on peut facilement préparer une solution de résine et de soude telle que celle que l'on emploie pour l'encollage du papier (v. p. 178). Au cours de la fabrication du savon à l'huile de palme ou à la graisse on peut remplacer la moitié de la graisse par de la résine sans nuire à la saponification produite par la lessive de soude. Ce procédé permet d'obtenir des savons à base de résine et à très bon marché.

Nous venons d'apprendre que lorsqu'on chauffe du suif, des graisses ou des huiles avec de la lessive de soude ou de potasse, on fait du savon, mais nous savons que la soude



et la potasse ne sont pas les seules bases alcalines; il s'ensuit que les acides gras de la graisse doivent pouvoir se combiner à d'autres bases pour former d'autres savons. Voyons d'abord ce qui se passe avec la plus forte des bases connues en chimie: la chaux éteinte. La pratique nous confirme alors ce que la théorie nous enseigne, car il existe un savon à la chaux; mais il est tout à fait insoluble dans l'eau et, si l'on met un peu de ce savon dans l'eau, il coule au fond sans former d'eau de savon, sans mousser.

Le savon de chaux est une substance très gênante en pratique. Par suite de son insolubilité, il se précipite dès qu'il s'est formé. Si nous mettons dans de l'eau ordinaire du savon à la soude ou à la potasse, il se forme aussitôt une combinaison d'acides gras et de chaux car, toutes les eaux, sauf l'eau distillée, renferment de la chaux. Il s'ensuit que dans l'eau dont nous nous servons, il se formera toujours du savon de chaux, véritable produit de rebut et la graisse qu'il a fixée est perdue pour les besoins du nettoyage.

Plus l'eau contiendra de chaux, plus il se formera de ce savon et plus grande sera la perte en bon savon, car ce n'est que lorsque toute la chaux contenue dans l'eau s'est combinée aux acides gras, que le reste du savon peut agir et mousser, en présentant alors les propriétés que nous lui connaissons.

Dans la vie courante on distingue les eaux en eaux non calcaires ou douces, et en eaux calcaires (séléniteuses), ou dures. L'eau des fleuves est pauvre en calcaire, aussi mousse-t-elle en présence de très peu de savon. L'eau de source, au contraire, qui est très calcaire, prend beaucoup de savon pour saturer la chaux qu'elle contient, avant de mousser. Dans les grandes blanchisseries on met toujours un peu de carbonate de soude dans l'eau qui doit servir au lavage. Ce dernier précipite la chaux sous forme de carbonate insoluble: il s'ensuit une économie de savon qui peut atteindre jusqu'à 20 p. 100 pour les eaux très calcaires.

De ce qui précède il résulte que le savon de chaux est sans utilité pratique.



Il en est tout autrement lorsqu'on combine les acides gras à l'oxyde de plomb: il se forme alors un savon de plomb, connu sous le nom d'emplâtre; ce dernier constitue une masse plus consistante et plus dure que l'onguent que l'on emploie en médecine. On modifie ses propriétés en lui ajoutant diverses substances. L'emplâtre d'Allemagne se compose d'un mélange de 500 parties de savon de plomb chauffé à 60-80 degrés, de 50 parties de cire, 50 parties de résine Dammar et de colophane fondues ensemble, et de 5 parties de térébenthine.

Le taffetas anglais est tout différent. Pour le fabriquer, on tend sur un cadre du taffetas, sur lequel on étale autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir l'adhérence à la peau, une solution de gomme aussi fine que possible, dissoute dans l'alcool. On peut le parfumer avec du benjoin ou quelque autre aromate analogue.

## DIXIÈME CONFÉRENCE

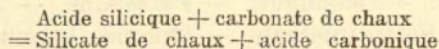
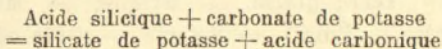
---

Verre. — Glaces. — Verres à la potasse et à la soude. — Quartz. — Strass. — Verre à l'or. — Verre opale. — Argile. — Terre glaise. — Brique. — Mortier. — Agglomérés. — Émail. — Poterie. — Grès cérame. — Gresserie. — Majolique. — Porcelaine. — Photographie. — Pierre infernale. — Chlorure, bromure, iodure d'argent. — Daguerriotypie. — Développement des négatifs. — Talbotypie. — Procédé à l'albumine. — Procédé au collodion humide. — Plaques sèches au gélatino-bromure. — Platinotypie. — Photographie du spectre solaire. — Lumière rouge. — Retouche. — Plaques sensibles aux couleurs. — Photographies en couleurs. — Gélatine chromée. — Chromotypie. — Rayons de Röntgen. — Radium.

Nous avons appris au cours de la fabrication du savon que le silicate de soude est un sel soluble dans l'eau, que l'on ajoute au savon pour en augmenter le rendement. Ce sel, ainsi que le silicate de potasse, sont les seules combinaisons siliciques qui soient solubles dans l'eau. Ils perdent cette propriété lorsqu'on les mélange à d'autres silicates et qu'on fait fondre ce mélange. Si l'on fond de l'acide silicique avec de la potasse et de la chaux, par exemple, le produit de fusion sera un mélange de silicate de potasse et de chaux complètement insoluble dans l'eau. Il porte le nom de verre lorsqu'il a été fabriqué suivant certains procédés appropriés et rendu ainsi utilisable pour nos différents besoins .

Dans la pratique, pour fabriquer le verre, on emploie depuis une très haute antiquité le procédé qui consiste à fondre ensemble un mélange de sable (ou acide silicique), de carbonate de potasse et de carbonate de chaux. Sous l'influence de la chaleur du four, l'acide silicique, chimiquement plus actif que l'acide carbonique, chasse ce dernier de ses combinaisons avec les deux corps précédents.

L'acide carbonique gazeux s'échappe et le produit de fusion, qui est un mélange de silicate de potasse et de silicate de chaux, constitue le verre après refroidissement.



Dans la nomenclature chimique, les composés siliciques portent le nom de silicates. Le verre se trouve donc être un mélange de plusieurs silicates fondus ensemble.

Il ne faudrait pas s'en tenir à la lettre de notre définition, et penser que l'acide silicique, la potasse et le carbonate de chaux sont des corps qui entrent toujours et forcément dans la fabrication du verre. La définition doit être prise dans un sens plus large. Tout ou partie de ces corps peut être remplacé par un acide ou une base dont l'emploi approprié a été enseigné par l'expérience.

Dans ce qui suit nous étudierons les plus importants d'entre eux.

Pour obtenir la fusion des matières premières utilisées en verrerie, il faut toujours opérer à une très haute température. Ceci suffit à nous faire traiter de fable l'histoire que Pline raconte sur la découverte du verre. D'après lui, quelques marchands phéniciens, allumant un feu sous un chaudron qu'ils avaient placé sur des blocs de natron (1),

(1) REMARQUE. — C'est par ce mot que les philologues traduisent le nom de minéral employé par Pline. L'on est sûr maintenant qu'il n'a pas connu ce que nous appelons aujourd'hui natron ou soude.



celui-ci fondit sous l'influence de la chaleur et se combina au sable, c'est-à-dire à l'acide silicique du sol pour former des parcelles de verre. Un simple feu à ciel ouvert ne suffit pas pour fondre du verre. Le verre est pourtant connu depuis fort longtemps et nous n'en pouvons douter, puisqu'on en a trouvé dans des sépultures très anciennes. Ce fait n'a rien d'extraordinaire, car les anciens avaient la pratique des hautes températures pour la foule des métaux.

Dans l'antiquité, le verre était une matière très précieuse. Les fabriques les plus célèbres du moyen âge se trouvaient à Murano près de Venise, où sa fabrication, presque complètement abandonnée, a été reprise de nos jours. Aujourd'hui le verre est fabriqué dans tous les pays où les salaires ouvriers ne sont pas trop élevés.

Son emploi comme verre à vitre, qui nous paraît si simple et si naturel, ne se généralisa que très tardivement et très lentement par suite de son prix élevé. Aucune des maisons dans l'antiquité grecque ou romaine ne possédait de vitres à ses fenêtres. Les palais de Charlemagne ou de Guillaume le Conquérant n'en avaient pas davantage. Au dixième siècle, on commença à en pourvoir les églises; mais les maisons des riches particuliers n'en possédèrent guère avant le quatorzième siècle, et il se passa encore plusieurs siècles avant que les vitres n'eussent entièrement remplacé le parchemin ou le papier huilé tendus dans les fenêtres, ou les volets de bois plein.

La joie singulière avec laquelle les poètes allemands du moyen âge célèbrent le retour du printemps, vient en grande partie de ce que les hommes habitaient pendant l'hiver des demeures sombres, faiblement éclairées par des torches en bois enflammées; le retour de la belle saison les faisait sortir de cette sorte d'emprisonnement.

Nous venons de voir que la fabrication du verre exige de l'acide silicique. On le trouve sous forme de sable ou de quartz, qui est de l'acide silicique cristallisé. Plus les matières premières utilisées sont pures, plus leur emploi sera favorable. En particulier, la présence du fer peut être

très gênante, car le silicate de fer qui se forme pendant la fusion du verre possède une couleur foncée qu'il communique à ce dernier : c'est à lui que le verre bon marché, dont on fait habituellement les bouteilles, doit sa couleur brun verdâtre. Autrefois les vitres étaient toujours un peu verdâtres, car le sable exempt de fer est rare et ne se trouve pas partout. Aujourd'hui, les moyens de transport dont on dispose permettent de l'expédier même au loin.

Ce n'est que dans certains cas, peu fréquents, que l'on remplace une partie de l'acide silicique par l'acide borique qui est beaucoup plus coûteux. Ce corps donne au verre un éclat remarquable et le rend en outre particulièrement propre à certains emplois en optique.

Comme tout verre doit contenir de la potasse ou de la soude pour être utilisable et qu'on ne connaissait jadis que la potasse, il est évident qu'on ne fabriquait alors que le verre à la potasse. Ce besoin de potasse est une des raisons pour laquelle on établissait volontiers les verreries en pleine forêt, en Allemagne surtout (1).

La forêt fournissait le combustible nécessaire au chauffage des fours à fusion. La cendre de bois obtenue servait à préparer la potasse nécessaire (v. p. 49). Si l'on manquait de cette dernière, c'était dans ces régions-là qu'il était justement le plus facile de s'en procurer. On eut ensuite recours à la soude pour remplacer la potasse. Mais la fabrication même de la soude fournit un succédané encore moins coûteux que cette dernière pour la verrerie, ce que l'on découvrit bientôt. La fabrication de la soude par le procédé Leblanc nécessite comme premier échelon, la transformation du sel marin en sulfate de soude. Mais ce dernier corps peut être employé directement à la fabrication du verre, sans qu'il soit nécessaire de le transformer en carbonate de soude pourvu qu'on ajoute du charbon (1)

(1) REMARQUE. — Il en était de même dans l'Est de la France, où cette fabrication était le monopole des gentilshommes verriers des Ardennes, auxquels une charte royale de Henri IV l'avait concédé. (Note du traducteur.)



à la pâte de verre en fusion. Grâce au charbon, le carbonate de soude prend naissance et l'acide silicique agissant aussitôt sur lui le transforme en silicate de soude.

Le carbonate de chaux est employé sous forme de craie, dont la meilleure qualité constitue du carbonate de chaux chimiquement pur et qui, du reste, est facile à purifier, et à débarrasser des impuretés nuisibles, telles que le fer qu'elle pourrait contenir.

Au lieu de chaux, nous pouvons employer toute une série d'autres bases. L'une des plus utilisées est l'oxyde de plomb. En outre, les verreries refondent le verre hors d'usage, comme les débris ou tessons qu'on leur retourne par grandes quantités.

Au moment de la fabrication, les matières premières sont mélangées aussi intimement que possible, à l'aide de machines spéciales, puis introduites dans des creusets, à l'intérieur de vastes fours à sole pour y être fondues; ces fours à fusion exigent naturellement une température très élevée.

Pour obtenir celle-ci, avec la moindre dépense de combustible possible, on utilise les fours à récupération de gaz ou régénérateurs, qui ramènent au foyer les gaz produits par la combustion; nous retrouverons ces fours à propos de la métallurgie du fer.

Lorsque la masse est en fusion le verrier en puise un peu au bout de sa « canne » et en soufflant dedans il donne au verre les formes les plus variées, en se faisant aider par un deuxième ouvrier si l'objet est de forme compliquée. La

(1) REMARQUE. — La réaction qui se produit alors est la suivante. Tandis que l'acide silicique s'empare de la soude, le charbon ajouté réagit sur le second principe du sulfate de soude, c'est-à-dire l'acide sulfurique. Grâce à la haute température de la masse en fusion, le charbon brûle et forme aux dépens de l'oxygène contenu dans l'acide sulfurique, de l'oxyde de carbone gazeux qui se dégage. En outre, lorsqu'on enlève de l'oxygène à l'acide sulfurique, ce dernier se transforme, par réduction, en acide sulfureux (v. la réaction inverse, p. 192). Ce dernier est, comme nous le savons, un gaz qui se dégage aussi, et voilà pourquoi, malgré l'emploi de sulfate de soude, on ne trouve presque pas trace de soufre dans le verre fabriqué par ce procédé.



canne du verrier n'est pas autre chose qu'un tube en métal, garni d'un manchon de bois au milieu, de façon à pouvoir être manié, même lorsqu'il est devenu très chaud. La fabrication des bouteilles communes se fait maintenant aussi à l'aide de machines. Les verreries terminées, mais encore chaudes, passent alors dans le four à refroidir, où on les laisse pendant plusieurs jours refroidir lentement d'elles-mêmes, sans quoi elles seraient si fragiles qu'on ne saurait s'en servir. Le verre à vitre est obtenu par le même moyen. Par l'insufflation, le verrier produit un grand cylindre allongé, que l'on fend dans le sens de la longueur au moyen des ciseaux; il est encore si malléable qu'on peut l'aplatir complètement. Une fois mis en forme de plaques, il est porté dans le four à refroidir qu'il n'abandonne que sous forme de vitre prête à l'usage.

Une très importante invention en verrerie a été celle qui a permis de couler le verre, et qui remonte au dix-septième siècle. Pour couler le verre, on le laisse se répandre sur des plaques métalliques de la grandeur voulue et qui sont munies d'un rebord. Les grandes glaces des vitrines que nous voyons aujourd'hui aux devantures des magasins, sont fabriquées avec du verre obtenu de cette façon et ultérieurement poli. L'épaisseur que conque qu'on peut ainsi leur donner permet d'en fabriquer qui sont suffisamment solides pour que l'on puisse les utiliser comme planchers, afin d'éclairer des pièces en sous-sol; dans ce cas, on ne les polit pas. Les plaques de verre coulé servent aussi à la fabrication des glaces et miroirs, qui, depuis longtemps, ont entièrement remplacé les miroirs métalliques. Jusqu'à leur invention, on se servait de plaques d'argent extrêmement polies ou d'un alliage très blanc composé de 2 parties de cuivre et de 1 d'étain. Mais leur emploi avait des inconvénients dus à la sensibilité des métaux, de l'argent surtout, qui noircit facilement. Il en est tout autrement avec les miroirs en verre, dans lesquels la surface réfléchissante, entièrement protégée par le verre, est soustraite aux influences extérieures.

Pour transformer une plaque de verre en glace, on recou-

vrait l'une de ses faces avec une feuille d'étain très mince (amincie par le martelage) et qu'on recouvrait de mercure. Ce dernier dissout l'étain: il se forme ce qu'on appelle un amalgame. Ce dernier possède la propriété de réfléchir merveilleusement les objets et d'adhérer très fortement au verre. En donnant peu à peu une position oblique à la plaque de verre, parfaitement horizontale au début, on faisait écouler le mercure en excès, ce qui exigeait à peu près quatre semaines au bout desquelles le miroir était achevé.

Les miroirs ainsi fabriqués ne laissent presque rien à désirer. Mais leur fabrication est des plus dangereuses pour les ouvriers qui l'exécutent, parce qu'ils sont exposés à une intoxication lente par les vapeurs de mercure. Ce dernier se volatilise à la température ordinaire des appartements, comme l'eau, quoique à un bien moindre degré.

Tandis que dans ce procédé de la fabrication des glaces, la surface réfléchissante est fournie par l'amalgame d'étain, il existe un procédé tout à fait différent, connu depuis longtemps des chimistes et qui repose sur la déposition chimique d'une couche réfléchissante d'argent sur le verre, au lieu de l'amalgame de mercure. C'est d'Angleterre que vint la proposition d'appliquer cette méthode à la fabrication en grand.

Nous ne pouvons exposer ici les réactions chimiques qui sont produites, mais le principe de la méthode est le suivant. On peut préparer des solutions d'argent, dont le métal se reprécipite si l'on y ajoute certains réactifs. En choisissant convenablement ceux-ci, le métal ne se précipite plus instantanément sous forme d'un dépôt pulvérulent gris, mais se dépose peu à peu en recouvrant les parois du récipient où il se trouve d'un dépôt métallique brillant, doué d'une magnifique puissance de réflexion. Pour argenter l'un des côtés d'une glace, on verse dessus la solution appropriée et elle se trouvera argentée au bout d'un certain temps.

L'argent étant le métal le plus blanc que nous connaissons, ces glaces sont de beaucoup supérieures aux anciennes. L'on peut s'en rendre compte en suspendant une glace étamée au mercure auprès d'une glace argentée. Par



comparaison, la première paraîtra sombre auprès de la seconde. En outre, par suite de l'absence des vapeurs toxiques du mercure, cette fabrication est d'une parfaite innocuité pour les ouvriers; en dépit de l'emploi de l'argent elle ne peut pas non plus être considérée comme coûteuse, car il ne se dépose par mètre carré de surface à argenter que 2 gr. 5 d'argent dont la valeur ne s'élève même plus à 25 centimes, aujourd'hui.

C'est un fait acquis en verrerie que les verres à la potasse sont beaucoup moins fusibles que les verres à la soude. Aussi les premiers ne sont-ils plus guère fabriqués que pour les appareils de physique et de chimie.

En ce qui concerne précisément les verreries dont on se sert dans les laboratoires de chimie, les progrès réalisés pendant ces dernières années ont été des plus remarquables et ils ont leur origine dans l'application exacte de nos connaissances sur les propriétés chimiques et physiques du verre. Les ballons servant à l'ébullition des liquides doivent être très minces, de façon à s'échauffer vite et uniformément; et cependant leur fragilité n'en est pas plus grande pour cela, grâce à l'habitude de leur usage. Tandis que jusqu'en 1895, il fallait toujours être très prudent lorsqu'on les chauffait, il existe maintenant des récipients en verre que l'on peut plonger dans l'eau froide, sans qu'ils se brisent, quoiqu'ils soient remplis de liquides chauffés autour de 180 à 200 degrés. Résultat technique qui jusqu'alors eût paru incroyable! Il a été bien dépassé depuis quatre ans. En effet, on est parvenu en 1902 à fondre le quartz pur à la flamme de l'arc électrique et à l'obtenir dans un état de fusion tel qu'il est possible de le travailler de la même manière que le verre.

Les récipients en quartz ainsi obtenus, dont l'aspect ne se distingue aucunement du verre ordinaire, mais qui sont très chers par suite des difficultés de la fabrication, sont absolument insensibles aux écarts de température. Chauffez-les à blanc et plongez-les aussitôt dans l'eau froide, ils n'en seront pas endommagés le moins du monde.

Les verres facilement fusibles, dont nous faisons suivre la description à celle des verres difficilement fusibles, sont



préparés en remplaçant la plus grande partie de la chaux par l'oxyde de plomb. Ce genre de verre peut être facilement travaillé, et, par moulage, sert à préparer ces plats et autres objets si joliment décorés dont on se sert tant à présent. Les verres moulés ne présentent naturellement jamais les arêtes vives des facettes obtenues par la taille, mais leur prix est aussi beaucoup plus bas que celui des articles fabriqués par le procédé coûteux de la taille.

Si l'on n'emploie pas du tout de chaux et que l'on fonde un mélange d'acide silicique, de potasse et d'oxyde de plomb, c'est-à-dire un véritable silicate double de potasse et de plomb, le verre obtenu constitue le strass. Ce dernier est un verre d'un éclat si parfait qu'il peut servir à imiter toutes les pierres précieuses. En effet, si on taille et polit soigneusement ces imitations, leur aspect extérieur ne suffira pas à les distinguer des gemmes véritables. Mais comme le verre au plomb est tendre il se couvre de rayures à l'usage, ce qui le différencie des véritables gemmes pour ainsi dire indestructibles. Afin d'en imiter les différentes variétés, on colore diversement le mélange de verre.

La coloration du verre s'obtient par l'addition de substances appropriées au mélange des matières premières. Comme nous l'avons déjà vu page 172, le cobalt colore en bleu. Le plus beau verre coloré que nous possédions est sûrement le verre rubis, pour l'obtention duquel on emploie de l'or, sous forme d'une combinaison chimique convenable, telle que la « pourpre de Cassius ». Ce magnifique verre rouge ne trouve d'emploi que sous forme de coupes, etc. La quantité de sel d'or nécessaire à la coloration est peu importante.

Pour finir, il nous reste encore à parler du verre opale.

On obtient celui-ci en ajoutant du phosphate de chaux, sous forme de cendre d'os (v. p. 47), au mélange pour verre. La chaleur du four le transforme en une masse claire transparente, que l'on peut travailler comme les autres. Mais, lors du refroidissement, le phosphate de chaux se sépare à l'état solide et communique au verre l'opacité désirée. Il y a encore d'autres matières agissant de manière analogue; par

exemple, la cryolithe, minéral qu'on ne trouve qu'au Groenland. Ce dernier contient de l'alumine et de la soude combinées au fluor, et est tout à fait exempt de fer. Le verre opale fabriqué avec de la cryolithe est particulièrement propre à la fabrication des abat-jour de lampe, parce qu'on ne peut plus apercevoir la flamme au travers. Elle apparaissait toujours, avec une couleur rouge sang, au travers du verre, obtenu par l'ancien procédé.

---

Nous en arrivons maintenant à la poterie.

Il se trouve en maints endroits dans le sol certaines sortes de terre qui, mélangées avec de l'eau, forment une masse plastique et consistante, susceptible de recevoir diverses formes. Ce sont les argiles. Leur utilisation et, par suite, leur dénomination, varie suivant les matières qui leur sont mélangées.

La plus répandue est la terre glaise, sorte d'argile contenant beaucoup de sable, et colorée en brun jaunâtre par du fer. Donnons-lui la forme de morceaux quadrangulaires allongés et nous aurons des briques. Si on se contente de les laisser sécher à l'air, elles n'acquièrent aucune solidité et la moindre pluie suffit à les réduire de nouveau en bouillie. On emploie cependant encore ces briques pour faire le cloisonnement des maisons en bois.

Elles ne se transforment en une matière durable et solide, véritable pierre, que par la cuisson : ce sont alors les briques proprement dites. Autrefois on les cuisait de la manière suivante : on en faisait des tas réguliers composés de couches alternées de briques et de combustible (bois, tourbe ou houille) et que l'on recouvrait à l'extérieur d'un revêtement de terre glaise de façon que le combustible une fois enflammé les chauffe autant que possible. Il se produit alors la vitrification, c'est-à-dire, que certaines parties aisément fusibles de l'argile se ramollissent tellement qu'elles se liquéfient presque. Grâce à cela, la « charpente » de la brique qui reste infusible à la température du four, est englobée après le refroidissement en un tout solide, en quelque sorte agglutiné. Comme la cha-



leur du four transforme le fer contenu dans l'argile en oxyde de fer rouge, la brique terminée en prend la couleur.

Aujourd'hui, on cuit les briques dans des fours de forme concentrique, qui permettent une bien meilleure utilisation du combustible. Après être restées pendant des milliers d'années sans concurrents, les briques en argile ont trouvé des rivales dans les agglomérés de sable et de chaux que nous allons étudier de suite. Nous parlerons maintenant du mortier et des agglomérés parce que nous n'en trouverons plus l'occasion ci-après.

Le mortier que l'on emploie ordinairement pour les constructions en briques est un mélange de chaux éteinte et de sable. Lorsqu'on calcine la pierre à chaux, elle se décompose comme nous l'avons vu (v. p. 188) en chaux vive et en acide carbonique. La chaux est une matière dont la solidité n'est pas beaucoup moindre que celle du calcaire non calciné. Mais elle est douée d'une curieuse propriété. Lorsqu'on la mélange avec de l'eau elle subit une profonde transformation et, de dure qu'elle était à l'état sec, elle se délite complètement sous l'influence de l'eau. Si à la chaux éteinte, on ajoute de l'eau et du sable, tout en agitant le mélange, on obtient le mortier ordinaire.

Si l'on place du mortier entre des briques il se durcit peu à peu, parce que la chaux qu'il contient redevient du carbonate de chaux, en se combinant à l'acide carbonique contenu dans l'atmosphère. C'est de là aussi que vient la coutume de placer des braseros contenant du coke en combustion dans les bâtisses neuves. L'acide carbonique qui s'en dégage en grande quantité active la réaction que nous venons d'indiquer. Au bout d'un certain temps le sable contenu dans le mortier agit également et forme du silicate de chaux d'une très grande solidité. Cela nous explique pourquoi les constructions en briques de l'antiquité sont restées si solides. Ce ne sont pas les anciens qui ont fabriqué un mortier aussi résistant, mais c'est l'œuvre du temps.

On savait tout cela depuis longtemps, mais ce n'est qu'en 1896 qu'on a su en tirer une application pratique. Le silicate



de chaux, si résistant, se forme bien à froid dans le mortier, mais très lentement; il se forme rapidement si l'on chauffe le sable avec la chaux éteinte. C'est là-dessus que repose la fabrication des briques en mortier, ou pierres factices. Pour les fabriquer on comprime en forme de briques un mélange de sable et de chaux éteinte que l'on chauffe au-dessus de 100 degrés dans un appareil clos. Lorsqu'on les en retire, les briques sont presque blanches et présentent une résistance considérable à l'air, à l'eau et à la gelée. On les emploie à la construction des bâtiments de la même manière que les anciennes briques. Pour être rémunératrice, leur fabrication doit être faite sur une grande échelle à cause des frais de chauffage. On a remédié à cet inconvénient. Au lieu de se servir de chaux calcinée, on emploie maintenant le ciment (v. plus loin). Le sable et le ciment mélangés ne durcissent pas de suite, il est vrai, quand on les abandonne à l'air, mais au bout de plusieurs semaines, ils sont devenus suffisamment solides. Comme chaque propriétaire de sablière peut avoir une machine très simple pour mouler les briques, il lui est facile de fabriquer lui-même les briques en aggloméré par ce procédé.

Le mortier ordinaire ne peut durcir qu'au contact de l'air parce qu'il a besoin pour cela d'acide carbonique: aussi ne peut-on pas l'employer aux constructions sous l'eau. Mais si ce mortier retient encore à l'état de mélange certaines substances que les matières premières calcinées contenaient, telles qu'un excès d'argile (c'est-à-dire de l'acide silicique et de l'alumine), ce mortier sera doué de la propriété de durcir sous l'eau: c'est là ce qu'on appelle le ciment. Les anciens le connaissaient déjà, car il existe dans la nature nombre de pierres calcaires fortement argileuses et qui fournissent des mortiers ou ciments hydrauliques. L'immense quantité de ciment qu'exigent les gigantesques constructions marines des temps modernes a obligé à préparer artificiellement ce ciment, par le mélange d'argile au calcaire avant la cuisson, de sorte que l'on peut aisément se procurer n'importe quelle quantité de ciment hydraulique, sans avoir à compter sur les ciments naturels.

Dans un autre procédé de fabrication du ciment, on utilise les scories, ou laitiers, des hauts fourneaux (v. conférence XI). L'analyse a montré que la seule différence entre ceux-ci et le ciment résidait en une teneur inférieure en chaux. On broie finement ces laitiers, on y ajoute de la chaux et on calcine le mélange, qui se vitrifie. On obtient le ciment en pulvérisant ce produit de calcination. Cette manière d'utiliser les laitiers jusque-là sans aucune valeur, a commencé d'être appliquée sérieusement vers 1890: elle constitue un nouveau succès de l'industrie dans l'art d'utiliser les produits de rebut et les déchets de fabrication.

Au point de vue strictement chimique, le principe essentiel des argiles, aux applications desquelles nous revenons, est le silicate d'alumine. Ce corps est infusible à l'état pur dans les feux des fours, propriété que nous notons particulièrement en vue de ce que nous aurons à dire plus tard au sujet des argiles. Mais si les argiles contiennent un mélange de sable, c'est-à-dire de l'acide silicique, ou de la chaux, de la potasse, de l'oxyde de fer, leur résistance au feu est considérablement diminuée.

Nous avons déjà vu à propos de la fabrication du verre que les silicates de potasse, de chaux et de fer peuvent être fondus ensemble et former un verre. Ces corps qui se trouvent mélangés à la terre glaise naturelle fondent aussi lorsqu'on les soumet à la cuisson et c'est à la vitrification partielle de ces matières, qui durcissent à nouveau par refroidissement, que la brique doit sa cohésion.

Lorsqu'une argile ne contient que très peu des matières que nous venons de citer, elle résiste au feu d'une manière très remarquable. C'est avec des argiles de cette nature, que l'on trouve dans beaucoup d'endroits, que l'on fabrique les briques réfractaires employées dans l'industrie à la construction des foyers destinés à supporter de hautes températures.

La plasticité des argiles permet de les employer non seulement à la fabrication d'objets de formes aussi élémentaires que les briques, mais encore à celle d'objets très variés, de formes beaucoup plus compliquées. Lorsqu'on moule de l'argile sur un disque mobile tel qu'un tour de



potier, on peut aisément obtenir des vases creux, de formes variées, mais de coupe circulaire. Chez nombre de peuples le tour du potier fut une invention si précoce, qu'elle précéda l'époque à laquelle remontent les premières annales écrites (chez les Chinois par exemple).

Si nous cuisions directement au four un vase fabriqué de la sorte, il serait poreux et ne pourrait être utilisé que comme pot à fleurs. Les liquides que l'on y verserait pénétreraient les parois ou suinteraient au travers, de sorte qu'il serait difficile, parfois impossible de les maintenir propres. Pour éviter cet inconvénient, on les émaille, c'est-à-dire qu'on les recouvre d'un enduit imperméable, vitreux, appelé émail et qui constitue un véritable verre.

Nous savons déjà que les verres les plus fusibles sont les verres au plomb (v. p. 219). L'émail le meilleur marché que nous fournisse la nature, sera donc un sel de plomb quelconque qui, pulvérisé avec un peu d'argile et délayé dans l'eau, pourra être étalé sur les vases à émailler. Si l'on porte au four un vase recouvert d'émail, le plomb fond en se combinant à l'acide silicique de l'argile et recouvre le vase d'une mince couche de verre au plomb. Le vase d'argile cesse d'être poreux et est terminé en une seule cuisson. Le sel de plomb employé par les potiers est la litharge, qu'on trouve en beaucoup d'endroits. Le plomb est un métal très toxique, aussi ne doit-on pas employer dans les cuisines, des récipients émaillés avec ce procédé, car les aliments acides préparés avec du vinaigre, par exemple, pourraient attaquer les sels de plomb et les dissoudre. Actuellement, la vente d'ustensiles de cuisine ainsi fabriqués est complètement interdite.

Dans ces derniers temps on a tenté de composer le mélange de l'émail de telle sorte que le plomb, après cuisson, forme des combinaisons chimiques suffisamment stables pour n'être plus attaquées par les acides faibles, au sens chimique du mot, contenus dans les aliments. Ce problème a été résolu avec succès, notamment en Bavière.

Il existe une matière première plus résistante que la terre à potier ordinaire, c'est le grès.

Pour le préparer, on emploie une argile qui, à une



température peu élevée, subit une vitrification complète, c'est-à-dire qu'elle fond suffisamment pour fournir par refroidissement une masse dure, absolument imperméable aux liquides. C'est pour cette raison que les cruchons à bon marché, bruns ou gris clair, qui servent au transport des eaux gazeuses naturelles ou des spiritueux, n'auraient pas du tout besoin d'être émaillés pour être im-méables. Si on le fait, cependant de même que pour toute la gresserie que l'on trouve dans le commerce, c'est pour leur donner un aspect brillant plus agréable à la vue. La manière de s'y prendre, fort simple, est la suivante :

Quand le four à poterie a atteint sa température maximum, on répand sur le feu du sel marin et l'on bouche toutes les ouvertures du four pendant quelques instants. Le sel est alors facilement volatilisé et ses vapeurs remplissent tout le four; le sel se compose, comme nous le savons déjà, de chlore et de sodium. Le sodium mis en contact avec l'acide silicique de l'argile contenu à la surface se combine avec lui. Le silicate de soude ainsi formé s'unit aux autres silicates (l'argile étant composée de divers silicates) pour former un verre. Il suffit donc de chlorure de sodium ou sel marin, pour émailler les poteries à bon marché, et pour obtenir cet émaillage après une seule cuisson.

Si l'on emploie à la fabrication de la gresserie une argile très pure, c'est-à-dire aussi exempte de fer que possible, l'objet sera presque blanc. Si après avoir chauffé ce dernier et l'avoir ainsi vitrifié, on l'enduit d'un émail ou couverte d'un beau blanc, on obtient le véritable grès cérame qui, contrairement à la poterie ordinaire, a été cuit deux fois.

Extérieurement, il diffère très peu de la porcelaine dont nous allons nous occuper en détail un peu plus loin, mais il est beaucoup moins résistant parce que son émail, fondu à une température relativement beaucoup plus basse, ne peut soutenir la comparaison avec celui de la porcelaine. A l'usage, il se couvre de craquelures, impossibles à nettoyer et dont l'aspect rend la vaisselle de table peu appétissante. Cette manière de se comporter de l'émail provient

du fait que la température à laquelle il est fondu sur la gresserie n'est pas élevée, ce qui d'autre part résulte en une notable économie de combustible. Afin d'obtenir un émail d'une fusibilité suffisante, on y ajoute du borax ou même de la litharge. Si la composition du mélange a été bien choisie, celle-ci est combinée de manière à ne plus être dissoute par les acides de sorte que les objets en gresserie peuvent parfaitement servir à la cuisine.

On voit donc que les grès cuits une fois ont par suite de la vitrification totale dans le four, atteint aussitôt leur solidité parfaite, quoique n'étant pas encore émaillés. Comme il n'y a pas de vitrification pendant la recuite nécessaire pour leur émaillage il n'y a pas d'augmentation dans leur solidité lors de celle-ci, contrairement à ce qui se passe avec la porcelaine.

D'autre part, il n'y a pas ici de danger que les gresseries se contractent dans le four, pendant la deuxième cuisson, comme cela arrive avec la porcelaine (voir plus loin), c'est à-dire qu'elles perdent la régularité de leurs formes. Aussi ne voit-on sur l'envers des gresseries, comme le fond d'une assiette en grès par exemple, que trois creux sur l'émail, et qui sont les marques des tasseaux sur lesquels on les a placés dans le four pour les supporter pendant l'émaillage. Quant à la surface inférieure du rebord des assiettes en porcelaine elle n'est jamais émaillée (v. p. 230).

A côté de la gresserie ordinaire nous rangerons la faïence. Son nom lui vient de la ville italienne de Faenza où on la fabriquait autrefois. De même le nom de majolique provient de l'île de Majorque, où l'on fabriquait jadis la poterie qui porte ce nom.

La faïence, qui sert à fabriquer des plats, des assiettes, etc. est fréquemment rehaussée d'ornements en relief qui en font la principale valeur; aussi exige-t-elle pour sa fabrication une argile très plastique. L'objet une fois tourné, subit une cuisson assez forte, ce qui en augmente beaucoup la solidité. L'argile employée étant assez réfractaire, la vitrification et par suite, le retrait sont peu sensibles et les contours des figures restent très nets.

Nous avons vu ailleurs qu'une poterie insuffisamment



vitriifiée est très poreuse. Aussi doit-on émailler toute faïence pour la rendre imperméable aux liquides. En conséquence, après lui avoir donné la première cuisson, on recouvre la faïence d'émail et on la passe au four une deuxième fois. On peut choisir l'émail de telle sorte qu'il forme un verre blanc opaque ou diversement coloré, ce qui permet d'obtenir immédiatement les effets les plus variés. L'émail blanc opaque se compose habituellement d'émail ordinaire et d'oxyde d'étain. Les faïences colorées, plus chères, ressortent plutôt du domaine de l'art céramique que de celui de la technique industrielle. Nous nous occuperons maintenant de la plus parfaite de toutes les poteries : la porcelaine.

La porcelaine possède plusieurs des qualités qui rendent le verre si utile, et souvent à un plus haut degré que lui. Elle est plus dure et supporte bien mieux les écarts de la température sans se briser. Par contre, elle ne peut pas être aussi facilement travaillée, et au lieu de la transparence du verre il faut se contenter de sa couleur blanc pur.

Elle est connue en Chine et au Japon depuis très longtemps. En Europe l'alchimiste saxon Böttcher, la découvrit en 1703. Au début il ne l'obtenait que colorée en brun et ce n'est qu'en 1710 qu'il réussit à l'obtenir bien blanche. A partir de cette année on la fabriqua industriellement à Meissen, où Böttcher se rendit sur l'ordre d'Auguste le Grand, Il y était retenu prisonnier dans le but plus ou moins avoué de rechercher la transmutation des métaux en or.

Comme on exige toujours de la porcelaine un blanc très pur et que pour acquérir ses propriétés particulières elle doit être soumise à une température très élevée, il faut la fabriquer avec de l'argile très pur, ne contenant ni fer, ni matières fusibles. Les argiles de cette espèce ne sont pas très répandues, elles portent le nom de kaolin. Pour les purifier on les soumet à la lévigation, c'est-à-dire qu'on les lave en les agitant, avec beaucoup d'eau. Toutes les impuretés plus lourdes et plus grossières tombent au fond de la cuve dès qu'on arrête l'agitation, tandis que les particules plus fines restent en suspension. Si l'on décante la partie liquide, les impuretés se déposent au fond de la première cuve tandis que le kaolin se dépose dans une seconde cuve, où



l'on fait arriver tout le liquide. La pureté de la matière première ainsi obtenue donne au kaolin une résistance au feu, si considérable, qu'il ne se vitrifie pas à la température du four et qu'on est obligé de lui ajouter des fondants pour le transformer en poterie réelle. Dans ce but on se sert de feldspath lévigné et finement pulvérisé. Cette sorte de pierre est un minéral que l'on trouve à l'état naturel et qui possède la propriété de fondre à une haute température en fournissant un verre. Ceci n'a rien d'étonnant pour nous puisque nous savons que le feldspath est un composé de silicates doubles d'alumine et de potasse ou de soude, ainsi que de chaux. Il est donc composé des mêmes matières avec lesquelles on fabrique le verre (v. p. 213).

Dans la poterie faite avec le mélange de kaolin et de feldspath, ces matières se contractent tellement sous la cuisson, que les objets se fêlent souvent. On évite cet inconvénient en mélangeant à la pâte de l'acide silicique. Ce dernier doit être très pur. On l'obtient en broyant finement, soit du quartz, soit du silex ou du sable et en lévignant la poudre (v. p. 214).

Le mélange de ces trois substances, auxquelles on ajoute en outre, dans certaines fabriques des substances calcaires, constitue la pâte à porcelaine. On lui donne la forme voulue sur le tour de potier, comme pour la poterie commune, puis on laisse sécher peu à peu les objets ainsi obtenus, qui, à cette phase de leur fabrication, sont d'une fragilité extraordinaire. Une fois secs on les soumet à une première cuisson, à la température du rouge vif. Les matières qui les composent subissent un commencement de vitrification, adhèrent les unes aux autres et acquièrent ainsi une certaine solidité.

La porcelaine cuite une seule fois, ou dégourdie, sert à fabriquer les vases poreux contenant les éléments des piles galvaniques. Comme leur matière n'est pas complètement vitrifiée, ils possèdent une porosité suffisante pour permettre au liquide qu'ils contiennent d'entrer en contact avec celui qui est à l'entour, sans qu'ils puissent se mélanger, avec lui, au sens propre du mot, condition indispensable pour produire le courant électrique par ce procédé.

La porcelaine dégourdie doit ensuite recevoir l'émail. Contrairement à ce qui se passe pour les autres poteries, on emploie un émail qui ne fond qu'aux hautes températures. Il recouvre alors la surface de la porcelaine d'une couche d'un véritable verre qui lui confère ses qualités les plus précieuses.

L'émail ou « couverte » est constitué par la même pâte que la porcelaine, mais à laquelle on a ajouté un excès de fondants, tels que la potasse ou la chaux, pour la faire fondre réellement; on y arrive facilement en augmentant simplement la quantité de feldspath. On broie très finement la pâte à émail et on lui ajoute suffisamment d'eau pour obtenir une bouillie légère, puis on y plonge la porcelaine dégourdie, ce qui suffit pour que la surface de l'objet retienne la quantité d'émail nécessaire. Enfin on enlève l'émail aux endroits où les objets reposent sur leurs tasseaux dans le four, sans quoi la fusion de l'émail les y ferait adhérer.

Aussi existe-t-il toujours sur l'envers des assiettes en porcelaine un léger rebord grâce auquel il est inutile d'enlever l'émail sur tout le fond, contrairement à ce qui a lieu pour la faïence. Ces parties non émaillées sont toujours rugueuses et se salissent à l'usage parce que les impuretés pénètrent dans les pores de leur surface et qu'il n'est pas possible de les nettoyer par frottement, comme on le fait pour les surfaces émaillées.

Ce filet non émaillé est l'un des meilleurs moyens pour distinguer du premier coup d'œil une porcelaine d'une faïence quelque fine que soit cette dernière. En effet la fusion de l'émail des faïences se fait à basse température; il n'y a donc pas de danger que les objets de faïence adhèrent à la sole du four et qu'ils perdent ainsi leur forme régulière; aussi trouve-t-on simplement au revers des objets en faïence les trois petits creux qui sont la marque des tasseaux qui les supportaient.

La fusion de l'émail de la porcelaine est obtenue par une recuite à haute température, contrairement à ce qui a lieu pour la faïence. Après son premier passage au four, cette dernière a acquis toute sa solidité, que n'augmente en rien la fusion de l'émail. Pour la porcelaine, le dégour-



dissage donne déjà une certaine solidité, mais elle ne se vitrifie complètement que par la deuxième cuisson à une chaleur beaucoup plus grande. Ce n'est qu'alors qu'elle se transforme en cette masse dure ne faisant plus qu'un avec l'émail par fusion intime. Elle acquiert ainsi une résistance remarquable à toutes les influences extérieures.

On surveille le progrès de la cuisson en retirant de temps en temps du four de petits morceaux de porcelaine appelés montres, qui servent de témoins. En fondant peu à peu, l'émail devient de plus en plus uni. Lorsque l'ensemble a atteint le degré de transparence caractéristique d'un émailage parfait, on laisse le four s'éteindre et se refroidir lentement avec son contenu.

Il va de soi que l'on peut également passer au feu vif du deuxième four de la porcelaine non émaillée. La surface se vitrifie alors suffisamment pour perdre sa porosité, mais elle conserve un certain grain qui la fait paraître mate; c'est ce qu'on appelle le biscuit. Cette sorte de porcelaine sert à faire des statues, des bustes, à l'effet artistique desquels le brillant de l'émail nuirait.

On peut peindre la porcelaine de deux manières différentes, soit sous, soit sur la couche d'émail. Pour peindre sous l'émail, c'est-à-dire sur la porcelaine dégourdie, on ne peut guère employer que les oxydes métalliques suffisamment résistants pour supporter la grande chaleur du recuit, par exemple l'oxyde de cobalt donnant le bleu, l'oxyde de chrome donnant le vert, et l'oxyde d'uranium donnant une teinte noire. (L'uranium est l'un des métaux rares.)

L'avantage de cette peinture est son inaltérabilité. Comme elle est protégée par la couche d'émail que l'on place dessus elle ne peut être brisée qu'avec la porcelaine sous-jacente par le bris de l'objet par exemple. Mais on est limité par le nombre des couleurs à choisir, ce qui n'a pas lieu lors de la peinture en émail, car on sait à présent préparer toutes les nuances désirables. On arrive ainsi à reproduire des peintures à l'huile, art que l'on cultive surtout à Sèvres.

Les couleurs pour émail sont naturellement des oxydes métalliques que l'on incorpore à une matière fondant aisé-



ment en un verre et dans la composition de laquelle, comme nous pouvons facilement le comprendre, l'oxyde de plomb joue le rôle principal; puis on mélange les couleurs avec de l'huile pour les appliquer sur les objets. Si l'on chauffe un objet coloré de cette façon dans un four à moufle (1) jusqu'à ce que les émaux vitrifiables se liquéfient, la peinture fond et devient indissolublement adhérente à la surface de l'objet décoré.

C'est d'une manière tout à fait analogue que l'on effectuait jadis la dorure, c'est-à-dire l'application de décors dorés sur la porcelaine. Mais l'or mélangé à un fondant sortait mat du moufle et devait être poli ensuite afin de recouvrir tout son éclat. On a trouvé, en 1830, un procédé de dorure dans lequel l'or, après avoir été dissous dans l'eau régale (voir plus loin, à propos de l'or), est mélangé avec des matières appropriées; on l'applique sur la porcelaine que l'on passe au four et il en ressort à l'état brillant.

---

Nous allons nous occuper maintenant de la photographie, mais nous allons nous trouver aux prises avec un certain nombre de phénomènes physiques et chimiques qui en sont la base et qui exigent certaines connaissances préalables pour être compris.

La meilleure marche à suivre pour y parvenir sera de faire l'historique de l'art photographique depuis les origines, moyen qu'on devrait toujours adopter dans des cas semblables. Nous verrons alors se dérouler devant nous ses progrès et nous aurons l'occasion de raisonner nous-mêmes les déductions successives dont l'enchaînement continu a porté cet art à sa perfection actuelle.

L'argent se dissout avec facilité dans l'acide azotique en formant un liquide limpide comme l'eau. Si l'on évapore cette solution on obtient comme résidu un sel blanc, le

(1) REMARQUE. — Un moufle est une cassette en terre réfractaire que l'on chauffe au milieu d'un feu qui l'entoure, de sorte que les objets qu'elle contient ne sont pas en contact avec les gaz de la flamme, ni avec la suie.

nitrate ou azotate d'argent, bien connu du public sous le nom de pierre infernale.

Tous les objets que l'on enduit de cette substance deviennent vite noirs, surtout à la lumière du jour; par exemple la peau humaine sur laquelle la pierre infernale est souvent utilisée comme caustique par les médecins. Il en est de même des lettres que l'on tracerait avec la solution de ce sel, sur le linge, par exemple, d'où on ne peut, pour ainsi dire, plus les enlever. Cette solution constitue, par conséquent, une encre indélébile.

La raison des phénomènes que nous venons de citer repose sur l'extrême tendance que possède le nitrate d'argent à se décomposer en ses principes; l'argent se déposant alors sous forme d'une poudre extrêmement fine. La lumière du jour suffit déjà à produire cette décomposition, dont la preuve est fournie par les exemples cités, pris dans l'expérience journalière.

On connaît cette propriété du nitrate d'argent depuis fort longtemps comme le prouve le nom très ancien de pierre infernale qui lui a été donné.

L'art de la photographie tout entier repose sur une décomposition similaire des sels d'argent; mais le nitrate d'argent ne saurait être utilisé à l'obtention d'images héliographiques, parce que sa décomposition est beaucoup trop lente pour les méthodes que l'on emploie dans ce but. L'obtention de ces images ne réussit qu'avec des sels d'argent plus faciles à dissocier par la lumière que le nitrate. Trois d'entre eux ont été et sont encore principalement employés en photographie : ce sont le chlorure, le bromure et l'iodure d'argent, tous trois sont très faciles à préparer. Comme ils sont absolument insolubles dans l'eau, ils se précipitent immédiatement lorsqu'on ajoute à une solution de nitrate d'argent, soit une solution de chlorure de sodium (sel marin) soit une solution de bromure ou d'iodure de potassium. Si l'on emploie la solution de sel marin, il se formera du chlorure d'argent et du nitrate de soude.

Le nitrate ou azotate de soude est un sel qui nous est bien connu (v. p. 193) et qui est très soluble dans l'eau, aussi reste-t-il en solution au cours de cette réaction. Par

suite il est facile d'obtenir un chlorure d'argent qui en soit absolument exempt, en lavant à l'eau le précipité qui vient d'être obtenu.

Le chlorure d'argent est connu depuis longtemps, le brome et l'iodure ne le sont que depuis le premier quart du siècle précédent, époque où l'on découvrit le brome et l'iode, Nous avons déjà indiqué quelles sont les contrées de la terre qui fournissent ces corps (v. p. 51 et 55).

Les alchimistes se sont beaucoup servis de chlorure d'argent. La lumière agit sur lui très rapidement; sa couleur blanc pur, au moment de sa formation, passe au violet pâle dès qu'on le soumet à la lumière, puis, très rapidement, devient noire. Schultze, médecin de Halle, s'en servit le premier en 1727, pour obtenir des images.

Il plaça des lettres découpées en papier dans un précipité fraîchement obtenu de chlorure d'argent. Seules les parties qui n'étaient pas recouvertes et restaient exposées à la lumière, devinrent sombres. Dès qu'il enleva le papier, les lettres apparurent en blanc sur fond sombre, mais au bout de très peu de temps, après qu'il les eût découvertes, elles devinrent noires également. Ceci constituait également une expérience intéressante, mais ne présentait aucun intérêt pratique.

C'est cent douze ans plus tard, en 1839, que Talbot obtint véritablement des images au moyen du chlorure d'argent. Il plongeait du papier dans une solution de sel de cuisine, puis le recouvrait rapidement d'une solution d'azotate d'argent. Ce papier, grâce à l'action réciproque des deux solutions l'une sur l'autre, contenait du chlorure d'argent et devenait sensible à la lumière. Sur la feuille de papier, ainsi préparée, il plaçait des dessins transparents. Il exposait le tout à l'influence de la lumière solaire et le chlorure d'argent noircissait au maximum aux endroits où le dessin laissait passer la plus grande quantité de lumière.

S'il avait enlevé celui-ci aussitôt, son papier sous-jacent serait vite devenu noir sous l'influence continue de la lumière, comme cela était arrivé à Schultze. Son grand mérite repose donc sur ce qu'il montra comment on pouvait



fixer les images obtenues de cette façon. Pour obtenir cette fixation il employa le procédé suivant :

Il emportait son papier, sensible à la lumière et sur lequel le soleil avait reproduit le dessin qui avait été placé dessus, dans une chambre obscure, afin de le soustraire à toute action ultérieure de la lumière, puis il le plongeait dans une solution bouillante de sel marin, cette solution dissolvait le chlorure d'argent. Il enlevait ainsi le chlorure d'argent non décomposé et il ne restait plus sur le papier que le dessin, car la solution de sel marin ne peut plus dissoudre le chlorure d'argent noirci dont les propriétés chimiques ont été altérées par l'action de la lumière.

Naturellement, et comme nous le prouve le raisonnement, l'image obtenue reproduisait la silhouette négative, l' « ombre » du dessin original, dont les parties les plus foncées avaient laissé passer le moins de lumière. Dans ces endroits le chlorure d'argent était resté presque inaltéré et avait été enlevé par la solution bouillante de sel marin lors de la fixation. Par conséquent les endroits sombres de l'original apparaissaient blancs ou presque blancs dans la copie, tandis que les parties claires apparaissaient foncées. Mais si Talbot plaçait ce négatif sur du papier rendu impressionnable à la lumière par le chlorure d'argent, il obtenait de cette manière une copie exacte de l'original, s'étant procuré, en quelque sorte, une silhouette de la silhouette du dessin original, par conséquent une copie, un positif, de l'original même.

Le procédé de Talbot ne constituait en somme qu'un décalque photographique d'images préexistantes à une échelle semblable. C'est à la même époque, c'est-à-dire entre 1830 et 1840, que Daguerre réussit à obtenir les premières images directes par la photographie proprement dite. Aussi est-ce bien Daguerre qui est le véritable inventeur de la photographie telle que nous la comprenons aujourd'hui.

Il se servit de la chambre noire pour obtenir des images; la chambre noire est un appareil qui, à l'aide de lentilles, permet de projeter en un endroit déterminé les images d'objets placés devant lui. Les photographes placent une plaque de verre dépoli à l'endroit où les images sont reçues afin de

régler l'appareil. Cette chambre noire permet en même temps d'obtenir la réduction *ad libitum* des images des objets qu'elle vise; ces deux résultats réunis constituaient un immense progrès sur le procédé de décalque de Talbot.

Au lieu de recevoir les images sur la plaque de verre dépoli, employée depuis au réglage exact de l'appareil, Daguerre les recevait sur une plaque d'argent à la surface de laquelle il avait produit un peu d'iodure d'argent en la soumettant aux vapeurs de l'iode. Après un impressionnement lumineux prolongé pendant plusieurs heures, il constatait sur la plaque d'argent la reproduction d'une image des objets placés devant la chambre obscure. Mais la fixation de ces images présenta les plus grandes difficultés et c'est le hasard seul qui permit de les surmonter. S'il exposait aux vapeurs de mercure la plaque d'argent iodurée, non plus impressionnée pendant plusieurs heures, mais pendant quelques instants seulement, les vapeurs de mercure se condensaient principalement aux endroits les plus éclairés.

L'image photographique orientait pour ainsi dire les vapeurs mercurielles, et apparaissait ensuite toute brillante comme si elle avait été exécutée en mercure. Le mercure « développait » l'image encore invisible à l'œil nu. C'est de là que provient l'aspect si bizarre pour nous des vieilles daguerréotypies que l'on trouve encore dans nombre de familles. Ce procédé permit enfin de prendre l'image photographique de personnes vivantes qui, à partir de ce moment, n'avaient plus besoin que de poser pendant quelques instants pour être prises. On est parvenu actuellement à les photographier en plein mouvement!

Voici maintenant ce qui est d'une importance capitale et définitive dans les observations de Daguerre. Quoique l'œil humain ne puisse absolument rien remarquer sur la plaque sensible, exposée à la lumière pendant un temps très court dans la chambre noire de l'appareil, l'action chimique des rayons lumineux n'en a pas moins provoqué une dissociation de la combinaison argentique. Il n'est pas nécessaire de laisser cette dissociation s'achever totalement par une exposition prolongée pour qu'elle devienne visible à l'œil humain. Il est beaucoup plus facile de provoquer



cette décomposition au moyen de certains réactifs chimiques, employés simultanément, réactifs dont nous ne connaissons encore qu'un seul, le mercure, et de développer ainsi les images négatives, sans avoir recours à l'action prolongée de la lumière.

Une fois que le procédé de Daguerre se fut répandu, on commença aussitôt à chercher le moyen de remplacer les plaques d'argent trop coûteuses. Talbot utilisa avec succès, dans ce but, son papier sensible à la lumière. A l'exemple de Daguerre, il employa comme sel d'argent l'iodure au lieu du chlorure, en faisant passer dans une solution d'iodure de potassium son papier préalablement imprégné d'une solution argentique.

Pour enlever l'iodure d'argent que la lumière n'avait pas décomposé, il se servit, au lieu de la solution bouillante de sel qu'il employait autrefois, d'une solution d'hyposulfite de soude, qui jouit de la propriété de dissoudre aisément à froid les chlorure, bromure et iodure d'argent. Cette solution a continué à être employée dans ce but depuis cette époque. Mais la rugosité des meilleurs papiers employés par Talbot donnait un aspect peu agréable aux photographies et il semblait que les plaques d'argent polies de Daguerre remporteraient l'avantage.

Cela changea du jour où Niepce introduisit en photographie l'usage des solutions d'albumine. Il ajouta de l'iodure de potassium à une solution d'albumine, et il versa ce mélange sur une plaque de verre, puis il plongeait celle-ci une fois séchée, dans une solution d'azotate d'argent : il obtint ainsi une pellicule d'albumine, rendue sensible à la lumière grâce à l'iodure d'argent qu'elle contient et étalée d'une façon absolument parfaite, le verre étant exempt des rugosités du papier. Les images ainsi obtenues étaient excellentes.

Les images réduites produites par la chambre noire sont négatives. Pour passer au positif, c'est-à-dire pour donner la reproduction exacte du sujet photographié, elles doivent être reportées sur un papier sensible, à l'instar de ce que Talbot faisait auparavant pour les simples dessins dont nous avons déjà parlé.



Le papier sur lequel on reporte le négatif est recouvert lui aussi d'une couche d'albumine rendue sensible à la lumière. On atteint ainsi des résultats merveilleux grâce à la surface polie et à l'éclat que possède l'image obtenue sur ce papier.

Le même changement, invisible à l'œil, qui se produit dans la plaque après un court éclairage et que Daguerre révélait par le mercure, peut devenir tout aussi visible lorsque l'on emploie, au lieu des plaques d'argent, les plaques de verre recouvertes d'albumine impressionnables dont nous avons déjà parlé. Les produits spéciaux employés dans ce but ont été dénommés révélateurs. On employa d'abord le sulfate de fer (ou couperose verte dans le langage courant) et l'acide pyrogallique. Plus tard on a essayé les produits chimiques les plus variés, parmi lesquels l'hydroquinone a donné les meilleurs résultats : aussi est-elle actuellement le révélateur le plus employé.

La désagréable tendance que possèdent les solutions d'albumine de pourrir ont conduit à utiliser en leur lieu et place le collodion (1) déjà recommandé par Fry. Ce corps est une solution de coton nitré ou fulmicoton (v. p. 140) dans un mélange d'éther et d'alcool.

Dans le procédé au collodion que nous allons examiner à présent, on recouvre une plaque de verre avec du collodion traité par le bromure et l'iodure de potassium et on la plonge dans une solution d'azotate d'argent. Ensuite, on place la plaque encore humide et recouverte d'un mélange de bromure et d'iodure d'argent avec un excès d'azotate d'argent encore adhérent, dans la chambre noire de l'appareil pour prendre une image. Après l'avoir portée dans la chambre obscure, on la plonge dans une solution de sulfate de fer ou d'acide pyrogallique ; ces substances réduisent l'azotate d'argent en excès en argent métallique, mais n'ont aucune action sur le bromure et l'iodure d'argent. Le précipité pulvérulent d'argent se dépose sur les parties éclairées.

(1) REMARQUE. — Le nom lui a été donné par le chimiste français Ménard qui le découvrit et le recommanda d'abord comme colle.

rées de l'image, par quantités proportionnelles à leur degré d'éclairage dans la chambre noire; il est orienté par ces dernières comme l'étaient les vapeurs mercurielles dans le procédé Daguerre. De cette manière, l'image négative devient visible à l'œil nu.

On fixe ce négatif, en le débarrassant du bromure et de l'iodure d'argent en excès que la lumière n'a pas modifié, en le plongeant dans une solution d'hyposulfite de soude qui dissout ces composés. Comme on a employé de l'acide pyrogallique, le procédé est acide au point de vue chimique. Les essais que l'on fit pour préparer par cette méthode des plaques sèches que l'on puisse conserver longtemps n'ont pas réussi et il fallait toujours employer des plaques nouvellement sensibilisées au bain d'argent.

Vers 1860 Russell remarqua que l'image photographique peut être rendue visible sur la plaque obtenue dans la chambre noire, c'est-à-dire transformée en épreuve, même en l'absence du précipité d'argent produit par l'azotate d'argent en excès. En effet, lorsque l'on enlève, en le lavant à grande eau, l'excès d'azotate d'argent puis qu'on impressionne la plaque encore humide dans la chambre noire, il suffit de la plonger ensuite dans une solution alcaline d'acide pyrogallique (de l'acide pyrogallique additionné d'un alcalin) pour que cette solution alcaline décompose directement le bromure et l'iodure d'argent en raison du degré d'éclairage, action qu'on n'aurait pu obtenir sans la présence de l'alcalin.

On obtient ainsi une épreuve exempte de l'excès d'azotate d'argent. On peut la fixer par l'hyposulfite de soude qui dissout le bromure d'argent que la lumière n'a pas précipité. Par ce procédé on s'était beaucoup rapproché de l'obtention des plaques sèches, puisque la solution d'azotate d'argent jusque-là nécessaire sur la plaque, devenait inutile.

On s'aperçut vite que les solutions alcalines d'acide pyrogallique agissent bien mieux sur le bromure que sur l'iodure d'argent : voilà pourquoi on se mit à employer de préférence le premier de ces deux sels, c'est l'origine de son importance actuelle en photographie.

En 1871 Maddox proposa l'emploi de la gélatine au lieu



du collodion. A son aide on put préparer et l'on prépare encore les plaques sèches et les pellicules, que l'on désirait depuis si longtemps. Les plaques sèches furent vraiment inventées par Bennet en 1878. Il montra qu'une émulsion de bromure d'argent dans la gélatine toute préparée n'est douée de ce haut degré de sensibilité si apprécié aujourd'hui qu'après avoir été chauffée (c'est le point principal de la découverte). La préparation des plaques sèches, rendue possible par l'emploi de la gélatine et l'application de cette remarque, s'effectue à peu près comme suit.

Dans une chambre obscure on dissout du bromure d'ammonium (au lieu du bromure de potassium employé jusqu'alors) dans de l'eau, à laquelle on ajoute d'abord de la gélatine, puis une solution de nitrate d'argent.

Au début, la température du mélange est de 75°, puis on la porte à l'ébullition. Il se forme alors du bromure d'argent au sein de l'émulsion. L'émulsion de gélatino-bromure d'argent se prend en masse par refroidissement, on la lave avec de l'eau pour enlever tout ce qui est soluble, on la sèche, puis, en la chauffant on la fait fondre à nouveau. Lorsqu'elle est fondue, on la coule sur des plaques de verres que l'on fait sécher complètement et rapidement dans des armoires ou étuves *ad hoc*; une fois sèches, ces plaques sont prêtes à l'utilisation. On les enveloppe de telle sorte qu'elles restent soustraites à l'action même la plus minime de la lumière jusqu'au moment de leur emploi définitif. Ces plaques sèches sont environ dix fois plus sensibles que les anciennes plaques humides au collodion.

C'est grâce à leur fabrication que la photographie d'amateur a pu prendre l'essor qu'elle a atteint. La préparation de la plaque sensible, autrefois la partie la plus difficile de la photographie, est passée entre les mains de fabricants expérimentés et les amateurs de photographie n'ont plus à s'en préoccuper.

Dans un appareil muni d'un bon objectif, ce qui le rend naturellement coûteux, la plaque sèche fournit d'excellentes épreuves : sa sensibilité est même si grande qu'un instant suffit comme temps d'éclairement. Il se produit alors, pour nous résumer, un commencement de décomposition du bro-



mure d'argent aux endroits frappés par les rayons lumineux; mais l'œil humain ne peut pas le percevoir, comme l'on peut s'en rendre compte dans la chambre obscure. Le révélateur amène cette décomposition au degré voulu. Dès qu'il est atteint et que l'épreuve est développée, ce dont on se rend compte en l'examinant à la lumière rouge (v. plus loin) dans la chambre obscure, on enlève le bromure d'argent qui n'a pas été décomposé, en plongeant la plaque dans une solution d'hyposulfite de soude, après quoi le négatif se trouve terminé. Lorsqu'on aura reporté ce négatif sur un papier sensible au sel d'argent on aura obtenu ce que l'on appelle une photographie.

Lorsque l'on eut reconnu la sensibilité des sels d'argent à la lumière, on se mit à rechercher si les sels d'autres métaux, ainsi que d'autres substances ou mélanges, ne présentaient pas les mêmes propriétés et l'on trouva que certains sels de platine sont sensibles à la lumière.

L'image de la chambre noire, ou négatif, est toujours exécutée au gélatino-bromure d'argent. Mais ensuite, si au lieu de la reproduire sur du papier à l'argent, on la tire sur du papier au platine, on obtiendra comme positif ces belles platinotypies d'un noir velouté si beau, dont l'aspect rappelle les gravures sur cuivre.

L'art photographique repose donc tout entier sur l'action chimique de la lumière sur certains sels, et aujourd'hui, en particulier, sur le bromure d'argent. La physique nous apprend que la lumière blanche est un mélange de rayons lumineux diversement colorés, dits couleurs de l'arc-en-ciel, car on peut dissocier la lumière blanche au moyen d'un prisme et obtenir ce qu'on appelle le spectre. Si l'on essaye de photographier le spectre donné par un prisme, on voit que l'une de ses extrémités, le rouge, n'a aucune action photographique sur la plaque, tandis que la décomposition des sels d'argent présente son maximum à l'autre extrémité, dans la partie exposée aux radiations violettes, et même ultra-violettes. On appelle ultra-violette la portion du spectre qui fait suite aux rayons violets et qui est invisible à l'œil humain. Elle nous paraît noire, mais elle agit pourtant encore sur la plaque sensible.

Cette manière de se comporter des couleurs spectrales vis-à-vis des plaques sensibles nous explique pourquoi l'on peut exécuter dans la chambre obscure et à la lumière rouge le développement des plaques retirées de la chambre noire de l'appareil, sans avoir à redouter que la plaque, si impressionnable à la lumière blanche, en soit altérée.

Voilà pourquoi aussi les couleurs rouges, jaunes et vertes agissent si peu sur la plaque. Cela est des plus gênant, surtout dans la reproduction des tableaux, mais cela se fait sentir également dans la photographie des personnes.

On se trouve donc obligé de corriger un peu les images d'objets colorés, après le tirage, surtout en ce qui concerne la couleur du visage; ce travail a reçu le nom de retouche.

Plus tard Vogel montra que l'on peut éviter cet inconvénient. Si l'on colore un peu les plaques au gélatino-bromure elles-mêmes avec certaines matières colorantes, elles deviennent alors sensibles même pour les couleurs qui n'agiraient pas sur elles sans cette addition, parce que la lumière des couleurs réajoutées agit sur le bromure d'argent. Depuis cette découverte il a été possible de reproduire photographiquement les tableaux, et d'en faire ces superbes reproductions que nous rencontrons maintenant partout, tandis que les épreuves tirées sur des plaques sèches ordinaires ne donnent que des épreuves floues sur la majeure partie de leur surface. Depuis 1903 le rouge d'éthyle passe surtout pour être d'un emploi excellent dans ce but.

On est donc parvenu à résoudre convenablement le problème de reproduire exactement en noir les couleurs d'objets colorés, au moyen des plaques sensibles aux couleurs. Un tout autre problème, souvent confondu avec le premier, est celui de l'obtention directe des photographies en couleur.

En dépit de tous les efforts tentés jusqu'à présent, la solution tant cherchée de cette question n'a pas encore été définitivement résolue. On est arrivé à obtenir cependant certains résultats dans la reproduction directe du spectre solaire avec toutes ses couleurs.

Pour obtenir directement le spectre avec ses couleurs naturelles sur la plaque au gélatino bromure, on met dans la



chambre noire une plaque dont le côté sensible est tourné face à la paroi du fond. Entre ce côté sensible et le le fond de la chambre noire on verse du mercure. Les rayons lumineux du spectre à photographier, par suite de l'action réflé-chissante du mercure produisent dans le verre de la plaque, ce que l'on appelle des phénomènes d'interférence qui sont la cause de l'apparition colorée du spectre, avec sa gamme de tons naturels, sur la plaque lorsqu'elle a été développée par le procédé ordinaire.

On a trouvé l'origine de ce surprenant résultat photographique et la raison théorique en a été brillamment expliquée; mais l'application pratique se heurte encore à de telles difficultés, que l'on n'est encore parvenu qu'à obtenir un tout petit nombre de véritables photographies en couleurs. Peut-être que d'ici la prochaine édition de ce livre, tel des procédés proposés aura-t-il reçu la consécration de l'application et de l'utilisation pratique; aussi l'explication des phénomènes sur lesquels il repose rentrera-t-elle dans le cadre de cet ouvrage. On est parvenu d'ailleurs à reproduire parfaitement en couleurs les objets colorés, à l'aide du procédé d'impression par pigments, mais ce n'est pas là de la photographie en couleurs proprement dite.

Voici la base de ce procédé : en outre des sels sensibles cités jusqu'ici il existe un certain nombre de mélanges sensibles à la lumière. Par exemple, ajoutons une solution de bichromate de potasse à une solution de gélatine, enduisons-en un objet quelconque et exposons-le au soleil, la gélatine, d'ordinaire très soluble dans l'eau y deviendra rapidement insoluble.

La raison en est que la lumière influence le bichromate de telle sorte qu'il se transforme partiellement en un oxyde de chrome, agissant sur la gélatine à la manière d'un tannin, ce qui en produit l'insolubilité. Nous avons vu du reste page 154, les méthodes de tannage du cuir au chrome. Plaçons sur un papier à la gélatine chromée, préparée dans l'obscurité, le négatif d'une image obtenue par le procédé habituel, les endroits de la gélatine sur lesquels pénètre la lumière deviendront insolubles.

Si on lave ultérieurement à l'eau les parties de la gélatine



restées intactes, on obtient une image qui ne sera pas noire, au contraire de ce qui se passe avec le papier à l'argent ou au platine, parce que la gélatine n'est presque pas colorée. Mais rien ne s'oppose à ce que l'on teigne la gélatine avec un pigment approprié avant de l'utiliser. La gélatine jaune donnera une épreuve jaune, la gélatine rouge fournira une épreuve rouge, et la gélatine bleue une épreuve bleue. Que l'on vienne à superposer exactement les unes sur les autres ces trois images transparentes, obtenues à l'aide d'un seul et même négatif préparé avec une plaque sensible aux couleurs, le résultat en sera tout à fait surprenant.

La théorie des couleurs complémentaires, élaborée par les physiciens et appliquée pour la première fois en photographie par Ducos du Hauron, permet de prévoir d'excellents résultats concernant la reproduction fidèle des couleurs de l'original au moyen de cette méthode, résultats qui ont été effectivement acquis. Quelque simple que le procédé paraisse d'après les explications qui précèdent, les difficultés auxquelles on se heurte dans son application le rendent très compliqué.

On opère souvent de la manière suivante: on prend successivement trois négatifs photographiques, en plaçant respectivement devant la lentille un verre rouge, puis un bleu, puis un jaune; on fait ensuite les positifs des trois négatifs, puis on teint ces positifs avec les mêmes couleurs qui ont servi à rendre la plaque photographique sensible aux couleurs (v. p. 242) et enfin on les imprime l'un sur l'autre.

En outre des procédés de reproduction que nous venons de citer il en existe toute une série, en partie essayés, en partie réellement appliqués, mais sur lesquels nous ne pouvons pas nous arrêter ici. Pour chacun d'eux, comme pour l'impression par pigments, c'est un négatif pris dans la chambre noire qui sert de base, c'est-à-dire une véritable épreuve photographique, de sorte que tous ces procédés sont issus directement de la photographie.

Nous ne pouvons terminer cette étude de l'art photographique sans parler des étonnants progrès récemment accomplis qui permettent, par exemple, de photographier le

squelette à l'intérieur même du corps vivant. On obtient ces résultats au moyen des rayons de Röntgen dont l'étude ressort du domaine de la physique. De même que dans notre première conférence nous avons recouru à la physique pour comprendre ce qu'était l'air, de même nous y aurons recours aujourd'hui pour comprendre ce que sont les rayons de Röntgen ou rayons X.

Nous savons tous que l'étincelle électrique, soit naturelle (éclair), soit obtenue artificiellement, ne suit pas un trajet rectiligne, mais décrit des zigzags. Ce trajet sinueux est dû à la résistance de l'air. Prenons maintenant un tube de verre fermé, et aux deux extrémités duquel sont soudés des fils métalliques qui constituent les pôles d'un courant électrique. Puis, au moyen d'une machine pneumatique, enlevons l'air que contient le tube jusqu'à ce que la pression n'y atteigne plus que 1/1000 d'atmosphère. Si maintenant nous faisons passer un courant électrique dans les fils, il ne se produira plus d'étincelle entre les deux pôles mais le tube de verre s'éclaire entièrement d'une lueur diffuse, grâce à la raréfaction de l'air qui n'oppose plus qu'une très faible résistance, d'une extrémité à l'autre, entre les deux pôles. La lumière obtenue peut être diversement colorée suivant que le tube contient des gaz raréfiés divers, comme l'hydrogène ou l'oxygène, et qui émettent chacun des radiations différentes. On a réussi à obtenir des juxtapositions de lumière très belles en accolant plusieurs de ces tubes. Ils portent le nom du célèbre verrier Geissler qui le premier réussit à les fabriquer à l'état de perfection.

Si dans ces tubes on pousse le vide jusqu'au-dessous de un millionième d'atmosphère, le courant électrique qui les traversera produira, en raison de la raréfaction extrême de l'air, des effets tout différents de ceux qu'on obtient avec le tube de Geissler. Le tube ne s'éclaire plus tout entier. De l'un des pôles, appelé cathode, s'échappe un faisceau de radiations qui portent le nom de rayons cathodiques. L'autre pôle, appelé anode, donne naissance à des phénomènes lumineux à peine appréciables.

Employons maintenant au lieu d'un tube rectiligne un

réceptif semblable à celui que nous figurons ci-contre (v. fig. 17), les rayons cathodiques ne se rendaient plus à l'anode mais continuent leur trajet sans être influencés par elle. Ils viennent éclairer la paroi opposée du verre d'une tache plus claire et s'y transforment partiellement en rayons de Röntgen. La tache lumineuse se déplace lorsqu'on en approche un aimant. Par conséquent, ces rayons cathodiques obéissent à l'aimant contrairement à ce qui a lieu pour la lumière ordinaire.

En 1895, Röntgen entreprit des recherches sur la manière dont ces rayons se comportent à l'extérieur du tube (1) dans lequel on les produit. Se livrant à des expériences dans une chambre obscure, il remarqua que lorsqu'il avait introduit le tube dans une boîte en carton noir, c'est-à-dire qu'il le cachait entièrement, mais qu'il tenait une feuille de papier (ou écran) enduite de platino-cyanure de baryum, dans le prolongement de la direction des rayons cathodiques désormais invisibles, cet écran se mettait soudain à émettre une fluorescence jaune: il devenait donc tout à coup visible au milieu d'une chambre obscure privée de toute lumière! Phénomène qu'aucun œil humain n'avait jusqu'alors perçu, qu'aucun cerveau n'avait prévu ou même cru possible. Ici, apparaissait donc une nouvelle propriété

des plus remarquables, particulière à des rayons tout à fait différents des rayons cathodiques ordinairement visi-

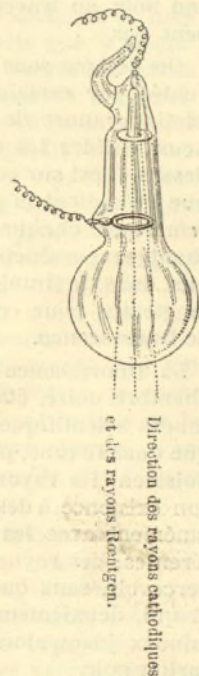


Fig. 17.

(1) REMARQUE. — Röntgen utilisa à l'origine des tubes pareils à celui qui est figuré ci-dessus. Depuis, on leur a donné des formes bien diverses; mais il n'y a rien eu de changé au principe essentiel de leur construction; aussi avons-nous conservé cette forme à la fois la plus ancienne et la plus aisée à comprendre.



bles à l'œil nu, mais cachés pour le moment par le carton.

Ainsi se révélèrent des radiations que l'œil humain ne peut pas percevoir directement, mais seulement sous la forme des phénomènes de fluorescence qu'elles produisent, et qui, en outre, sont capables d'agir au travers du carton noir, au travers duquel les rayons cathodiques ne passent pas.

On désigne sous le nom de fluorescence la propriété présentée par certaines substances, auxquelles appartient le platino-cyanure de baryum, de transformer en rayons lumineux visibles les radiations ultra-violettes mentionnées ci-dessus. C'est sur cette propriété que repose le reflet verdâtre que présentent la plupart des pétroles et que nous pouvons remarquer chaque jour. Nous voyons donc que les rayons Röntgen possèdent, comme les rayons ultra-violettes contenus dans la lumière solaire, la propriété connue depuis longtemps pour ces derniers, de produire des phénomènes de fluorescence.

La fluorescence du platino-cyanure de baryum dans la chambre noire, étant inconciliable avec toutes nos connaissances scientifiques antérieures, ne pouvait avoir d'origine que dans le tube, pourtant entièrement recouvert, où se produisaient les rayons cathodiques. Elle doit par conséquent son existence à des radiations qui prennent naissance simultanément avec les rayons cathodiques, mais qui en sont différentes; des rayons que, en premier lieu, notre œil ne peut percevoir, sans quoi ils auraient éclairé la chambre noire, et qui, deuxièmement au contraire de tous les rayons lumineux jusqu'alors connus, sont capables de traverser le carton noir.

Un livre ou une planche de bois placé dans la direction des rayons cathodiques n'empêchait pas la luminescence de l'écran au platino-cyanure situé derrière cet obstacle, preuve que ces rayons traversaient tout aussi bien ces obstacles.

Röntgen remplaça ensuite par une plaque sèche photographique sensible, imprégnée de sels d'argent, l'écran au platino-cyanure du paragraphe précédent, et il observa

que dans la chambre obscure, absolument exempte de lumière, cette plaque était tout aussi bien impressionnée par les rayons invisibles à l'œil, qu'elle l'est par la lumière ordinaire que nous voyons, et qu'elle pouvait par conséquent produire des images.

S'il introduisait ensuite entre la plaque sèche et le tube radiateur des corps beaucoup plus compacts que le papier ou le bois, leur spectre se reproduisait ultérieurement sur la plaque lorsqu'on la développait par le procédé ordinaire. Comme ces rayons traversent les parties charnelles, relativement molles de notre organisme, mais qu'elles ne traversent pas les os, beaucoup plus compacts, il s'ensuit qu'une main éclairée par ces rayons — s'il est permis d'employer le mot éclairé pour des rayons invisibles — projettera sur la plaque photographique l'image de son squelette. On peut même photographier à la lumière du jour à l'aide de ces rayons, car il suffit de placer la main sur une boîte, dans laquelle se trouve une plaque sèche protégée ainsi entièrement contre l'action de la lumière diurne. Si l'on fait ensuite tomber sur la main les rayons Röntgen produits dans un tube *ad hoc*, ils traversent facilement le bois de la boîte, imperméable cependant à la lumière diurne, pour agir sur la plaque qu'elle contient et fixer sur elle l'image du squelette de la main.

Les rayons Röntgen ne sont pas réfrangibles par les lentilles, aussi ne peuvent-ils donner que des silhouettes photographiques très exactes de la même dimension que l'objet interposé. C'est le contraire de ce qui existe pour les photographies ordinaires, puisqu'on peut reproduire sur une photographie de quelques centimètres carrés tout un paysage. Ce fait tient à ce que les rayons lumineux ordinaires sont réfrangibles par les lentilles.

Les rayons de Röntgen invisibles à l'œil humain agissent donc sur les sels d'argent sensibles à la lumière de la même manière que la lumière solaire, et témoignent de la même propriété dans cette réaction purement chimique. Pour nous résumer brièvement, les rayons X ne sont pas des rayons infra-rouges ou ultra-violets, c'est-à-dire cette



portion de la lumière ordinaire, invisible à notre œil, mais qui à l'instar de celle-ci peut être déviée par les lentilles ou décomposée par les prismes. Ce n'est pas de la lumière ou sens ordinaire du mot puisque nous ne pouvons pas les voir. Ensuite, ce ne sont pas non plus des rayons cathodiques, car ceux-ci sont visibles à l'intérieur du tube où on les produit. Mieux encore, c'est une partie des rayons cathodiques qui, en heurtant la paroi du tube, se transforme en rayons Röntgen. Comme on ne peut pas les dévier par l'aimant, ce ne sont pas des courants électriques. Bref, ils constituent quelque chose d'absolument nouveau. L'expérience nous apprendra peu à peu à connaître leur importance, soit au point de vue scientifique, soit à celui de leurs applications possibles dans la vie courante. En tout cas leur utilité en chirurgie est déjà telle qu'on ne saurait plus s'en passer.

En 1896, Becquerel s'occupa de la réversibilité des phénomènes produits par les rayons Röntgen. Il se demanda si, puisque les rayons Röntgen produisent la fluorescence, certains corps fluorescents ne pourraient pas donner naissance aux rayons Röntgen. Afin de s'en rendre compte, il plaça les substances fluorescentes les plus diverses devant une plaque photographique masquée par une enveloppe pour la soustraire à l'influence de la lumière ordinaire. Il découvrit ainsi que certains composés de l'uranium avaient reproduit leur image au travers de l'enveloppe en papier noir sur la plaque qu'il développa ensuite par le procédé habituel. Ces sels avaient donc émis des radiations jusqu'alors inconnues. De cette époque datent les recherches sur les substances agissant d'une manière identique et appelées pour cette raison radioactives.

En particulier, un minéral, la pechblende, que l'on trouve en assez grandes quantités en Bohême, dans la vallée du Joachimsthal, possède des propriétés radioactives des plus remarquables. Ce minéral se compose d'un assez grand nombre de corps simples. Lorsqu'on les sépare par analyse, il semble que la radioactivité reste fixée au baryum. On continua les décompositions et l'on arriva à une substance extrêmement radioactive, qui a reçu le nom de radium.



Actuellement (1904) 1 gramme de bromure de radium, le seul composé de cet élément qui se trouve dans le commerce, vaut 50 000 francs. Ce prix suffit à indiquer quelle faible quantité s'en trouve dans la pechblende et quelle difficulté on éprouve à l'en extraire (1).

(1) Ces découvertes et ces travaux sur le radium sont dus à M. et Mme Curie, deux savants physiciens français. (Note du traducteur.)

## ONZIÈME CONFÉRENCE

---

**Métaux précieux et métaux communs. — Minerais. — Or. — Platine. — Eau régale. — Eau forte. — Argent. — Valeur relative de l'or et de l'argent. — Bimétallisme. — Étalon d'or. — Réduction des oxydes métalliques. — Grillage des combinaisons sulfureuses. — Fonte. — Acier. — Fer forgé. — Haut fourneau. — Scories. — Coke. — Puddlage. — Fer laminé. — Rails. — Acier de cimentation. — Acier fondu. — Convertisseur Bessemer. — Fonte blanche. — Manganèse. — Déphosphoration du fer. — Fonte d'acier. — Acier au nickel. — Récupération des gaz. — Fours régénérateurs. — Fours à flamme libre. — Zinc. — Galvanoplastie. — Potassium. — Sodium. — Aluminium.**

Dans la vie courante nous distinguons deux grandes classes de métaux : les métaux précieux et les métaux communs. La principale différence qui existe entre eux c'est que les métaux précieux ne sont que très peu attaqués par les autres éléments, en particulier l'oxygène et le soufre qui jouent un rôle si considérable par suite de leur immense diffusion sur la terre. Les métaux communs, au contraire, sont facilement attaqués par eux, ou pour nous exprimer autrement, ils se distinguent des métaux précieux par leur facilité à se combiner avec l'oxygène et le soufre.

Nous nous expliquerons ainsi pourquoi l'on trouve en général les métaux précieux à l'état de pureté dans le sol, ce qui les rend faciles à obtenir, tandis que les autres, au cours d'époques incommensurables, ont été transformés soit

en oxydes par l'oxygène, soit en sulfures (1) par le soufre, soit en forme de combinaisons plus complexes encore.

Avant de pouvoir servir à leurs divers usages, les métaux communs doivent être dépouillés par un procédé quelconque de la gangue sous laquelle ils sont cachés dans la nature. Leurs combinaisons naturelles portent le nom de minerais lorsqu'elles se trouvent amassées en certaines régions, en quantités suffisantes pour rendre avantageuse l'extraction industrielle du métal.

Il n'y a pas lieu d'examiner ici tous les métaux, car cela occasionnerait de nombreuses répétitions. Sauf quelques données sur les métaux précieux, nous n'étudierons en détail que l'extraction du fer, le plus important de tous. Cela nous permettra d'obtenir en même temps un aperçu suffisant de l'extraction des autres métaux.

L'or et le platine, qui sont aussi des métaux nobles au sens chimique du mot, ne se présentent guère qu'à l'état natif à la surface du sol. On les trouve dans le sable des rivières ou dans les couches d'alluvions, et on les en extrait par de simples lévignations. Les sables renfermant de l'or sont dits aurifères. Si l'or se trouve encastré dans un minéral, on concasse celui-ci et on le broie sous des pilons; puis on extrait le métal, soit par lavage direct, soit au moyen du mercure, soit encore à l'aide de produits chimiques dissolvant l'or.

Le mercure dissout facilement l'or, cependant insoluble dans les acides isolément. Seul un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique est capable de le dissoudre. Comme les alchimistes voyaient en l'or le roi des métaux, ils donnèrent à ce mélange le nom d'« eau régale ». La raison de cette réaction est que par suite de l'action de l'acide nitrique sur l'acide chlorhydrique, le chlore de ce dernier se trouve mis en liberté et attaque l'or, de sorte que la solution obtenue par l'eau régale nous fournit enfin du

(1) REMARQUE. — Les mineurs donnent aux minerais sulfureux des noms spéciaux tels que: pyrites, galènes, blendes. Les deux premières ont un habitus métallique (comme la litharge par exemple) tandis que les autres ne l'ont pas et ressemblent à des pierres.



chlorure d'or. Pour extraire en grand l'or dans les gisements miniers, on se sert maintenant, en outre du mercure et du chlore, principalement du cyanure de potassium. C'est un procédé de dissolution qui a été récemment inventé.

L'extraction de l'argent, abstraction faite des endroits où on le trouve à l'état natif, n'est pas assez simple pour que nous l'exposions ici. Comme les procédés que l'on emploie dans ce but ne peuvent être appliqués que pour ce seul métal, nous ne nous en occuperons pas, quoique le degré de perfectionnement auquel on les a portés n'ait pas peu contribué à amener la grande baisse de prix de l'argent.

Une question bien plus intéressante pour nous, est celle, toujours de première actualité, de la valeur relative de l'or et de l'argent.

La plus ancienne information que nous possédions à ce sujet date de l'an 710 avant Jésus-Christ. On a découvert dans les fondations du palais du roi Sargon, qui régnait à cette époque, dans l'ancienne ville assyrienne de Khorsabad, une plaque en or et une en argent, recouvertes d'inscriptions. Il en appert que 1 livre d'or valait alors 13 1/3 livres d'argent. Il est très curieux de constater que cette valeur s'est maintenue remarquablement constante au cours des époques ultérieures, aussi bien dans la Rome antique qu'au moyen âge. La valeur relative de l'or et de l'argent nous est connue de manière ininterrompue à partir de 1667, date à laquelle les négociants à la Bourse de Hambourg et à celle de Londres firent coter régulièrement la valeur des deux métaux.

Si nous évaluons en poids, nous trouvons que ce rapport a très peu oscillé pendant les deux siècles suivants jusqu'en 1874, car une livre d'or valait en moyenne 15 1/2 livres d'argent. Mais un grand changement s'opéra en 1874. L'énorme production d'argent en Amérique, surpassée encore pendant un temps par celle de l'Australie, jeta sur le marché mondial une telle quantité du métal blanc (voir plus loin les chiffres relatifs) que l'offre dépassa de beaucoup la demande.

Qu'il s'agisse de métal blanc ou de métal rouge (car le même fait se produisit pour le cuivre pendant quelque temps) ou qu'il s'agisse de céréales, cela ne fait pas de différence; toute denrée qui doit être écoulée à tout prix

doit être vendue en baisse, aussi voyons-nous la valeur de l'argent continuer à baisser : conséquence de l'énorme surproduction à laquelle ne venait pas répondre un besoin équivalent. Dans la suite, pour une livre d'or on a obtenu jusqu'à 37 livres d'argent, davantage même.

Telle est la situation lorsque l'on traite l'or et l'argent comme des denrées, ce qu'ils sont en réalité, car, à l'exemple de toute autre denrée, ils peuvent être produits en n'importe quel endroit et par n'importe quel procédé; par conséquent leur valeur comme celle de toute denrée dépendra de l'offre et de la demande.

La production totale mondiale de l'or, d'après les calculs les plus exacts, depuis 1492, c'est-à-dire depuis la découverte de l'Amérique, jusqu'en 1900 inclusivement, fut de 445 613 500 onces (13 892 500 kilos).

La production totale de l'argent, pour le même espace de temps, fut de 8 338 841 500 onces (260 092 600 kilos).

Voici les chiffres exacts pour les trente-quatre dernières années. L'extraction de ces deux métaux se répartit :

Pour une moyenne de 5 ans.	Annuellement en or (once à 31 grammes).	Annuellement en argent.
1871-1875 . . . . .	5 591 014 onces	63 317 014 onces
1876-1880 . . . . .	5 543 110 —	78 775 602 —
1881-1885 . . . . .	4 794 755 —	92 003 944 —
1886-1890 . . . . .	5 461 282 —	108 911 431 —
1891-1895 . . . . .	7 882 565 —	157 581 331 —
1896-1900 . . . . .	12 461 478 —	165 390 822 —
Par an.		
1901 . . . . .	12 698 089 —	173 011 283 —
1902 . . . . .	14 313 660 —	166 955 639 —
1903 . . . . .	15 894 541 —	» —
1904 . . . . .	16 521 663 —	» —

Un kilogramme d'or vaut 3 396 fr. 98; un kilogramme d'argent, au commencement de 1905, valait 98 fr. 82.

Si on compare leur valeur sous la forme des monnaies qui sont frappées avec ces deux métaux, le rapport entre leur valeur paraîtra bien plus compliqué. Nous reviendrons en détail sur la composition des monnaies, dans la douzième conférence, à propos des alliages métalliques.

Tant que le rapport entre l'or et l'argent demeura constant c'est-à-dire, pour les personnes des générations actuelles, jusqu'à l'an 1874 environ, il était indifférent de posséder par exemple soit une livre de monnaies d'or, soit 15 livres 5, de monnaies d'argent — si nous comptons d'après le titre exact en or ou en argent des monnaies — parce que l'on pouvait à tout instant, suivant ses besoins, échanger les pièces d'or contre la quantité équivalente de pièces d'argent ou vice-versa.

C'était l'époque du bimétallisme justifié. Ces deux métaux convenant particulièrement au monnayage grâce à leur valeur élevée, les gouvernements frappaient la monnaie dans le rapport pondéral de 1 à 15,5.

Un moment arriva cependant où l'on put recevoir pour 1 livre d'or, 16, 17 livres d'argent et même davantage; aussi les gouvernements durent-ils refuser bientôt de monnayer l'argent qui leur était fourni par les particuliers : ce fut la fin du bimétallisme.

En effet, les lois prescrivant de frapper avec 15,5 livres d'argent une somme égale à celle que l'on obtient en monnayant une livre d'or, les Etats se seraient trouvés obligés de frapper le même nombre de pièces qu'autrefois, bien que l'on ait déjà pu acheter les 15,5 livres d'argent pour 9/10 de livre, puis, dans la suite, pour beaucoup moins d'or encore. Le résultat en aurait été que toute les monnaies d'or auraient immédiatement disparu de ces pays. Car les marchands — dans ce cas les banquiers — les auraient emportées à l'étranger afin d'y obtenir pour une livre d'or monnayé — toujours calculée sur le métal fin — non seulement 15,5 livres d'argent mais bientôt 30 et plus; puis ils auraient remis cet argent aux Monnaies des pays d'origine. Celles-ci se seraient trouvées obligées de frapper assez de monnaie avec les 15,5 livres d'argent pour qu'elles puissent, d'après leur inscription, représenter la même somme qu'une livre d'or monnayé et que chacun eût dû accepter pour leur valeur pleine dans ces pays.

Par conséquent, avec le rapport ci-dessus, le banquier se serait trouvé gagner 14,5 livres d'argent rien qu'en faisant frapper l'argent acheté en échange d'une livre d'or.



Dans les dernières années, on put acheter jusqu'à 37 livres d'argent pour 1 livre d'or; comme nous l'avons déjà dit, si les gouvernements avaient continué à frapper de l'argent pour le compte des particuliers, ceux-ci auraient pu gagner jusqu'à 21,5 livres d'argent en échange de chaque livre d'or monnayé exportée. Dans ces conditions il est évident qu'il ne serait pas resté une seule livre d'or monnayé dans les pays en question.

Si l'on traduit en valeur monétaire les rapports pondéraux indiquée, on obtient ceci: à Londres, qui est resté le marché principal des métaux précieux, l'once d'argent (c'est-à-dire 31 grammes environ) valait jusqu'en 1874 environ 60 pence (7 fr. 25); c'était une moyenne qui oscillait à peine au cours des années. Après cette date, il arriva un moment où l'on obtint cette once de métal pour 21 pence (2 fr. 18). A présent (1904) elle vaut 27 pence (2 fr. 81).

Comme l'Allemagne possède l'étalon d'or on y est indépendant de ces fluctuations, car la loi a décidé une fois pour toutes que dans 1 kilo d'argent on frappe 200 marks (244 francs), à raison de 14 marks (17 fr. 08). par tête d'habitant. Aussi 20 marks en pièces d'argent de 1 mark sont-ils loin de posséder à présent la même valeur intrinsèque qu'une pièce d'or de 20 marks. En effet si nous fondons ces 20 pièces d'argent, le lingot obtenu, qui, suivant les prescriptions légales contiendra 100 grammes d'argent fin, constituera une marchandise que l'on ne pourra vendre qu'au poids, c'est-à-dire pour 8 marks (9 fr. 75) à peine, puisque le prix de l'argent n'est que de 81 marks (91 fr. 82) le kilo. Ce n'est donc que grâce à la loi que les 20 pièces de 1 mark possèdent une valeur libérante si supérieure à celle de la valeur de l'argent; aussi la loi prescrit-elle en même temps que, puisque l'étalon d'or est appliqué, personne n'est obligé d'accepter pour un paiement unique plus de 20 marks en pièces d'argent (1).

Aussi est-il assez surprenant de voir subsister encore

(1) Ces considérations sont applicables au régime monétaire français; en tenant compte, toutefois, de la valeur différente du franc et du mark. (Note du traducteur.)

en Europe le parti des bimétallistes. Ce dernier attend la guérison de tous nos maux économiques, ou plutôt, une meilleure rétribution du travail et une augmentation de valeur de la propriété, résultant en une amélioration générale de la situation sociale, par le rétablissement de l'ancien rapport de valeur entre l'or et l'argent, c'est-à-dire le rapport de 1 à 15,5.

Il est vrai que les adeptes moins enragés de cette théorie consentent à admettre maintenant le rapport de 1 à 22 environ. On voit donc que les bimétallistes ne sont même plus d'accord entre eux au sujet de ce qu'ils veulent. Du reste, le rapport exact entre les deux métaux oscille autour de la proportion de 1 à 37.

Ce sont ces fluctuations qui précisément rendent tout bimétallisme impossible aujourd'hui. Admettons un instant que les Etats conviendraient par un accord international de frapper à nouveau des monnaies d'or et d'argent dans un rapport fixe, disons de 1 à 22 par exemple, cela n'aurait comme effet que d'inciter les propriétaires de mines d'argent du monde entier à augmenter leur production, puisque la valeur du métal aurait réaugmenté.

Et, de même qu'ils n'avaient tenu aucun compte de l'ancien bimétallisme justifié tant qu'il existait et qu'ils l'ont détruit, de même augmenteraient-ils leur production jusqu'au point où le nouveau bimétallisme international ne pourrait plus subsister et devrait forcément succomber.

Les Etats les mieux placés sont donc ceux qui ont adopté l'étalon d'or. Leurs habitants possèdent ainsi une mesure de valeur stable, indifférente aux fluctuations des marchés, pour toutes les choses dont la valeur trouve son équivalent en monnaie. Aussi voyons-nous dans les Etats civilisés qui ne le possèdent pas encore une vive tendance se faire jour pour son adoption. Jusqu'à la dernière quinzaine d'années, les bimétallistes inquiétèrent aussi beaucoup les esprits en racontant qu'il n'y avait pas assez d'or de par le monde pour permettre l'adoption de l'étalon d'or dans tous les Etats, parce qu'on ne pourrait pas frapper assez de pièces d'or pour répondre aux besoins des échanges. Depuis les énormes découvertes d'or faites dans le sud de



l'Afrique, plus récemment encore au Klondyke, dans l'Amérique septentrionale et dans l'Australie occidentale, ce souci peut être considéré comme évanoui, pour la présente génération au moins, comme le prouvent les chiffres de production.

Supposons que les bimétallistes obtiennent par leurs utopies de réintroduction d'un bimétallisme international. Ils dépeignent à qui veut les entendre, l'aurore du printemps social qui en résulterait, mais jamais aucun d'entre eux n'a pu en fournir la moindre preuve, parce qu'il n'en existe aucune (sans quoi on pourrait inciter les classes dirigeantes à sa réadoption); même dans cette hypothèse, il faudrait que les bimétallistes réussissent à supprimer les fluctuations du cours de l'argent ou bien le résultat serait une augmentation énorme des bénéfices des propriétaires miniers d'Amérique et d'Australie sans aucun intérêt pour les Européens. Car la production de l'argent en Europe est si minime, par comparaison, que le profit à en retirer serait de bien médiocre importance. Tous les progrès que les bimétallistes prétendent tirer de leur système reposent sur des hypothèses dont ils sont enthousiastes, mais qu'ils n'ont jamais pu consolider par des preuves positives. Il est vrai qu'ils ont établi plus d'une preuve théorique dont l'effet ne manque pas d'influencer les non compétents.

Aussi n'est-il pas surprenant de voir que le bimétallisme augmenta singulièrement d'adhérents lorsqu'il s'adressa à la foule. Les auditeurs des conférences faites à ce sujet ne suivaient guère le fil de ce qu'on leur disait, par suite de la difficulté du sujet, mais on leur assurait que le bimétallisme, mot mystérieux pour eux, serait la cause que chacun toucherait enfin la part de bonheur terrestre à laquelle il a droit: aussi comment ne se seraient-ils pas enthousiasmés pour ce système?

Ne vit-on pas en 1826, lors de l'avènement de l'empereur Constantin, une partie de la garnison de Saint-Petersbourg crier vive la Constitution au lieu de vive Constantin, parce qu'on lui avait dit que c'était le nom de la nouvelle impératrice?

Voilà ce que l'auteur écrivait dans la première édition



de ce livre, en 1896. Depuis, les gouvernements allemands, autrichiens, anglais et français ont plusieurs fois repoussé catégoriquement la proposition qui leur était faite de retourner au bimétallisme. Les prévisions que l'auteur avaient faites également au sujet de la tendance des autres Etats à adopter l'étalon d'or se sont trouvées réalisées par la Russie, en mars 1896 et par le Japon en 1897.

Puis, en novembre 1896 vint l'échec du candidat Bryan à la présidence des Etats-Unis d'Amérique. Ce dernier s'était engagé à faire rétablir le bimétallisme et, malgré les ressources que les rois de l'argent mirent à sa disposition pour une agitation électorale sans précédent, il n'en fut pas moins battu.

On peut donc considérer que le sort du bimétallisme est réglé puisqu'il n'a pas pu triompher dans un pays où se trouvent les contrées les plus riches en argent du globe. Le bimétallisme sera enterré depuis longtemps que ses adeptes continueront à discourir sur ses mérites utopiques, lors des débats monétaires dans les parlements; eux-mêmes finiront par ne plus croire à son succès pratique, mais ils ne cesseront peut-être pas encore de se griser de leurs propres paroles; il est difficile à dire, dans ces conditions, combien de temps il faudra encore compter avec leur parti.

En dehors de la frappe des monnaies, l'emploi de l'argent est considérable, ce que nous nous voulons pas omettre de dire. L'aisance croissante des populations généralise continuellement l'usage de l'argenterie; pensons seulement aux couverts argentés, couteaux, cuillers et fourchettes. La demande qui existe pour ce métal ne diminue nullement malgré la réduction de la frappe de la monnaie d'argent à valeur pleine; mais la production actuelle mondiale de l'argent trouve ses débouchés principaux dans d'autres directions que jadis.

Les métaux communs dont nous allons nous occuper maintenant sont extraits de leurs minerais, ceux-ci sont constitués soit par des oxydes, soit par des sulfures. L'extraction du métal d'un oxyde s'effectue par la réduction,

c'est-à-dire que l'on chauffe le minerai avec du charbon dans des fours appropriés. L'oxyde se trouve réduit à l'état métallique par une réaction qui peut être représentée par l'équation suivante.

Oxyde de fer + charbon = fer + oxyde de carbone.

Avant d'être traités par cette méthode, la seule utilisable dans l'exploitation en grand, les minerais sulfurés doivent être chauffés à l'air, grillés, comme on dit dans la technique. Le soufre en brûlant passe à l'état d'acide sulfureux, qui se dégage sous forme de gaz, tandis que le métal se transforme en oxyde que l'on soumet ensuite à la réduction par le charbon.

Sulfure de zinc + oxygène = acide sulfureux + oxyde de zinc.

Oxyde de zinc + charbon = zinc + oxyde de carbone.

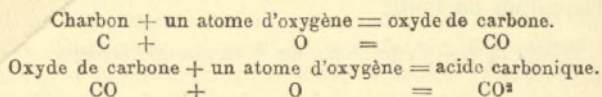
Si l'on permettait à l'acide sulfureux dégagé de s'échapper dans l'atmosphère ambiante, il ne tarderait pas à détruire toute la végétation aux alentours (v. p. 195). Aussi le recueille-t-on aujourd'hui par des dispositifs perfectionnés apportés à la construction des fours et on le transforme en acide sulfurique.

Nous avons vu, dans les équations ci-dessus, que lors de la réduction des oxydes métalliques, le charbon, par suite de la chaleur des fours, ne se transforme qu'en oxyde de carbone, tandis que nous l'avions toujours vu se combiner en formant directement de l'acide carbonique.

Comme il est indispensable de savoir comment le carbone se comporte vis-à-vis de l'oxygène, lorsqu'il brûle, afin de bien comprendre ce qui suit, nous allons l'expliquer ici, ce qui peut heureusement se faire en peu de mots.

La raison pour laquelle le charbon ne se transforme qu'en oxyde de carbone pendant la réduction des minerais, c'est que grâce à la température élevée que les oxydes doivent subir, le carbone ne peut se combiner qu'à un seul atome d'oxygène en formant le gaz oxyde de carbone. Ce dernier, en brûlant à son tour, peut fixer un deuxième

atome d'oxygène et former de l'acide carbonique. Les équations suivantes démontrent clairement la marche de ce processus.



L'oxyde de carbone constitue donc l'échelon intermédiaire de la combustion entre le carbone et l'acide carbonique.

Nous passons maintenant aux procédés spéciaux qui permettent d'obtenir le fer. Depuis des temps très anciens on distingue trois variétés principales de fer :

La fonte,	qui	contient	2,3	p. 100	et	plus	de	carbone.
L'acier,	—	—	1,6	—	—	—	—	—
Le fer forgé	—	—	0,5	—	environ	(1)	—	—

Il faut bien tenir compte de cela pour comprendre ce qui va suivre.

La fonte est fusible et, comme son nom l'indique, sert à la fabrication des objets en fer fondu; mais on ne peut la forger, car lorsqu'on la chauffe elle passe sans transition de l'état solide à l'état liquide. L'acier et le fer forgé au contraire se ramollissent sous l'influence de la chaleur et peuvent être forgés. Les objets forgés en acier peuvent être encore durcis par un refroidissement brusque appelé trempe; mais les fers forgés ne peuvent pas être durcis. Le terme forgé signifie donc que les sortes de fer qu'il désigne peuvent être ramollies, lorsqu'on les chauffe au rouge blanc et qu'on peut leur donner alors la forme qu'on désire soit par martelage, soit par compression.

Ces deux variétés de fer peuvent être soudées. Cela signifie que si l'on en chauffe deux fragments au rouge blanc, puis qu'on les martèle fortement après les avoir juxtaposés, ils adhéreront intimement l'un à l'autre et ne formeront plus qu'un seul morceau.

(1) REMARQUE. — Du fer contenant de 1,6 à 2,3 p. 100 de carbone ne saurait trouver d'utilisation pratique.



Ils se comportent donc de la même manière que le feraient deux morceaux de cire ramollis par la chaleur de la main et réunis par la pression des doigts.

La sidérurgie moderne distingue un bien plus grand nombre de variétés de fer que les trois sortes indiquées ci-dessus ; mais, comme nous allons le voir, nous pouvons nous en contenter.

En effet, on fabrique aujourd'hui tant de sortes différentes de métal forgeable intermédiaire entre le fer et l'acier qu'il est souvent impossible de dire si l'on a affaire à un acier ou à un fer forgé. Aussi est-il bien plus rationnel, maintenant, de distinguer les fers forgeables par le nom de la dernière étape de leur fabrication que par les termes d'acier ou de fer forgé. Comme nous le verrons plus tard, une partie des fers est obtenue sous forme d'une masse forgeable, sans que la matière première ait subi de fusion : ce sont les aciers et les fers à souder. D'autres, bien qu'obtenus par fusion, peuvent cependant être forgés ensuite, ce sont les fers ou aciers fondus ou coulés. Comme toutes ces expressions sont employées couramment aujourd'hui et que nous pouvons les rencontrer à chaque instant dans la description de grandes constructions métalliques, telles que les ponts par exemple, il était nécessaire de les expliquer ici.

Pour fabriquer les fers et les aciers à souder on se sert maintenant principalement des trois procédés suivants :

- Le puddlage ;
- La cémentation ;
- Le recuit.

Pour fabriquer les fers et les aciers fondus, on utilise les procédés de :

- Bessemer,
- Siemens Martin,

que nous allons apprendre à connaître en suivant l'exposé historique des progrès de la métallurgie.

Ainsi que nous venons de l'apprendre, tous les fers

marchands contiennent du carbone. Nous avons vu pourtant plus haut que l'on s'efforçait d'obtenir les métaux à l'état de plus grande pureté possible, parce que c'est celui sous lequel leurs diverses qualités sont le plus appréciables. Il n'en est pas de même pour le fer. C'est précisément cette pollution du fer par le carbone (en nous permettant d'employer ce mot dans ce cas spécial), c'est cette impureté qui est absolument nécessaire pour qu'il puisse présenter les propriétés si diverses qui en font le plus utile et le plus utilisé de tous les métaux.

Ce n'est seulement qu'à une très haute température que le fer devient capable d'absorber plus de 2,3 p. 100 de carbone : aussi l'antiquité n'a-t-elle pas connu la fonte. Le fer forgé remonte, au contraire, à une époque des plus reculées. On en a trouvé un fragment à l'intérieur d'une pyramide à laquelle on attribue 4900 ans d'existence. Mais la fabrication du fer forgé dépendait aussi du degré de civilisation que les nations qui savaient forger avaient pu acquérir. César raconte que lorsqu'il envahit la Grande-Bretagne, environ cinquante ans avant Jésus-Christ, l'or et le fer forgé y avaient à peu près la même valeur car les habitants ne pouvaient se procurer le peu qu'ils en possédaient que par les marchands.

A cette époque, la fabrication du fer était encore inconnue en Angleterre, le pays pourtant qui fit faire de si grands progrès à la métallurgie et dont la production en fer brut est restée pendant plusieurs siècles la plus importante du globe. Car ce n'est que peu de temps avant la fin du dix-neuvième siècle que cette production a été dépassée par celle des Etats-Unis; il est vrai que la superficie de ces derniers est aussi considérablement plus vaste; peu après, l'Allemagne à son tour dépassa aussi l'Angleterre (1). Pour donner une idée de la hardiesse avec laquelle procèdent les

(1) REMARQUE. — En 1903, les Etats-Unis produisaient 18 950 000 tonnes de fer brut; l'Allemagne, 10 851 000; l'Angleterre, 8 811 000; la France, 2 828 000; la Russie, 2 405 000; la Belgique, 1 300 000; l'Italie, 45 000; le Japon, 35 000.

propriétaires de mines américains, nous citerons les chiffres suivants : Vers 1890, on découvrit les mines de fer de Mesabi, dont le minerai contient 58 p. 100 de fer. En 1892, ces mines produisaient 4 245 tonnes (de 1000 kilos chaque) de minerai ; l'année suivante, 613 620 tonnes ; en 1894, 1 792 170 tonnes. Peu après la production annuelle fut portée à 5 000 000 de tonnes et se maintint à ce chiffre. Une augmentation pareille de la production serait impossible en Europe.

La fusion du fer contenu dans les minerais ne peut être décrite sans expliquer simultanément par quels moyens on arrive à produire la chaleur colossale qui y est nécessaire. La production de ces hautes températures dans des fours de construction appropriée constitue un problème de technique des plus intéressants par lui-même. Aussi, étudierons-nous, en leur lieu et place, la manière d'utiliser les combustibles pour produire ces températures si élevées.

Si nous faisons à même le sol un feu de charbon ou de bois, il flambera sans donner beaucoup de chaleur, car l'accès de l'air, dont l'oxygène est indispensable à la combustion du carbone, est tout à fait insuffisant.

Le résultat changera déjà si nous plaçons le combustible sur un fond perforé, de sorte que l'air ait également accès par le dessous. C'est ce que nous faisons en brûlant le combustible sur des grilles. Si nous veillons à ce que les produits de combustion, tels que l'acide carbonique, etc. soient évacués rapidement, en fixant un tuyau de dégagement, servant d'appel d'air, à une hauteur convenable au-dessus du foyer, le courant d'air passant au travers de la grille produira une combustion régulièrement intense du combustible.

Ce tuyau, qui dans les maisons prend la forme d'une cheminée, agit en créant un courant d'air, parce que les gaz de combustion tels, par exemple, l'acide carbonique et l'azote incombustible arrivés dans le feu comme élément de l'air, y sont fortement échauffés : ils se dilatent alors, deviennent plus légers que l'atmosphère ambiante et ont par suite une tendance à s'élever. Ils exercent



simultanément une action aspirante sur le foyer, ce qui entraîne perpétuellement un nouveau courant d'air au travers de la grille.

On peut réduire beaucoup d'oxydes métalliques en leur métal en présence du charbon dans des foyers de cette espèce, mais ils ne suffisent pas pour l'oxyde de fer. On ne pourra réduire celui-ci que si l'on retire au feu le soin d'aspirer lui-même l'air nécessaire, en insufflant directement ce dernier dans le foyer, ce qui produit naturellement une combustion très intense. C'est ce dernier procédé qui est appliqué à tous les feux de forge, car ils sont tous munis d'un soufflet qui sert à activer la combustion. C'est au feu de forge (v. fig. 18) que les anciens réduisaient l'oxyde

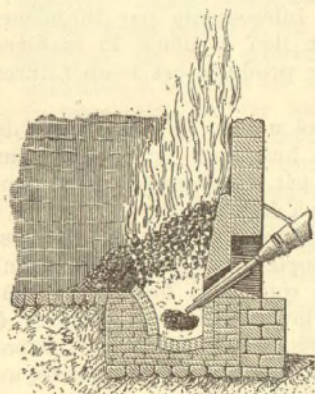


Fig. 18.

Foyer catalan.

de fer. Suivant la différence dans le traitement subi par l'oxyde métallique, le métal s'unissait à plus ou moins de carbone, et ils obtenaient tantôt un bloc d'acier, tantôt un bloc de fer. L'obtention de l'une ou l'autre de ces variétés dépend précisément de la quantité de carbone combinée au métal.

Les résultats variaient avec la pureté du minerai, l'habileté des ouvriers, qui se repassaient leurs connaissances et leurs tours de mains de génération en génération. Ceci nous explique la réputation des lames de Damas et de To-

lède, qui étaient connues dans le monde entier; cela provenait de ce qu'on avait, dans ces villes, poussé très loin l'art de forger l'acier, travail réellement difficile lorsqu'on ne dispose dans ce but que de simples feux de forge. Cet ancien procédé, abandonné depuis longtemps, porte le nom de méthode rapide ou catalane. Il nous explique la célébrité de certains forgerons dans l'antiquité, comme, par

exemple le fameux forgeron Wieland de la légende germanique (1).

On ne peut traiter au feu de forge que des minerais relativement faciles à réduire. Mais la métallurgie du fer se répandant dans tous les pays qui se civilisaient peu à peu, on ne trouva pas partout de ces minerais, qui n'existent que dans certains endroits, et l'on se vit obligé d'avoir recours à l'élévation de la chaleur du foyer pour le traitement des minerais indigènes.

L'on y parvint en entourant le feu de forge d'une construction en pierre qui en fit un fourneau à cuve (v. fig. 19) passant ainsi des anciens foyers plats aux hauts-fourneaux. La chaleur du feu ne se perdait plus dans l'air ambiant et les pierres devenues incandescentes la concentraient. La chaleur devient alors si grande, que le fer réduit dans un semblable fourneau, absorbe une quantité de carbone supérieure à 2 p. 100; il devient fusible, se liquéfie et s'échappe du fourneau à l'état liquide.

Cette invention paraît avoir été faite dans le sud de l'Alsace, près de Mulhouse. Du moins, les plus anciennes pièces de fonte que l'on possède, datant de 1490 environ, proviennent de cette contrée. L'invention de la fonte est donc contemporaine de la découverte de l'Amérique.

La méthode de sa fabrication ne se répandit cependant que très lentement. Ce ne fut qu'en 1547 qu'on commença à la fabriquer en Angleterre. En Prusse même, l'on ne fondit le fer pour la première fois qu'en 1667; il est vrai que l'étendue territoriale de ce pays était alors très éloignée de ce qu'elle est aujourd'hui.

Nos hauts fourneaux actuels ne sont pas autre chose

(1) REMARQUE. — La légende germanique attribue à ce héros fabuleux, fils d'un géant de la mer, l'invention de la forge du fer; c'est en quelque sorte un Vulcain gothique; les fabliaux vieux français le mentionnent sous le nom de Gualand-Galand. (Note du traducteur.)

que ces fours à cuve extraordinairement agrandis et perfectionnés (v. fig. 19) (1).

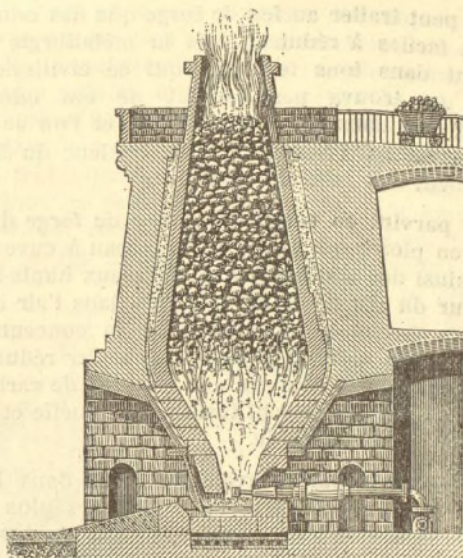


Fig. 19. — Haut fourneau.

Nous avons encore quelques remarques à faire à propos de l'obtention du fer. Lorsque le minerai est réduit à l'état de métal par l'action du charbon à haute température, le métal descend dans le fourneau jusqu'à ce qu'il arrive à

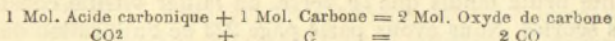
(1) REMARQUE. — L'image que nous donnons d'un haut fourneau (v. fig. 19) ne saurait être à présent que schématique. Elle représente un fourneau tel qu'on l'employait en 1830, et nous sert uniquement à l'explication du processus de la fabrication du fer brut; mais elle n'a aucune prétention à représenter les hauts fourneaux monstres modernes. Ces derniers n'ont pas moins de 6 à 8 tuyères pour l'insufflation de l'air, tandis que nous n'en voyons qu'une sur la figure. Sur celle-ci, le four est représenté ouvert à son extrémité supérieure, et brûlant à l'air libre, cela a été



un endroit où la chaleur est suffisante pour qu'il se combine à la quantité de carbone nécessaire à sa liquéfaction. Il lui reste alors à traverser la zone de l'arrivée de l'air insufflé dans le fourneau. A cet endroit la température est si élevée qu'il se transformerait en oxyde de fer, en brûlant, si l'on n'avait eu soin d'ajouter des substances qui s'opposent à cette oxydation. Ce sont ces substances de « sûreté » qui constituent les scories (ou laitiers).

Les scories sont une espèce de verre et par conséquent des silicates doubles comme nous le savons déjà (v. p. 215). On introduit dans le haut fourneau, en outre du charbon et du minerai de fer, de la pierre à chaux (ou castine), de l'argile (ou silicate d'alumine) et du sable (ou erube),

bien changé également. A l'endroit où l'on insuffle dans le fourneau, l'air préalablement échauffé fortement, le charbon brûle en formant de l'acide carbonique. Le gaz carbonique incandescent réagit ensuite sur les couches chaudes du charbon situées dessus, en se combinant de nouveau avec leur carbone en reformant de l'oxyde de carbone.



De sorte qu'il s'échappe du fourneau de l'oxyde de carbone mélangé, dilué en quelque sorte, dans une grande quantité d'azote. Or, l'oxyde de carbone est un gaz combustible. Aussi, au lieu de laisser perdre ou brûler dans l'air ce mélange gazeux, contenant habituellement 24 à 34 p. 100 d'oxyde de carbone, on recouvre maintenant le haut fourneau d'un couvercle et l'on emploie une partie des gaz recueillis à chauffer l'air que l'on insuffle dans le fourneau par la soufflerie. Cette invention est due à l'ingénieur wurtembourgeois Faber du Faur, en 1830. Une autre partie du gaz est employée à chauffer les chaudières des machines à vapeur. Mais ces deux procédés d'utilisation ne parviennent pas à consommer toute la provision de gaz dont on dispose. En 1886, l'ingénieur Sührmann proposa d'employer également le gaz à la commande de moteurs à gaz, idée qui ne reçut d'application pratique que douze ans plus tard. Depuis 1898, en effet, on emploie le gaz de haut fourneau dans des moteurs à gaz dont la puissance atteint des 1000 chevaux-vapeur, en s'en servant tout à fait comme on procède avec le gaz d'éclairage. Cette source d'énergie est très capable de concurrencer, au point de vue du bon marché, les chutes d'eau que l'on a appris aussi à utiliser.

si c'est nécessaire. Les quantités de chacune de ces matières varient suivant la nature des substances mélangées naturellement ou combinées à l'oxyde de fer dans le minerai. On choisit également les matières les moins coûteuses que l'on a sous la main; mais celles que nous citons sont le plus généralement employées. Sous l'influence de la température du haut fourneau, elles se combinent entre elles en formant un silicate double d'alumine et de chaux, c'est-à-dire une sorte de verre.

Le mélange de ces matières est toujours établi de telle sorte qu'elles ne forment le verre fondu que lorsque le fer a suffisamment absorbé de carbone pour être transformé en fonte. Ce verre entoure alors les particules de fonte et les protège contre l'action de l'air insufflé. Par ce procédé le métal traverse la zone d'air brûlant sans courir le risque d'être brûlé lui-même et sans subir d'oxydation.

Au-dessous de cette zone, la fonte en fusion se sépare, par son propre poids, du verre plus léger qui surnage. Tous deux s'échappent à l'état liquide, hors du haut fourneau lorsqu'on ouvre ce dernier. Le fer solidifié ensuite prend le nom de fonte brute tandis que le verre, ou laitier vitrifié, constitue les scories. Nous avons parlé page 223 de l'utilisation de ces scories à la fabrication des ciments.

Grâce à l'invention de la fonte, la métallurgie du fer se transforma en grande industrie. Auparavant, le forgeron fabriquait lui-même, dans son foyer catalan, deux ou trois blocs de fer d'un poids d'environ 80 livres chacun, par journée de travail. Le lendemain, il continuait son travail ou s'arrêtait suivant le cas. Il en est tout autrement avec la fabrication de la fonte. Lorsqu'un haut fourneau est en marche, il ne doit s'arrêter ni jour ni nuit; autrement sa chaleur ne serait plus suffisante pour fondre le fer. Par suite de cette activité ininterrompue, il fournit d'énormes quantités de fonte, et celle-ci a pu devenir ainsi un produit d'usage, à bon marché.

Pour pouvoir se servir d'un haut fourneau, il faut disposer d'un assez grand nombre d'ouvriers travaillant le jour et la nuit. Le petit forgeron indépendant de jadis s'est transformé d'artisan en ouvrier salarié, tandis que le proprié-



taire du haut fourneau est un grand industriel suivant l'appellation moderne. Sa tâche ne consiste plus à coopérer personnellement à la fabrication du fer mais bien à trouver des débouchés pour la masse des produits fabriqués, les ouvriers fondeurs, dont le temps et la force sont entièrement requis par leur occupation, ne pouvant s'occuper de cette question. Le patron doit chercher en outre à écouler son produit, non seulement de manière à rémunérer suffisamment le travail des ouvriers par un salaire approprié, mais encore de façon à y trouver un bénéfice pour lui, bénéfice qui dans des mains expérimentées peut se transformer en grandes richesses.

L'exploitation des forges et hauts fourneaux exige des capitaux dépassant les moyens d'une seule personne; aussi la plupart de ces grands établissements sont-ils exploités chacun par un groupe plus ou moins nombreux de capitalistes réunis en sociétés par actions.

Nous avons vu que le fer brut contient plus de 2,3 p. 100 de carbone. Si l'on parvient à brûler une partie de ce carbone le fer brut se transformera en acier ou en fer ductile et c'est ce qui a lieu en réalité. Que l'on vienne à chauffer de la fonte brute dans un feu de forge, sous un courant d'air violent, elle perd la propriété de se liquéfier, et devient pâteuse, en même temps qu'une partie du carbone qu'elle contient disparaît en brûlant. Suivant l'habileté de l'ouvrier, on obtiendra de l'acier ou du fer doux. Ce dernier est beaucoup plus facile à obtenir, car il est plus difficile de saisir le moment exact où le fer contient encore assez de carbone pour jouir des propriétés de l'acier, que d'éliminer presque complètement le carbone, en obtenant du fer ductile; il reste toujours assez de carbone dans le métal pour qu'il présente les propriétés particulières du fer ductile. Cette méthode de fabrication du fer forgé à partir de la fonte brute porte le nom d'affinage.

Il est beaucoup plus commode et moins cher de fabriquer le fer doux en affinant la fonte obtenue dans le haut fourneau que de le préparer directement à partir du minerai comme on le faisait par l'ancienne méthode catalane. Aussi ce procédé, qui pendant plusieurs milliers d'années a fourni



le fer nécessaire aux hommes et que l'antiquité classique n'a pas su perfectionner, a-t-il disparu assez brusquement.

La fonte brute, telle qu'elle s'échappe du haut fourneau est devenue la base de toute la sidérurgie.

Les choses en étaient arrivées là en 1620. En Angleterre surtout la fabrication de la fonte brute avait déjà atteint de grandes proportions, parce qu'à cette époque ce pays y était plus propre que tout autre.

L'intelligence de ses habitants leur permit d'exploiter activement les nombreuses mines de fer situées dans ce pays, tandis que les nombreux cours d'eau qui le sillonnent permettaient une exportation facile du métal fini à l'étranger. Comme à cette époque l'on n'avait pas encore de routes proprement dites, mais seulement des grands chemins que la moindre pluie rendait impraticables, cette circonstance était d'une importance capitale, parce qu'elle facilitait tellement le transport de grandes quantités de fer brut, qu'elle en rendait la fabrication désavantageuse dans les pays éloignés des rivières ou de la mer.

Le combustible alors employé dans les hauts fourneaux était le charbon de bois. A cause de la grande consommation qui s'en faisait ainsi, les forêts anglaises se mirent à disparaître à vue d'œil. Il fallut donc chercher un combustible qui pût le remplacer, bien plus par impérieuse nécessité que par crainte de la destruction totale des forêts, dont on ne se souciait guère à cette époque. Si l'on voulait préparer aujourd'hui toute la fonte à l'aide du charbon de bois, les forêts des pays civilisés seraient épuisées en quelques dizaines d'années.

Comme remplaçant du bois, l'Angleterre offrait la houille. Mais on ne peut pas chauffer des hauts fourneaux avec de la houille. Observons la combustion du charbon de terre, nous verrons qu'il se ramollit en brûlant et donne naissance à des substances goudroneuses qui s'échappent à l'état liquide. Dans le haut fourneau, ces masses demi-liquides empâteraient rapidement toute la houille ce qui rendrait impossible le passage de l'air insufflé et amènerait l'extinction du feu. C'est alors qu'on eut l'idée de griller auparavant le charbon, ce qui en faisait du coke. Pour cela on

plaça les morceaux de charbon dans un espace clos (tout comme l'on fait pour le charbon de bois, dans les meules des charbonniers), et où le manque d'air empêche la houille de brûler. Mais la chaleur qui y règne est suffisante pour retirer de la houille toutes les substances très fusibles et volatiles, dont on ne se souciait guère à cette époque-là et qu'on laissait se perdre dans l'atmosphère. On ne s'occupait que du résidu de cette opération, c'est-à-dire du coke (v. p. 31). Ce dernier étant une matière dure ne se ramollissant pas par la chaleur, constituait un excellent combustible pour le haut fourneau, parce qu'elle y brûle sans se liquéfier.

Ce fut vers 1700 que l'on commença à chauffer les hauts fourneaux avec du coke, et comme on pouvait se procurer des quantités quelconques de ce nouveau combustible, la production du fer brut s'accrût considérablement, jusqu'à ce qu'elle prit après 1800 cet essor puissant dont on ne saurait prévoir la fin.

La solidité du coke permet de construire des fourneaux ayant jusqu'à 30 mètres de hauteur, sans que leur contenu s'écrase sous son propre poids. Les masses de combustible qu'un semblable appareil consomme quotidiennement n'auraient jamais pu être apportées ni chargées dedans en suivant l'ancien procédé. Cela ne devint possible qu'après l'invention des machines à vapeur et des chemins de fer.

En 1800 les hauts fourneaux au charbon de bois tels qu'on s'en servait en Styrie produisaient en vingt-quatre heures de 3 000 à 4 444 kilos de fer brut. Un fourneau à coke produisait en 1875 déjà 100 000 kilos et il y en a qui fournissent maintenant jusqu'à 500 000 kilos pendant le même laps de temps. Le dernier mot du développement des hauts fourneaux modernes de pareille capacité de production, c'est le haut fourneau blindé en acier.

On ne les construit plus en pierre mais en fonte, et l'on garnit leur intérieur d'un revêtement en briques réfractaires de 10 centimètres d'épaisseur seulement. En revanche, ils doivent être perpétuellement refroidis à l'extérieur par un bain d'eau froide coulant sans interruption sur toute leur surface extérieure à raison de 6 litres d'eau froide par



mètre carré de surface et par minute. En 1800, on employait encore 8 tonnes de coke pour obtenir 1 tonne de fonte; en 1850, on n'en employait déjà plus que 3 tonnes, et, en 1900, une tonne seulement, ce qui correspond sensiblement au chiffre que la théorie prévoit comme réalisable. L'importance du rôle joué par le fer dans la vie économique des peuples, est démontrée par ce fait qu'en 1900, la valeur de la production totale de fer, pourtant le moins coûteux de tous les métaux, dépassait d'une fois et demie celle de la production de tous les autres métaux réunis, y compris l'or et l'argent.

Pendant que le côté technique de cette industrie se perfectionne peu à peu, la chimie, de son côté, travaille sans cesse à l'explication des réactions compliquées qui ont lieu à l'intérieur des hauts fourneaux.

Ne croyez pas, en effet, que tout se passe en réalité d'une manière aussi simple que nous l'avons exposé pour ainsi dire schématiquement. A mesure que l'on arrivait peu à peu à se rendre compte que la teneur en carbone du fer, par exemple, était la raison de ses différentes propriétés, — ce dont on ne s'aperçoit pas au simple examen visuel, — les étonnants progrès basés sur cette constatation s'accumulaient et atteignaient de plus en plus cette perfection qui tend à faire passer notre génération de l'âge du fer dans celui de l'acier.

On ne saurait plus parler, en lui laissant son ancienne signification, de l'art du forgeron. L'art de l'emploi des hauts fourneaux est propriété commune de tous les sidérurgistes et la possibilité d'existence d'un haut fourneau dépend uniquement des circonstances économiques. C'est ce qui explique comment un grandiose établissement de hauts fourneaux a pu s'élever en 1895 aux environs de Stettin, région située dans les plaines basses du nord de l'Allemagne, et où il n'existe ni houille, ni minerai de fer, ni même de calcaire nécessaire pour le laitier. Mais tout cela peut être importé par voie maritime d'Angleterre et de Suède, par l'entremise de ce grand port, et à des conditions très suffisamment avantageuses, car le fer fourni par ces matières premières, libres de tout droit de douane à l'entrée, est protégé par des droits frap-



pés sur les fers anglais et suédois, dont le montant lui garantit à l'intérieur de l'empire une grande avance sur les fers étrangers.

Le manque de charbon de bois, comme nous l'avons vu, obligea d'abord l'Angleterre à recourir au coke. Le fer brut obtenu, quand il n'est pas employé à l'état de fonte, est transformé en acier ou en fer. Pour obtenir cette dernière sorte, il faut le travailler à un feu de forge très ardent, sous un puissant courant d'air, procédé qui porte, nous le savons, le nom d'affinage. Le carbone qu'il contient brûle peu à peu et de 2,3 p. 100 qu'il était, tombe à 1/2 p. 100, point auquel la fonte travaillée est transformée en acier.

Le seul combustible qu'on puisse employer pour ce procédé est le charbon de bois, car les cendres de la houille et du coke contiennent des matières qui, lorsqu'elles sont mises en contact intime avec le fer, comme cela a lieu lors du martelage du bloc de fer brut dans le feu de forge, réagissent chimiquement sur lui d'une manière si nuisible qu'il ne saurait plus être utilisé.

Alors que la fonte brute, obtenue industriellement en grandes quantités, était devenue depuis longtemps très bon marché, le fer ductile, qu'on appelle aussi fer à souder, restait d'un prix élevé, car sa préparation ne pouvait s'effectuer qu'en petite industrie puisqu'il fallait, comme de toute antiquité, continuer à travailler un par un les blocs de fer dans le feu de forge, et qu'il fallait en outre employer à sa préparation le charbon de bois très cher. L'invention de l'Anglais Cort, dont le brevet date de 1784, apporta un grand changement à cette situation. Il eut l'idée de séparer le foyer du fer brut, pendant la préparation du fer ductile, de telle sorte que la cendre du combustible ne vient plus en contact avec le métal brut, et qu'elle perd par suite toute action nuisible. Dans ce but, il effectuait la transformation du métal dans un four à réverbère. Ce procédé, appelé puddlage, est resté toujours en usage jusqu'à présent, bien que le système de chauffage des fours ait changé en maint endroit, sur quoi nous allons revenir ci-après. Dans le four

à réverbère (v. fig. 20), ce n'est plus que la flamme du feu brûlant sur une grille, qui agit sur le fer brut, tandis que ce dernier, contrairement à ce qui a lieu dans le feu de forge, n'est plus du tout en contact avec les cendres et leurs principes nuisibles.

Sur la sole C séparée du combustible situé sur une grille A par un pont B, on peut chauffer à la fois un assez grand nombre de blocs de fer brut, dont la teneur en carbone brûle et s'abaisse jusqu'à un petit restant, de sorte que ce procédé livre donc de grandes quantités de fer puddlé. Comme le four doit fonctionner sans interruption jour et nuit,

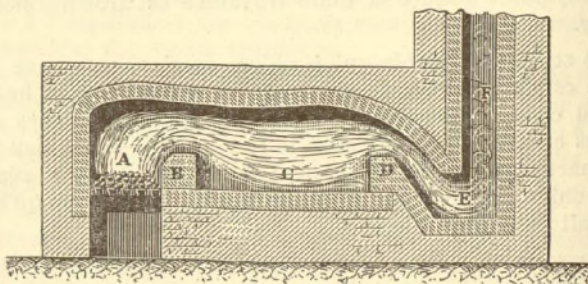


Fig. 20. — Four à puddler.

- A. Grille pour brûler le combustible.
- B. Pont séparant le foyer de la sole.
- C. Sole recevant le fer à puddler.
- D. Butte séparant la sole de E.
- E. Carneau pour l'évacuation des gaz.
- F. Cheminée.

pour rester chaud, ce procédé est devenu aussi une grande industrie. Un nombre d'ouvriers égal prépare au moyen du puddlage à peu près dix fois plus de fer ductile que par l'ancien procédé d'affinage et cela tout en réalisant une importante économie de combustible.

Jusqu'à l'invention du puddlage, il avait fallu marteler soit à la main, soit au moyen d'un marteau plus gros, mû par une roue à aubes, les blocs de fer forgé isolé livrés par le vieux procédé de l'affinage. Aussi ne trouvons-nous jamais une surface unie sur les anciennes pièces en fer forgé, et

on peut toujours y trouver la trace de tous les coups de marteau, même lorsqu'elles sont faites en fer en bandes, dont aujourd'hui la surface est si unie, qu'elle en paraît polie.

On n'aurait pas pu venir à bout au moyen de ce procédé primitif des masses de fer livrées par le puddlage. Aussi Cort eut-il recours au laminage qu'il introduisit également dans la pratique, c'est-à-dire qu'il étirait, pour leur donner la forme voulue, les blocs de fer encore incandescents, entre les cylindres d'un laminoir. Lorsque les deux cylindres tournent très près l'un de l'autre, et qu'ils portent des cannelures carrées découpées à leur surface et correspondant les unes aux autres, on obtient des fers carrés qui doivent être absolument lisses si les cannelures ont été convenablement taillées. Si l'on découpe dans le cylindre supérieur, le champignon, dans le cylindre du dessous, la partie inférieure d'un rail de chemin de fer, le train de laminoir fournira des rails. Si l'on fait passer le morceau de fer entre deux cylindres lisses, séparés par un écart déterminé, il prendra la forme d'une tôle, etc. L'eau que l'on voit couler sur les cylindres (v. fig. ci-contre), sert à les refroidir.

A l'instar de tant d'autres grands inventeurs, les inventions de Cort ne lui rapportèrent aucun profit, quelque grands que fussent les progrès que ses travaux et ses

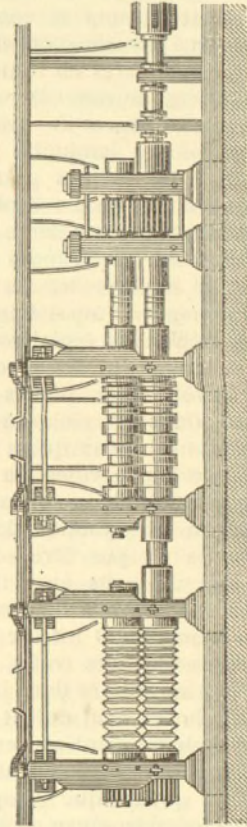


Fig. 21. — Train de laminoir.



conceptions firent faire à la civilisation. Les nombreuses et coûteuses expériences qu'il dut faire engloutirent ses ressources et il mourut finalement dans la misère.

C'est également vers la fin du dix-huitième siècle que James Watt inventa la machine à vapeur. La capacité de travail en était très modeste au début, car Watt ne disposait que de chaudières en fonte pour produire la vapeur nécessaire à leur marche. Or, à cette époque, on ne savait pas encore construire de grandes chaudières. Cela changea le jour où les laminoirs permirent d'obtenir des tôles en fer forgé de formes grandes et régulières.

Aujourd'hui, on a remplacé le fer par l'acier et l'on peut construire des chaudières de grandeur quelconque permettant d'obtenir de grandes quantités de vapeur à la fois, et par suite, d'alimenter les machines les plus puissantes.

Nous pouvons aussi faire remonter au début du dix-neuvième siècle, les tentatives faites pour remplacer la traction animale par des machines à vapeur mobiles. Comme nous l'avons déjà dit, les mines anglaises sont situées, en général, dans le voisinage des rivières et, pour y apporter les lourds fardeaux qu'on y manipule, on se servait depuis longtemps de « voies en bois ». On s'était contenté de poser sur les chemins des poutres transversales et de les réunir en un système par de longs madriers parallèles.

Afin de ne pas être obligé de renouveler souvent les madriers ou rails entre lesquelles les chevaux circulent on les avait munis de planches clouées qui étaient renouvelées séparément au fur et à mesure de l'usure produite par le passage des roues. Or, il se produisit, en 1767, une crise extraordinaire dans la métallurgie du fer, par suite de laquelle le fer brut devint en quelque sorte invendable. Un grand établissement qui en posséda bientôt un vaste stock, en fit couler des bandes allongées, et afin de l'utiliser d'une manière quelconque jusqu'à la fin de la crise, on en garnit l'infrastructure en bois des voies de transport précitées. Celles-ci furent transformées ainsi en « railways » ou « chemins de fer » et ce furent les premiers qui eussent jamais été en usage.

Cet essai eut le plus grand succès. Les chevaux étaient ca-

pables de tirer de bien plus lourds fardeaux sur cette infrastructure lisse, que sur les planches antérieurement employées. L'usure du fer était pour ainsi dire nulle. Aussi, lorsque la crise du fer eut pris fin, non seulement ce premier railway resta-t-il en usage constant, mais tous les autres établissements miniers ou sidérurgiques adoptèrent cette installation.

On était ainsi parvenu à l'infrastructure la plus appropriée pour une traction mécanique. La première locomotive utilisable pour le transport des personnes fut comme on sait, construit par Stephenson.

Lorsque l'on relève dans les publications des brevets anglais de l'époque, le nombre des inventions et des expériences non réussies concernant les « voitures à vapeur », on en comprend d'autant mieux l'admiration et le respect des contemporains pour cet inventeur qui finit par trouver la solution juste d'un problème si difficile et déjà si travaillé.

Après l'invention du puddlage, la fonte et le fer doux étaient devenus très faciles à fabriquer. Mais il n'en était pas de même pour l'acier, cette variété de fer si précieuse quant à son utilité. En pratique, il est aussi difficile d'obtenir de l'acier par le puddlage que par l'ancien procédé de l'affinage, quoique la théorie ne fasse prévoir aucun inconvénient, car il suffirait, en somme, d'arrêter le puddlage lorsque le fer contient encore suffisamment de carbone pour faire de l'acier, mais c'est précisément cela qui est difficile à réaliser. On avait cependant inventé, en France, au début du dix-huitième siècle, c'est-à-dire bien avant le puddlage un nouveau procédé de préparation de l'acier dont le produit porte le nom d'acier de cémentation. Le premier travail scientifique le concernant qu'on en trouve, est de Réaumur, l'inventeur fameux du thermomètre qui porte son nom et qui est encore usité en Allemagne.

A-t-on réussi à incorporer au fer soudé suffisamment de carbone pour que sa teneur s'élève de  $1/2$  à environ  $1\ 1/2$  p. 100, le fer se transforme en acier, ce que nous pouvons prévoir d'après ce que nous avons dit au cours des considérations générales au début du chapitre. C'est sur ce prin-



cipe que repose la préparation de l'acier de cémentation.

Pour le préparer, on place aujourd'hui des barres de fer doux entre des couches de charbon de bois pulvérisé, dans des caisses en terre réfractaire, d'une contenance de 8 000 kilos chaque, que l'on dispose d'une manière appropriée dans un four à réverbère que l'on chauffe pendant six à huit jours à une température d'environ 1 000 degrés. Il se produit alors une lente incorporation du carbone dans le fer, qui se transforme en acier. Cet acier ne présente pas une composition uniforme, car les parties extérieures des barres de fer sont plus carburées que leur intérieur. On essaya d'y remédier en martelant fortement les barres. C'est depuis 1811 que l'on fabrique cette sorte d'acier en Allemagne.

En 1730, un horloger anglais, du nom de Huntsmann, eut la bonne fortune de découvrir le moyen de fabriquer un acier d'une composition régulière et dont la qualité n'a pas été dépassée jusqu'à nos jours. Il s'occupait de la fabrication des ressorts de montre et, comme tant d'autres fabricants, il avait vu une grande quantité de ces ressorts se rompre par suite du manque d'uniformité dans la composition de l'acier de cémentation dont ils étaient faits. Il se mit à rechercher le moyen de l'améliorer et il trouva que l'on peut fondre, par petites quantités, l'acier de cémentation dans un creuset au feu de forge le plus vif.

Il n'est pas difficile de comprendre que si le fer contenant 2,3 p. 100 de carbone fond assez aisément, l'acier, bien que moins riche en carbone, doit fondre également si l'on augmente suffisamment la température.

L'acier fondu de Huntsmann, à l'exemple de toute matière fondue, est une substance de composition homogène que rien ne saurait remplacer dans beaucoup de cas. Ce procédé resta longtemps le secret de quelques fabriques anglaises qui en profitaient pour faire payer leur acier le prix qu'elles voulaient. On était bien obligé d'en passer par là, puisque l'on ne pouvait trouver ailleurs cet acier indispensable à l'exécution de certains travaux. On se donna naturellement beaucoup de mal pour trouver le secret de



fabrication utilisé par les Anglais. Le fondateur des établissements Krupp s'adonna à cette recherche avec la plus grande persévérance. S'il ne lui fut pas donné de résoudre complètement ce problème, son fils arriva à fabriquer un acier fondu excellent, grâce auquel son usine put prendre l'essor colossal qui en fit le plus grand établissement sidérurgique du monde.

Cet acier, qui a reçu le nom d'acier fondu au creuset, ne laisse rien à désirer, mais il est cher à cause des nombreuses manipulations qu'on doit lui faire subir: préparation du fer brut, puddlage pour le transformer en fer ductile par décarburation, cémentation par un chauffage de plusieurs jours dans le charbon pulvérisé pour en faire de l'acier; enfin, fusion de cet acier dans des creusets brasqués soumis au feu le plus violent.

L'acier fondu à bon marché, de composition et de qualité à peu près aussi bonne que l'acier au creuset, mais dont le prix ne s'élève qu'à environ à un dixième des frais de revient du premier, ne fut fabriqué pour la première fois qu'en 1856, par Bessemer. Son procédé transforme le fonte de fer liquide brute en acier fondu, sans dépense de combustible. Tandis qu'un four à puddler transforme environ 3 000 kilos de fer doux par vingt-quatre heures tout en consommant beaucoup de combustible, le procédé Bessemer effectue la même transformation pour l'acier en quinze minutes.

Dans ce but, Bessemer introduit la fonte brute liquide dans un récipient en forme de poire, dont le fond est garni d'une rangée de tuyères. Le récipient lui-même, ou « convertisseur » est construit en tôles rivetées. Pour que ces dernières puissent résister à la haute température qu'entraîne le procédé, on les garnit entièrement à l'intérieur d'un revêtement en pierre aussi réfractaire que possible, constituée par du silice (acide silicique) presque pur.

On fait alors couler dans le convertisseur incliné d'un côté, la quantité déterminée de fonte liquide à convertir en acier. Pendant qu'on le redresse, on envoie déjà de l'air sous pression dans ces tuyères du fond au moyen d'une soufflerie. Aussitôt, le carbone qui a pénétré dans l'ap-

pareil à l'état de combinaison avec le fer dans la fonte en liquéfaction commence à brûler par suite de la colossale température qui y règne (1).

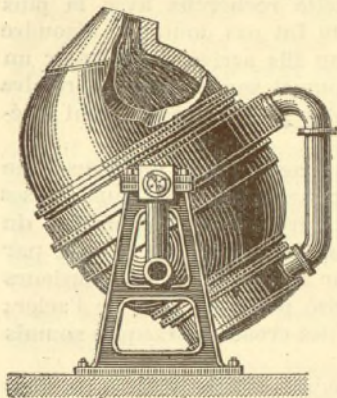


Fig. 22. — Convertisseur Bessemer.

La chaleur ainsi dégagée, qui atteint 1 800 à 2 000 degrés, suffit à maintenir liquide le bain de métal fondu pendant le temps nécessaire à la conversion. Par conséquent, il n'y a pas de consommation spéciale de combustible pendant cette transformation du fer en acier.

Au bout de dix minutes environ, le carbone est complètement brûlé. Le contenu de l'appareil serait une sorte de fer sans aucune valeur pratique si l'on n'y ajoutait pas alors une certaine quantité de fonte dont la teneur en carbone est calculée de telle sorte que le mélange qu'elle forme dans le convertisseur avec le métal décarburé qu'elle y trouve, contienne exactement la quantité de carbone particulière à l'acier.

Pour cette addition ultérieure on choisit intentionnellement une fonte riche en manganèse, métal analogue au fer, très favorable au procédé pour des raisons sur lesquelles nous ne pouvons pas nous étendre ici. Comme un fer au manganèse présente, quand on le brise, une cassure très miroitante, on l'appelle « spiegleisen » terme qu'on

(1) REMARQUE. — Le silicium, élément très voisin du carbone, également contenu dans la fonte à l'état d'impureté brûle en produisant un dégagement de chaleur intense. Il pénètre dans le fer, à l'intérieur du haut fourneau, où, par suite de la haute température régnante, un peu d'acide silicique, composé de silicium et d'oxygène se trouve toujours réduit en silicium, qui se dissout dans le fer. Le silex provient de la gangue du minerai, ou du laitier ajouté.

rencontre fréquemment et qui est dérivé des deux mots allemands « spiegel », miroir, et « eisen », fer.

Certaines forges modernes ont la spécialité de la fabrication du manganèse métallique pur, utilisé dans le procédé Bessemer, et qui n'avait jusqu'à présent aucune utilité industrielle.

Le contenu d'un convertisseur s'élevant de 10 à 16 000 kilos de fonte brute, est transformé en acier en un quart d'heure; aussi, le procédé Bessemer a-t-il eu pour résultat, depuis 1856, une fabrication en masse d'acier peu coûteux. On peut s'arranger de manière à faire couler directement dans le convertisseur la fonte sortant du haut fourneau, puis l'y convertir ensuite en acier, que l'on lamine aussitôt qu'il est suffisamment refroidi, pour en faire des rails, par exemple. On voit que la transformation de la fonte brute en rail d'acier prêt à l'emploi n'exige aucune consommation de combustible spéciale, mais que la chaleur initiale du haut fourneau y suffit entièrement; cela se passe ainsi dans de nombreuses fabriques.

Comme conclusion au procédé Bessemer nous étudierons le procédé de déphosphoration du fer qui réduit encore davantage le coût de la fabrication de l'acier.

On trouve dans la nature de grandes quantités de minerais de fer contenant du phosphore. Ces minerais donnent par fusion une fonte brute contenant tout le phosphore qu'ils renfermaient. Lorsque cette teneur en phosphore n'est pas assez faible pour être négligeable, la fonte est de mauvaise qualité et bonne tout au plus à la fabrication d'articles plus ou moins grossiers et n'exigeant pas de solidité, par exemple les grilles entourant les tombeaux. Ce fer est si cassant qu'il ne faut pas songer à le transformer en fer ou en acier ductile. Des analyses chimiques faites entre 1830 et 1840 démontrèrent que c'est bien à sa plus grande teneur en phosphore que ce fer doit ses défauts. On reconnut déjà à cette époque qu'il n'existe aucun moyen de déphosphorer le minerai pendant son passage dans le haut fourneau, ce qui est encore le cas à présent. Malgré toutes les recherches entreprises pour trouver un procédé de déphosphoration, on n'arriva que tardivement à résoudre ce



problème, et ce furent Thomas et Gilchrist qui y réussirent les premiers.

De nombreux essais avaient démontré que pendant la bessemérisation, le fer ne perdait pas la moindre trace de sa teneur en phosphore, qui peut être retrouvé intégralement dans les rails, essieux et autres articles qu'il a servi à fabriquer. Pour les rails, on peut à la rigueur tolérer une teneur en phosphore ne dépassant pas 0,1 à 0,2 p. 100, mais pour les usages auxquels on fait maintenant servir l'acier, la dixième partie de ce chiffre est encore trop forte.

Les minerais que l'on peut employer pour l'ancien procédé Bessemer, ne doivent donc pas contenir de phosphore. En Europe, les hématites rouges exemptes de phosphore ne se trouvent que dans le Cumberland, et dans le Westmoreland, sur la côte ouest de l'Angleterre; en Espagne, en Styrie, en Suède, et aux environs de Siegen, en Westphalie; on en trouve également en Algérie.

Aussi, lorsque, en 1879, la nouvelle se répandit soudain dans les cercles sidérurgiques, que MM. Bolckow, Vaughan et C<sup>ie</sup> avaient réussi à transformer la fonte phosphoreuse en acier déphosphoré dans leur convertisseur Bessemer, on peut se figurer l'intérêt qu'elle suscita, car les établissements de cette Société se trouvaient à Cleveland, sur la côte orientale de l'Angleterre, où il n'existe pas de minerais exemptes de phosphore.

Jusqu'à l'invention de Bessemer on n'avait employé pour les chemins de fer que des rails en fer forgé, qui exigent un minerai exempt de phosphore, parce qu'on n'avait pas pu en faire en acier. Cela changea aussitôt du tout au tout. Aussi, les rails en acier, devenus meilleur marché et faciles à fabriquer en grandes quantités, grâce au procédé Bessemer, et en outre d'une résistance et d'une solidité si grande, ont-ils remplacé depuis longtemps les anciens rails en fer forgé.

Cela eut comme résultat que dans le Cumberland, sur sur la côte orientale anglaise, il se développa une puissante industrie, celle des rails d'acier, parce qu'on disposait en cet endroit des minerais indigènes sans phosphore.

A Cleveland, au contraire, où les minerais phosphorés ne sauraient convenir à cette fabrication, on dut renoncer aussi à la fabrication des rails en fer forgé, alors exécutée avec les minerais qu'on y trouve (d'une teneur faible en phosphore), parce que leur utilisation cessa peu à peu, les chemins de fer tendant de plus en plus à se servir de rails d'acier.

La fabrique ci-dessus mentionnée, située sur la côte est anglaise, se décida, pour continuer à fabriquer des rails, et utiliser ainsi son vaste matériel de machines, à faire venir d'Espagne les minerais de fer tout à fait exempts de phosphore qu'on y trouve. Elle s'en servit pour préparer la fonte brute nécessaire à l'acier Bessemer, et cette entreprise nouvelle eut le plus grand succès.

Elle ne se contenta pas pourtant de ce qu'elle avait atteint. Mais on y continua sans démordre la recherche de la solution de ce problème, savoir rendre utilisables au procédé Bessemer les minerais indigènes dont il existait des gisements si importants et si voisins. Les ingénieurs y réussirent de la manière suivante.

Nous avons dit plus haut que Bessemer revêtait l'intérieur de ses convertisseurs d'une couche de substances réfractaires riches en silex (et, par conséquent, acides au point de vue chimique), afin que les appareils puissent résister à la chaleur. Thomas et Gilchrist, au contraire, habillèrent l'intérieur des convertisseurs au moyen de briques basiques très riches en chaux. En outre, ils ajoutèrent une grande quantité de chaux, matière très basique, à la fonte en fusion.

Par suite de la haute température régnant dans l'appareil, le carbone de la fonte brûle; il en est de même du phosphore qui se transforme en acide phosphorique. Ce dernier, dans l'ancien procédé, ne pouvait se séparer du métal en fusion et y restait incorporé, mais comme on lui fournissait maintenant du calcaire et un revêtement basique, il se combinait avec la chaux en formant du phosphate de chaux passant dans les scories. C'est ainsi que le problème de la déphosphoration du fer se trouve résolu dans le convertisseur Bessemer. Et voilà pourquoi, une fonte, même

très riche en phosphore, peut fournir un acier qui n'en contient pas, parce que ce phosphore, transformé en acide phosphorique, se combine avec la chaux ajoutée. Une fois pulvérisées, les scories phosphorées constituent la poudre de phosphate Thomas, employée comme engrais en agriculture (v. p. 49). Le phosphore, si gênant auparavant, constitue donc sous cette forme un produit marchand, dont le profit sert encore à abaisser le prix de revient de l'acier. Les métallurgistes n'emploient même plus de chaux pure pour revêtir les convertisseurs, mais un calcaire contenant déjà de l'acide phosphorique, tel qu'on en trouve en Algérie. L'emploi de ces pierres augmente la quantité d'acide phosphorique dans les scories, ce qui augmente le bénéfice, les scories étant achetées sur la teneur en phosphore. Il faut ajouter que les minerais phosphorés sont moins coûteux que ceux exempts de phosphore parce qu'ils sont abondants et faciles à extraire en beaucoup d'endroits du globe. On admet, en effet, que 90 p. 100 de tous les gisements de minerai de fer ne valent rien pour l'ancien procédé Bessemer acide, par suite de leur teneur élevée en phosphore. En outre, le procédé Thomas permet de fabriquer des sortes de fer très pauvres en carbone, se rapprochant plus du fer ductile que de l'acier, et qu'il serait plus propre d'appeler fer fondu qu'acier fondu, de sorte que le procédé Thomas est devenu en même temps un concurrent du puddlage, le véritable fournisseur de fer à forger, mais qui revient plus cher.

Il ne faudrait pas se figurer que cette nouvelle méthode sortit toute prête de la cervelle des heureux inventeurs. Bien au contraire, elle ne vit le jour qu'après des recherches et des essais qui durèrent des années. Rien que le choix de la substance basique devant revêtir les fours exigea de longues recherches et des avances d'argent considérables, sans même que l'on pût affirmer à l'avance que les effets qui avaient réussi sur de petites quantités donneraient les mêmes résultats dans la fabrication industrielle.

Les découvertes qui font époque demandent d'habitude des recherches très nombreuses et sont rarement dues à l'invention de génie d'un seul individu. Aussi, soulèvent-



elles généralement des questions de priorité amenant des conflits. L'idée de la déphosphoration du fer, par le revêtement basique des convertisseurs Bessemer, date de 1860. On en trouve des traces dans la littérature technique de différents pays, notamment en 1875 et 1878, où elle fut encore discutée sans succès. Il semble bien que tous ces projets étaient irréalisables et que c'est en 1879 seulement que le problème fut véritablement résolu en Angleterre.

Nous arrivons maintenant à la transformation de la fonte en fer ductile, par le procédé ancien de l'adouçissage. Beaucoup d'objets comme, par exemple, les pièces en forme de T, qui supportent les canalisations de gaz dans les appartements, les clés et les montures des portes et des fenêtres sont difficiles à fabriquer en fer forgé et par cela coûteux. Aussi se sert-on de l'adouçissage pour la fabrication de ces articles de moyenne grosseur, et l'on y procède comme suit. Après les avoir coulés en fonte, on place ces objets de forme compliquée dans des caisses en terre réfractaire où l'on met de l'oxyde de fer, c'est-à-dire du minerai de fer pur. On soumet ces caisses à une forte température pendant dix à vingt jours suivant leur taille. Pendant ce laps de temps, l'oxygène de l'oxyde agit sur le carbone de la fonte et le brûle. Lorsqu'on retire ces objets des caisses, ils ont subi une décarburation telle qu'ils présentent toutes les propriétés du fer ductile et qu'ils peuvent être travaillés à l'instar de celui-ci. La longue durée du procédé l'a fait peu à peu remplacer par la fonte d'acier moulé, où les objets en question sont coulés directement en acier: cette concurrence finira par faire abandonner le premier procédé.

On peut encore imaginer une autre méthode de préparation de l'acier. Nous savons que la fonte renferme plus de 2,3 p. 100 de carbone, mais que le fer doux en contient 1/2 p. 100 seulement. Si l'on fond ensemble un mélange convenablement choisi de ces deux métaux, on doit pouvoir obtenir un produit intermédiaire (v. p. 261) constituant soit du fer, soit de l'acier coulé, suivant sa teneur en carbone.

La difficulté d'application de cette idée provenait de ce que, pendant longtemps, on ne sut pas construire de four

à réverbère dont la température soit suffisante pour permettre au fer ductile, infusible dans tout foyer, de se dissoudre dans le bain de fonte et de former avec celle-ci de l'acier.

C'est le Français Martin qui, le premier, a fabriqué l'acier coulé; mais ce n'est qu'en 1885 que Siemens construisit un four où l'on put l'obtenir aisément.

Nous avons dit à propos du puddlage, que ce procédé n'avait pas beaucoup changé depuis son invention par Cort et que, seuls, les foyers des fours avaient subi quelques modifications. Dans son four à réverbère, Cort ne pouvait utiliser que des houilles de bonne qualité et chères, qui brûlent en produisant la longue flamme, capable de passer au delà du pont, et de là, au-dessus de la sole, après avoir quitté le foyer. Cette flamme est fournie maintenant par la combustion de gaz que l'on prépare sur place dans des générateurs.

Pour obtenir le chauffage au gaz, on emploie des combustibles de qualité ordinaire que l'on empile en grande quantité sur la grille. Par suite de l'épaisseur de la couche du combustible, le carbone de ce dernier ne reçoit pas suffisamment d'air à travers les barreaux de la grille pour brûler complètement. Il se dégage donc dans ce générateur, non de l'acide carbonique, mais de l'oxyde de carbone, inflammable et combustible. En même temps, d'autres gaz combustibles s'échappent simultanément du charbon et par suite du manque d'air ne peuvent pas brûler de suite, comme nous l'avons expliqué dans la remarque (v. p. 267). Tout l'azote contenu dans l'air qui a traversé la grille passe aussi avec ces gaz.

C'est précisément cette teneur en azote qui différencie principalement le gaz des générateurs du gaz d'éclairage.

Nous savons, en effet, (v. p. 31) que ce dernier est obtenu par la distillation sèche de la houille dans des vases clos où l'air ne peut pénétrer, et que, grâce à cela, il ne contient pas d'azote, mais seulement des gaz combustibles.

Les gaz surchauffés provenant du générateur passent dans le four à réverbère où ils sont enflammés et brûlent sous l'influence d'un courant d'air insufflé.

Le principal perfectionnement subi par le chauffage au gaz a été celui de l'invention des récupérateurs par Siemens. Lorsque le gaz avait effectué son travail, on le laissait s'échapper par la cheminée, à l'état de mélange incandescent. Maintenant, grâce à des dispositifs spéciaux, on conserve cette chaleur, en la récupérant.

Pour cela on dirige le gaz brûlé, qui paraît avoir terminé sa tâche, dans des chambres garnies de briques réfractaires disposées en forme de grillages, et on ne le laisse s'échapper dans la cheminée que lorsqu'on lui a retiré autant de chaleur qu'il est possible, c'est-à-dire lorsqu'il a porté ces briques au rouge vif. Ces chambres chaudes constituent les récupérateurs, véritables accumulateurs de chaleur. Nous allons voir maintenant pourquoi nous avons dit plus haut du gaz de générateur, qu'il n'avait pas rempli toute sa tâche, mais qu'il paraissait seulement l'avoir fait.

Lorsque le gaz destiné à la combustion a quitté le générateur, c'est-à-dire le lieu de sa préparation, on le fait passer au travers des chambres chaudes ci-dessus décrites, où il s'échauffe considérablement; ce n'est qu'alors qu'on le fait passer dans le four à réverbère où il rencontre l'air nécessaire à sa combustion. Or, cet air lui-même, au moyen d'un système de tuyauteries appropriées a été préalablement conduit dans un récupérateur, dont il absorbe la chaleur irradiée et la ramène en quelque sorte dans le four.

Comment on peut, à l'aide de valves, régler à volonté la distribution, l'adduction du courant du gaz dans les récupérateurs, on peut les chauffer alternativement, de sorte que l'on dispose toujours de chambres chaudes pour le chauffage préalable de l'air et du gaz ainsi que d'autres où le gaz chaud peut abandonner sa chaleur, et ainsi de suite. L'économie de combustible réalisée par ce procédé se monte à 40 ou 50 p. 100, si on la compare à l'ancienne méthode de chauffage direct. On croyait avoir atteint, par ces dispositifs de générateurs et récupérateurs, les limites extrêmes de l'art d'utiliser le combustible.

Mais, vers la fin de sa vie, en 1895, Frédéric Siemens qui avait inventé le procédé ci-dessus décrit, parvint en quelque sorte à se surpasser lui-même. Dans le système des récu-



pérateurs que nous venons d'exposer, tout le carbone des gaz brûlés dans le foyer s'échappe finalement dans l'air sous forme d'acide carbonique. Siemens recueillit de ce gaz telle quantité que le dispositif le permettait et le fit passer, mélangé avec de l'air qui favorise la combustion, dans le générateur initial. Cet acide carbonique chaud de la cheminée, en circulant à travers la houille en combustion, se réduit en oxyde de carbone combustible, que l'on ramène dans le four pour le brûler et augmenter encore ainsi la température. C'est ainsi que Siemens arriva à récupérer une partie de l'acide carbonique dans la cheminée et à transformer son carbone en oxyde de carbone utilisable. Mais on est arrivé ainsi aux bornes du possible en fait de bonne utilisation du combustible et il est peu probable qu'aucun homme après Siemens ne réussisse à améliorer l'emploi des générateurs et des récupérateurs.

Il est extrêmement difficile de préparer le fer et l'acier fondus (noms donnés à ces métaux suivant la texture de la variété obtenue) même en se servant de fours à réverbère munis de générateurs et de récupérateurs. Mais on y arrive plus facilement grâce à un autre procédé de Siemens. Par des considérations théoriques sur la nature de la flamme, il arriva à cette conclusion que pour abandonner toute la chaleur qu'elle contient, la flamme ne doit pas venir frapper les parois du four, mais brûler à la manière d'une sorte de langue géante léchant le bain de métal ;

Jusqu'en 1895, on avait calculé les dimensions des fours de manière que la flamme les remplisse le plus possible. Siemens les construisit plus grands et il obtint un résultat surprenant. La température devint si forte que les meilleures briques réfractaires y résistaient à peine. Dans ces conditions, le fer et l'acier fondus pouvaient y être préparés beaucoup plus aisément. Au début du procédé Siemens-Martin, on garnissait également les fours avec un revêtement siliceux acide; depuis, on a passé au revêtement basique, ce qui permet d'employer des fontes phosphorées qui sont déphosphorées au cours de l'opération. En 1898, on construisit les fours de manière qu'ils puissent être vidés en bloc par renversement, ce qui constitue un

grand perfectionnement sur l'ancien trou de coulée, si étroit, qui retardait beaucoup la durée de la manipulation. Enfin, en 1899, on parvint à disposer les fours de telle sorte que le procédé y est devenu continu, c'est-à-dire fonctionnant sans interruption.

Le fer fondu obtenu par le procédé basique Siemens-Martin est excellent et si parfaitement soudable qu'il constitue une concurrence beaucoup plus redoutable encore pour le fer ductile obtenu par le puddlage à l'ancienne manière que celle qui résultait du procédé Thomas (v. p. 285). Comme on peut utiliser dans le nouveau procédé toutes sortes de vieilles fontes d'acier et de fer usagés, que l'on fait fondre concurremment avec du métal neuf dans le four à réverbère, on voit que cette sorte de fer de qualité si excellente est d'une préparation très peu coûteuse. Le temps décidera de combien le puddlage, beaucoup plus cher, sera déplacé par ces nouvelles inventions.

Nous avons suivi dans ce qui précède le développement de la sidérurgie jusqu'à nos jours et appris à connaître ses méthodes de travail.

L'obtention des autres métaux tels que le cuivre, le plomb, le nickel, etc. repose en somme sur le procédé déjà indiqué par nous page 258, qui consiste à transformer les minerais naturels en oxydes métalliques, et à réduire ces derniers par la chaleur. Il n'y a guère que le zinc et l'aluminium qui fassent exception et encore ce dernier n'est-il fabriqué en masse que de date toute récente, aussi allons-nous nous arrêter un peu sur leur fabrication.

L'un des plus beaux ornements des vieux monuments (églises, châteaux) est bien leur toiture en tôles de cuivre que le temps et les intempéries ont superbement patinées. Lorsque nous employons aujourd'hui des toitures métalliques, usage beaucoup plus répandu à présent que jadis, nous n'employons plus le cuivre, mais presque toujours des feuilles de zinc; celles-ci, il est vrai, prennent une vilaine teinte grise, mais elles sont aussi bien moins chères que le



cuivre. On ne les a jamais employées autrefois par ce qu'il n'y a guère que cent ans qu'on sait les fabriquer.

Voici les raisons pour lesquelles on apprend seulement si tard à connaître le zinc métallique et par suite, les tôles de zinc. Lorsque l'on chauffe de l'oxyde de zinc en présence de charbon, il se réduit et il se forme bien du zinc et de l'oxyde de carbone, mais la température à laquelle cette réaction se produit est si élevée que le zinc, très fusible de nature, est déjà à l'état de vapeur. De sorte que si l'on traite l'oxyde de zinc en présence de charbon dans l'un des fours usités pour la réduction des métaux, le zinc métallique ne tardera pas à s'échapper sous forme de vapeurs. Mais celles-ci brûleront à leur tour à cause de la haute température en régénérant de l'oxyde de zinc, bref il est impossible d'obtenir le métal par ce procédé.

Vers 1750, on réussit à le fabriquer en Europe, en chauffant l'oxyde et le charbon, non plus à ciel ouvert, mais en espace clos, dans une cornue, chauffée par un foyer extérieur. (Il semblerait que les Chinois auraient connu ce procédé bien auparavant.) La vapeur de zinc qui se dégage ne peut plus s'oxyder ni brûler et le zinc métallique distille à l'état liquide d'un tube situé à l'extrémité de la cornue. Jusqu'en 1805 le zinc ainsi préparé était cassant et on ne pouvait en faire ces larges plaques, dont l'emploi est si répandu aujourd'hui et grâce auxquelles l'industrie du zinc a pris une très grande extension, mais on remédia à cet inconvénient à cette époque et la fabrication des tôles de zinc ne souffre plus de difficultés.

Le plus jeune de tous les métaux, d'un emploi journalier, est l'aluminium dont nous allons parler maintenant et qu'on n'obtient que par des procédés très spéciaux. C'est certainement le métal le plus répandu sur le globe, car son oxyde constitue l'alumine, base de toute argile. Il tire son nom d'*alumen* (mot latin pour alun), parce qu'on sait depuis longtemps déjà que l'alun est une combinaison de l'alumine, à savoir un sel double de sulfate de potasse et d'alumine (v. p. 153).

Nous savons aussi (v. p. 223) que l'argile est un silicate d'alumine, ou pour s'exprimer plus exactement encore, un



silicate d'oxyde d'aluminium. Toute brique, terre cuite, etc., renferme donc une grande proportion d'aluminium et n'importe quel vieux tesson de poterie constituerait un véritable minerai de ce métal si, comme les autres oxydes métalliques, l'oxyde d'aluminium était réductible par le charbon.

Mais ce n'est pas le cas, cette méthode est même tout à fait inutilisable, car l'affinité (ou puissance de combinaison) de l'oxygène pour l'aluminium, est beaucoup plus grande que pour le carbone, de sorte que le charbon n'arrive pas à dissocier l'oxyde.

Il existe, pour obtenir les métaux, des méthodes de laboratoire autres que la réduction de leur oxyde par le charbon. Parmi les plus compliquées d'entre elles, il s'en trouve une qui permit d'extraire l'aluminium pour la première fois en 1827. Depuis 1850, on a cherché sans interruption à rendre plus pratique l'un de ces procédés scientifiques.

Les premières tentatives à grande échelle furent dues à l'instigation de Napoléon III, qui fournit les capitaux importants qui étaient nécessaires. C'était l'époque de la guerre de Crimée et il espérait que l'on pourrait fabriquer avec ce métal si léger des cuirasses pour tous les soldats; ces essais n'aboutirent pas; on ne les continua pas moins (1).

Mais le métal obtenu par un procédé strictement chimique ne serait jamais devenu bon marché, sans l'intervention d'un nouvel agent de réaction, fort coûteux jusqu'il y a vingt ans, qui tout d'un coup se répandit partout et devint d'un prix accessible. Nous voulons parler de « l'électricité », dont on s'était déjà servi depuis longtemps en petit, pour obtenir certains métaux dans les laboratoires.

L'industrie des métaux employait depuis longtemps l'électricité pour séparer les métaux de leurs sels et recouvrir d'une couche de métal précieux d'autres métaux communs, c'est-à-dire pour dorer, argenter, nickeler, etc.

(1) REMARQUE. — Le chimiste français Henri Sainte-Claire Deville qui dirigeait ces essais trouva, en effet, un procédé de fabrication de l'aluminium plus pratique et moins coûteux que le premier. (Note du traducteur.)

Ce procédé qui porte le nom de galvanoplastie aurait constitué une méthode beaucoup trop coûteuse si on avait voulu l'appliquer à l'extraction en grand des métaux; on s'en servit beaucoup depuis le milieu du siècle dernier pour fabriquer des articles argentés. L'art de précipiter les métaux sous forme de dépôt adhérent sur d'autres métaux fut trouvé en 1839, simultanément par deux savants: un Russe, Jacobi, et un Anglais, Spencer, qui s'occupaient de cette question chacun de leur côté: ce sont les véritables inventeurs de la galvanoplastie. Jusqu'à cette époque-là, on n'avait obtenu les métaux précipités par l'électrolyse que sous forme de fragments friables.

Nous ne voudrions pas omettre de dire ici que l'action de l'électricité sur les combinaisons chimiques avait été étudiée depuis longtemps. Priestley déjà, en 1775, avait indiqué que l'on peut décomposer le gaz ammoniac au moyen de l'électricité statique, c'est-à-dire de l'étincelle produite par la machine à plateaux, la seule source d'électricité que l'on connût alors. Nous savons que le gaz ammoniac est une combinaison de l'azote et de l'hydrogène (v. p. 30). Si l'on fait éclater l'étincelle électrique au sein de ce gaz, on trouve au bout d'un certain temps qu'il a disparu, et, à sa place subsiste un mélange des deux gaz précités. Qui aurait pu deviner alors, que cette observation devait amener cent vingt ans plus tard à l'obtention d'un nouveau métal, l'aluminium?

En 1782, on reconnut que l'étincelle électrique dissociait aussi l'eau en ses éléments hydrogène et oxygène, et en 1800 l'on constata que non seulement l'électricité statique mais aussi le courant galvanique, découvert en 1780, avait la même propriété; comme on sut bientôt obtenir ce dernier d'une manière assez aisée au moyen des batteries galvanique, et, qu'il pouvait être manipulé beaucoup plus facilement que l'étincelle statique, on se mit à étudier avec ardeur l'action de l'électricité sur les composés les plus divers. En 1806, on réussit à extraire le potassium, ce métal si extraordinairement léger d'une combinaison de la potasse, et bientôt après le sodium, d'une combinaison sodique, au moyen de « l'électrolyse ».



On apprit ainsi à connaître deux métaux nouveaux, d'une extrême légèreté, moins lourds que l'eau même, et qui ont une telle affinité pour l'oxygène, qu'ils brûlent lorsqu'on les jette dans l'eau. En effet, ils se combinent à l'oxygène de l'eau avec une telle vivacité, qu'il se dégage une énorme chaleur; celle-ci, au contact de l'air suffit à enflammer l'hydrogène mis en liberté — l'eau étant composée d'hydrogène et d'oxygène — l'hydrogène brûle avec une température telle que les métaux entrent en combustion.

Il en résulte que le potassium et le sodium n'ont aucun emploi pratique. Au contraire, l'aluminium, métal très léger aussi, résistant à l'air et à l'eau, peut trouver de nombreuses applications.

Après un grand nombre d'essais infructueux, on est arrivé au moyen du courant électrique, à le fabriquer maintenant d'une manière si simple à comprendre qu'il ne semble pas que la découverte de ce procédé ait pu être si difficile. Mais ce qui paraît simple à décrire est souvent très difficile à exécuter en pratique. Voici comment l'on procède. On incorpore de l'alumine, c'est-à-dire de l'oxyde d'aluminium dans un mélange en fusion de cryolithe (v. p. 220) et de spath fluor, deux minéraux que l'on trouve en grandes quantités dans la nature, puis on dirige dans ce bain un courant électrique, ce qui a lieu dans un four électrique (v. la fig. p. 36). Une des raisons prédominantes du succès du four électrique, c'est que la chaleur s'y dégage au sein même des matières à traiter dont il est chargé; c'est tout le contraire de ce qui a lieu dans tous les anciens procédés de chauffage où la chaleur n'agit qu'à l'extérieur des creusets: il s'ensuit qu'il n'existe pour ainsi dire pas de problème thermotechnique qui n'ait pu être résolu, grâce à cet appareil. Dans le four électrique l'oxyde d'aluminium est dissocié en ses deux éléments: l'aluminium qui se rassemble à l'état liquide sur la sole du four et l'oxygène, qui s'échappe sous forme de gaz, et voilà résolue la question de l'obtention de l'aluminium à l'état métallique.

Comme on le sait, il s'en faut de beaucoup que l'aluminium ait répondu aux promesses qu'on s'en était fait. Lorsqu'il fut devenu si bon marché, on s'en servit pour fabri-



quer de nombreux objets d'usage courant, tels que couteaux, fourchettes, clefs, etc. ; mais ils ont déjà disparu car ils n'étaient pas assez solides. De même ni l'aluminium, ni ses alliages, n'ont pu être utilisés pour la construction des bateaux, car ils ne résistent pas suffisamment à l'action décomposante de l'eau de mer. Le prix de l'aluminium a subi les fluctuations suivantes: En 1855, un kilo valait 1 120 francs; en 1856, 366 francs; en 1886, 122 francs et en 1898, 2 fr. 90.

## DOUZIÈME CONFERENCE

---

Alliages. — Monnaies. — Bronze. — Patine. — Laiton.  
— Tombac. — Vermeil. — Maillechort. — Alfénide.  
— Métal anglais. — Métal d'imprimerie. — Acier au  
nickel. — Alcaloïdes. — Morphine. — Méthane. —  
Benzène. — Carbures d'hydrogène; chaînes cycliques. —  
Pyridine. — Conicine. — Quinine. — Quinoléine —  
Antipyrine. — Phénacétine. — Narcotiques. — Chloral.  
— Analgésiques. — Éther. — Gouttes d'Hoffmann. —  
Chloroforme. — Antiseptiques. — Iodoforme. — Acide  
phénique. — Sublimé. — Acide salicylique. — Conclu-  
sion.

Les métaux ne sont pas seulement utilisés isolément, mais on en fond souvent deux ou plusieurs ensemble, sous forme d'alliages dont les propriétés, en vue de certaines applications, sont préférables à celles que présenteraient les métaux qui les constituent.

Certains de ces alliages nous passent journellement entre les mains, par exemple, ceux dont sont fabriquées les monnaies. L'or pur aussi bien que l'argent pur sont relativement mous et s'useraient rapidement. Les anciennes monnaies perdraient trop vite de leur valeur intrinsèque vis-à-vis des pièces de frappe récente, ce qui n'a lieu maintenant que dans une très faible mesure. C'est la raison pour laquelle on ajoute du cuivre à l'or et à l'argent destinés à la frappe des monnaies; l'expérience, en effet, a enseigné que les pièces fabriquées avec cet alliage possèdent une dureté suffisante.

L'alliage des pièces d'or allemandes est composé de 900 parties d'or et 100 parties de cuivre. Comme 0 gr. 3584 d'or forment sous le nom de mark l'unité monétaire allemande, une pièce de 10 marks en or pèsera donc 3 gr. 982 (3 gr. 584 d'or et 0 gr. 398 de cuivre). Les monnaies d'argent sont également au titre de 900/1 000 en Allemagne. Comme on frappe 200 marks dans un kilo d'argent, on voit donc qu'il n'est tenu aucun compte de la valeur réelle de l'argent et de ses fluctuations, parce que l'Allemagne possède l'étalon d'or. Un kilo d'argent ne vaut guère actuellement qu'une centaine de francs (81 marks). Les monnaies allemandes de nickel sont faites avec un alliage composé de 1 partie de nickel et de 3 parties de cuivre, par conséquent une pièce de 10 pfennigs pesant 4 grammes renfermera 1 gramme de nickel et 3 grammes de cuivre.

La monnaie de bronze allemande est un alliage de 95 parties de cuivre, 4 parties d'étain et 1 de zinc. Avec 1 kilo de cet alliage, on frappe soit 500 pièces de 1 pfennig, soit 300 de 2 pfennigs.

Ces deux dernières monnaies nous fournissent une entrée en matière pour l'étude des bronzes et laitons.

Le bronze (1) est un alliage de cuivre et d'étain où le cuivre l'emporte toujours; c'est le plus anciennement connu de tous les alliages. Il servit à fabriquer tous les objets métalliques que nos ancêtres employèrent avant la découverte du fer, aussi l'époque où ils vivaient a-t-elle reçu le nom d'âge de bronze. Un certain nombre de savants croient qu'il y a eu une période du « cuivre » antérieure à celle du bronze.

Actuellement, le bronze est encore employé en grandes quantités et sert aux usages les plus divers. Ne l'entendons-nous pas vibrer à travers les campagnes, le son des cloches de bronze qui réveillent la conscience de l'homme? et le bronze des canons (que depuis une génération seulement

(1) REMARQUE. — D'après les recherches les plus récentes le mot bronze serait une abréviation du latin *aes Brundisium*, c'est-à-dire métal de Brindisi, de même que *cyprium*, métal de Chypre est l'étymologie de cuivre et *aes*, ou *aeramen*, de airain.



on coule en acier) n'a-t-il pas de sa voix tonnante altéré souvent le destin des nations ?

Dans l'espoir de finir par trouver le meilleur alliage pour la fonte des canons, les différentes nations ont fait faire d'innombrables recherches sur ce sujet et l'on remplirait toute une bibliothèque, rien qu'avec les ouvrages dans lesquels on a traité tous les sujets qui peuvent s'y rapporter.

La grande facilité avec laquelle on peut couler le bronze, le rend très propre à l'exécution des œuvres d'art. Les statues équestres, etc., que l'on a faites avec ce métal témoignent de ce que l'on peut en obtenir. En outre, les bronzes ne souffrent pas des injures du temps, même lorsqu'ils sont exposés à l'air. Au contraire, ils se couvrent de ce bel enduit qui a reçu le nom de patine (1).

Une propriété propre à cette patine, en dehors de sa belle couleur vert malachite, c'est qu'elle conserve un aspect métallique; l'éclat particulier au métal luit encore à travers la couleur. C'est ce qui la différencie essentiellement d'un enduit coloré, car bien que l'on puisse rendre ce dernier brillant au moyen d'un vernis, l'éclat est alors tout superficiel au lieu d'être dans la profondeur.

Quoique l'on ne connaisse le zinc que depuis le dix-huitième siècle (v. p. 290), on savait déjà, depuis l'antiquité, que si l'on incorpore au minerai de cuivre en fusion, d'autres minerais alors connus sous le nom de cadmie ou calamine, la couleur du métal obtenu est jaune au lieu d'être rouge. Cette calamine était donc ce que nous appelons aujourd'hui un minerai de zinc.

En 330 avant Jésus-Christ, Aristote écrivait : « On trouve dans les Indes une espèce de cuivre que l'on ne peut distinguer de l'or que par le goût. Alors que l'on peut très bien boire dans des vases d'or, tous les récipients en cuivre communiquent un goût métallique désagréable aux

(1) REMARQUE. — Lorsque l'on brûle de grandes quantités de houille dans le voisinage des statues de bronze, l'acide sulfureux, qui s'échappe dans l'air en même temps que la suie, déjà nuisible en elle-même (v. p. 195) nuit tellement à la formation de la patine qu'elle ne se forme plus guère sur les monuments modernes.

« boissons qu'ils contiennent. » C'est là-dessus qu'Aristote basait leur différenciation, ce qui, pour son époque, n'était pas une mauvaise méthode analytique (1).

Le laiton peut ressembler étonnamment à l'or si l'on mélange convenablement les métaux qui le constituent. Les objets fabriqués avec cet alliage portent dans le commerce le nom de tombac. Une addition d'un peu de plomb rend sa couleur impossible à distinguer de celle de l'or.

Mais le laiton ainsi préparé n'est pas indifférent à l'action de l'air, car il s'oxyde rapidement et perd son bel éclat. Si l'on recouvre ce dernier alliage ou le tombac, avec un peu d'or on obtient ce que l'on appelle le doublé.

Nous ne voulons pas passer sous silence le chrysocale, bien qu'il commence à ne plus être à la mode. C'est un alliage intermédiaire entre le bronze et le laiton, le zinc ne coûtant guère à présent qu'un sixième du prix de l'étain, cet alliage se rapproche beaucoup plus du laiton afin de rester bon marché. C'est si l'on veut un bronze très riche en zinc ou un laiton pauvre en étain.

Si l'on fond ensemble du cuivre, du zinc et du nickel, on obtient le maillechort, alliage qui a joué un rôle important entre 1820 et 1860, mais que l'argenture réelle des métaux par la galvanoplastie a fait retomber au second plan.

Au début, l'alfénide était du maillechort argenté. Mais on se mit bientôt à employer pour fabriquer les articles habituellement faits en ce métal, des alliages blancs moins chers, tel que le métal anglais, composé de 90 parties d'étain et de 10 parties d'antimoine. On en a trouvé de meilleur marché encore récemment.

Pour finir, nous donnerons la composition d'un alliage

(1) REMARQUE. — Il raconte encore que les Messineuques, peuplade habitant le septentrion, savent aussi rendre jaune d'or le cuivre qu'ils fabriquent, en fondant ensemble le minerai avec une certaine terre qui devait être, par conséquent, un minerai de zinc. C'est du nom de ce peuple que certains étymologistes allemands tirent l'origine du nom du laiton, « messing » en allemand.

que nous n'avons pas l'occasion de voir fréquemment, mais qui est le multiplicateur de notre nourriture intellectuelle, le métal des caractères d'imprimerie.

Il est essentiellement composé de plomb, auquel on ajoute de l'antimoine et parfois aussi de l'étain. On n'est malheureusement pas encore arrivé à trouver la composition d'un alliage doué des mêmes qualités, mais où il n'entrerait pas de plomb, et par l'usage duquel les typographes seraient mis à l'abri du saturnisme, ou empoisonnement chronique par le plomb, dont l'alliage ordinaire leur fait courir le risque.

Nous venons de voir comment des métaux possédant des propriétés diverses par eux-mêmes, comme le cuivre et le zinc, par exemple, peuvent acquérir des propriétés plus diverses encore lorsqu'on les allie entre eux. Un seul des métaux usagers, le fer faisait encore exception. Tous les efforts faits pour augmenter ses qualités par son alliage avec d'autres avaient échoué jusqu'en 1895. Depuis, on est parvenu à augmenter considérablement la solidité de l'acier en l'alliant au nickel. Ce sont les recherches entreprises dans ce but par des établissements métallurgiques français qui les premières furent couronnées de succès. La solidité de l'acier au nickel comparée à celle du meilleur acier fondu est dans le rapport de 7 à 4, c'est-à-dire presque du double. Malgré son prix élevé c'est avec ce métal que l'on fabrique maintenant les canons de gros calibre, que l'on construit les coques des torpilleurs et que l'on cuirasse les navires de guerre. L'acier au nickel présente l'avantage de ne pas rouiller au contact de l'eau de mer; en outre, ni les plantes marines ni les crustacés ne se fixent à sa surface, tandis que la vitesse des bâtiments construits en fer est fort ralentie, par suite de la friction occasionnée par les irrégularités des dépôts fixés sur la carène. Grâce à ce perfectionnement on a pu diminuer la fréquence du passage en cale sèche si long et si coûteux des navires de guerre, souvent nécessaire auparavant pour l'enlèvement de ces fâcheuses végétations. C'est également en acier au nickel que les établissements métallurgiques comme ceux de Krupp fabriquent les gigantesques arbres de couche, qui servent à trans-



mettre aux hélices les milliers de chevaux-vapeur produits par les machines des paquebots transocéaniques modernes.

Grâce à la remarquable solidité de la nouvelle matière première on peut couler en creux ces arbres de couche qui devaient être coulés massifs avec l'acier fondu ordinaire, afin d'avoir la solidité nécessaire. L'économie de matière ainsi réalisée permet de regagner la différence entre la valeur de l'ancienne matière première et celle de la nouvelle. Aussi beaucoup de personnes voient-elles dans l'acier au nickel (1) la matière la plus appropriée aux gigantesques constructions métalliques de l'avenir.

---

Tout ce que nous avons traité jusqu'à présent concerne des connaissances utilisées ou utilisables par l'humanité tout entière. Nous pouvons nous les figurer comme un système d'une durée sans limites et tendant perpétuellement à se perfectionner davantage.

Mais la chimie a depuis longtemps essayé de mettre ses travaux au service de l'individu, qui naît, vit et meurt, et qui pendant le court espace de son existence est menacé ou soumis aux maladies de toutes sortes. Une période plus ancienne de l'histoire de la chimie porte pour cette raison même le nom de iatrochimie (2) ou chimie galénique (3), ce qui signifie chimie thérapeutique ou médicale.

Depuis 1803 cette science a remporté dans ce domaine des victoires qui laissent dans l'ombre tout ce qui avait été trouvé antérieurement.

Cela commença par la découverte des alcaloïdes, subs-

(1) REMARQUE. — On prépare également maintenant des aciers au chrome extrêmement résistants, ainsi qu'avec d'autres métaux rares tels que le manganèse, le tungstène et le vanadium; leur infusibilité rendait leur fabrication impossible en quantités suffisantes avant l'introduction du four électrique et leur addition communique aux aciers diverses et précieuses propriétés. (Note du traducteur.)

(2) *Iatros* est un mot grec qui signifie médecin.

(3) Galien était un célèbre médecin grec de l'antiquité.

tances d'origine végétale à réaction alcaline (v. p. 53). Jus-  
qu'alors on était pénétré de cette idée que du règne végétal  
on ne pouvait retirer que des substances acides : vinaigre,  
acide citrique, etc., ou des corps neutres tels que l'amidon,  
le sucre, etc. En analysant des matières végétales utilisées  
en pharmacie, Derosne découvrit, en 1803, un corps qu'il  
appela sel d'opium et qui possédait une réaction alcaline.  
Cela lui parut si surprenant qu'il en parle comme d'une  
« matière végéto-animale toute particulière ». En 1817 on  
réussit à isoler la morphine pure, dont le sel d'opium de  
Derosne était la forme impure. On put alors se convaincre  
que ce produit végétal se combinait avec les acides abso-  
lument comme le font les alcalis d'origine inorganique.

Nous n'avons pas à exposer ici les propriétés théra-  
peutiques de la quinine comme fébrifuge, de la morphine  
comme narcotique, de l'atropine comme mydriatique, de la  
cocaïne comme anesthésique local (c'est-à-dire d'une sorte de  
chloroforme agissant sur une partie limitée de l'organisme)  
ou de tels autres alcaloïdes, dont la liste serait facile à aug-  
menter, et qui rendent tous les plus grands services  
à l'humanité souffrante soit en diminuant la douleur, soit  
en agissant comme remède. Assurément, on utilisait déjà  
avant leur découverte, avec un résultat plus ou moins grand  
les drogues naturelles dans lesquelles elles existent.

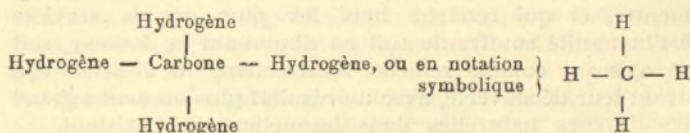
En effet, quoiqu'elles ne s'y rencontrent qu'en bien faibles  
quantités, elles n'en sont pas moins susceptibles de pro-  
duire des effets puissants ou tout au moins bizarres. C'est  
ainsi pour n'en nommer qu'une, que l'amarite aux mou-  
ches, une espèce de champignon, produit chez ceux qui en  
consomment la sensation de planer en volant; il semble  
que l'on peut y trouver l'origine des croyances médiévales sur  
le vol des sorcières.

Mais les alcaloïdes sont souvent mêlés dans les plantes  
où on les rencontre, à d'autres substances qui modifient  
leurs propriétés particulières à tel point parfois qu'elles  
masquent complètement leur action spécifique. C'est ce  
qui a lieu pour la morphine par rapport à l'opium dont  
elle provient. L'opium est doué de propriétés qui le rendent  
utile dans bien des cas mais il ne saurait cependant être

employé comme soporifique en médecine, bien qu'il contienne de la morphine.

Les analyses chimiques ont montré que l'arrangement des atomes et des molécules des corps simples est très complexe dans les alcaloïdes. Nous avons déjà vu (p. 24 et 70) qu'il ne suffit pas pour connaître un corps de savoir la nature et le nombre des atomes qu'il contient, mais qu'il est nécessaire de savoir quels sont leur arrangement, leurs dispositions intimes les uns vis-à-vis des autres. Lorsque ce point a été déterminé, tâche dont un profane même peut apprécier la difficulté, on peut alors essayer dans les laboratoires de reconstruire artificiellement ce corps naturel à partir des atomes, ce qu'on appelle en faire la synthèse (1).

Nous avons déjà vu (p. 25) que tous les corps de la chimie organique peuvent être dérivés du méthane, ou gaz des marais, qui se compose d'un atome de carbone et de 4 atomes d'hydrogène,



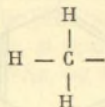
en remplaçant ses atomes d'hydrogène par d'autres atomes ou par des groupements atomiques. En effet tout résidu

(1) REMARQUE. — Il y a déjà quarante ans que l'on a réussi à faire la synthèse de l'alcool, ou esprit-de-vin, corps qui, nous le savons (v. p. 95), est de constitution relativement simple, sa formule étant C<sup>2</sup>H<sup>6</sup>O. C'est-à-dire que l'on a su le reproduire de toutes pièces, en prenant 2 atomes de carbone, 6 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène. Mais l'alcool produit de cette manière dans les laboratoires revient naturellement beaucoup plus cher que l'alcool de fermentation.

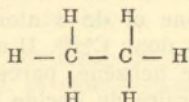
C'est M. M. Berthelot, le chimiste français bien connu, qui a réussi le premier cette synthèse. (Note du traducteur.)



monovalent peut prendre la place d'un autre résidu monovalent, tout résidu bivalent peut remplacer un autre résidu bivalent, tout résidu trivalent peut saturer trois valences du carbone ou remplacer un autre résidu trivalent.



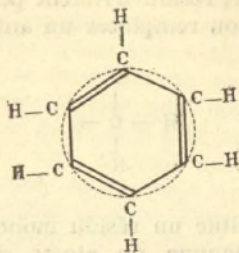
par exemple, constitue un résidu monovalent du méthane parce qu'il lui manque un atome d'hydrogène, un H. S'il se combine avec lui-même, ce qu'il est capable de faire conformément à la règle, parce qu'il est monovalent, nous obtenons



le carbure d'hydrogène  $\text{C}^2\text{H}^6$  ou éthane, etc.

Les chaînes de carbone, que nous pouvons nous représenter comme prolongées indéfiniment en répétant l'addition de restes  $\text{CH}^3$  (v. p. 25) peuvent également se ramifier latéralement, mieux encore, elles peuvent retourner sur elles-mêmes en forme d'anneau. Ce sont surtout les groupements atomiques comprenant 6 atomes de carbone qui sont disposés de cette façon. Un tel anneau fait preuve d'une stabilité extraordinaire vis-à-vis de la scission, c'est-à-dire qu'il résiste en général parfaitement aux attaques d'autres réactifs. Mieux encore, lorsqu'on lui fait subir les tortures chimiques les plus variées il produit de nouveaux corps dans lequel l'anneau avec ses 6 atomes de carbone est resté absolument intact. Comme il est malaisé de dessiner des cercles lorsqu'on fait le schéma de ces corps, on a universellement convenu de réunir ces atomes de carbone par des traits de liaison droits au lieu d'être courbes,

de sorte que le cercle se transforme en hexagone (1), figure que l'on rencontre à tout instant dans les traités de chimie.



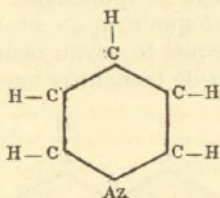
Benzène.

Le carbure d'hydrogène représenté dans le schéma ci-dessus est à son tour le plus simple de tous ceux qui peuvent exister dans les mêmes conditions. Il se compose de 6 atomes de carbone et de 6 atomes d'hydrogène et sa formule linéaire est donc  $C^6H^6$ . Il a été découvert en 1826, et porte le nom de benzène, parce qu'on réussit peu de temps après à l'extraire de l'acide benzoïque, déjà connu. L'hypothèse de la liaison cyclique de ces atomes, à jamais mémorable par suite de ses conséquences multiples, fut émise en 1866 par Kékulé.

Le benzène est la substance mère d'une énorme quantité de combinaisons chimiques. On le trouve en grandes quantités dans le goudron de houille et toutes les couleurs d'aniline, par exemple, peuvent être préparées à partir de lui. L'industrie de ces matières colorantes n'aurait jamais pu prendre l'essor qu'elle a atteint si l'on n'avait pas eu la conception des groupements atomiques cycliques, parce qu'elle seule permet d'expliquer la manière de se comporter des corps de cette classe.

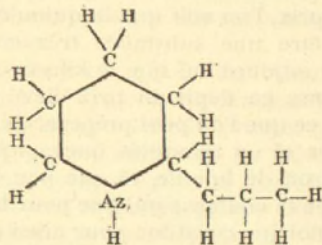
(1) REMARQUE. — Dans ces carbures d'hydrogène en forme d'anneaux, ou cycliques, les atomes de carbone se tiennent les uns les autres par des liaisons alternativement simples ou doubles de sorte que la tétravalence du carbone se fait également sentir ici. Comme cela est connu de tout chimiste, on se contente du simple hexagone pour représenter la liaison cyclique comme nous le verrons dans la suite. En français, un tel anneau porte le nom de noyau.

Depuis 1880 environ, on sait aussi que des groupements cycliques peuvent se composer non seulement de carbone et d'hydrogène, mais que les atomes d'autres éléments encore peuvent prendre part à la constitution du noyau qui forme leur squelette. L'azote, en particulier, peut jouer ce rôle et le composé le plus simple qu'il puisse former, dans ces conditions, aura, si nous désignons l'azote par <sup>\*</sup>Az, la formule suivante,  $C^5H^5Az$ , ou bien schématiquement :



Pyridine.

Il porte le nom de pyridine. On le trouve aussi dans le goudron des houilles, et, sauf quelques rares exceptions, la plupart des alcaloïdes, c'est-à-dire ces principes végétaux doués d'une si puissante action sur l'organisme humain, en sont des dérivés. Nous voyons ainsi que la conicine, l'alcaloïde toxique de la ciguë, possède la formule brute  $C^{26}H^{47}Az$ . Ces 26 atomes sont enchaînés entre eux de la manière suivante.



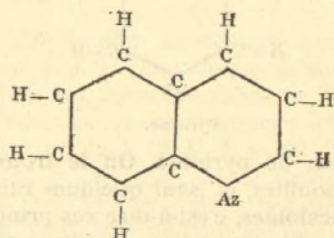
Conicine.

Ce mode de disposition des atomes dans le poison de la ciguë a été formellement et complètement reconnu par La-



denburg. Ce savant a réussi en 1888 à préparer artificiellement ce composé si complexe, produit jusqu'alors dans la plante par la nature seulement, à partir de la pyridine extraite du goudron de houille.

L'analyse de la quinine, le plus connu de tous les fébrifuges, n'en est pas arrivée aussi loin, car la composition de la quinine est infiniment plus compliquée que celle de la conicine. Mais on extrait facilement de la quinine un produit de dissociation, la quinoléine. Les analyses faites sur celle-ci ont prouvé que c'est un groupement atomique à deux noyaux, dans lequel le noyau benzénique et le noyau pyridique se sont unis de la manière suivante :



Quinoléine.

On ne sait pas encore comment les autres atomes de la quinine sont groupés autour de la quinoléine. Comme la quinine coûte encore environ 50 francs, quelle qu'en ait été la baisse de prix, l'on voit que la quinoléine qui en était extraite devait être une substance très coûteuse. Cependant l'on trouve aujourd'hui que le kilo de celle-ci ne vaut plus que 12 francs en dépit du prix élevé de la quinine : cela provient de ce que l'on peut préparer la quinoléine sans grandes dépenses et en quantités quelconques à partir de dérivés de goudron de houille, et que par conséquent l'on n'a plus besoin de la coûteuse quinine pour la préparer.

Comme la quinoléine constitue pour ainsi dire le squelette de la quinine on en vint à se poser la question suivante : Etait-il nécessaire pour que le dérivé obtenu soit un fébrifuge que les atomes, ou groupes d'atomes y soient disposés de la même manière que dans la quinine? On se demanda

en outre si, en transformant la quinoléine en l'un des composés que l'expérience acquise désignait comme appropriés, le nouveau corps, qui n'est que fort peu apparenté au produit naturel, ne serait pas cependant capable d'abaisser la haute température des fiévreux, et par cela de trouver emploi comme fébrifuge d'une manière analogue à la quinine.

Après beaucoup d'essais, naquit en 1881 le premier des fébrifuges artificiels, la caïrine. Il est tombé depuis longtemps dans l'oubli, parce qu'il a été remplacé par de plus actifs, car depuis ce temps-là à peine un fébrifuge est-il découvert qu'il est déjà chassé par un autre. En outre on s'aperçut, depuis qu'on s'était mis à s'occuper de cette question, que des groupements atomiques bien plus simples que la quinoléine peuvent aussi fournir des fébrifuges, ce qui a beaucoup facilité leur préparation.

Les plus usités dans la pratique médicale sont l'anti-pyrine, dont la composition atomique est très complexe mais n'est pas dérivée de la quinoléine, et la phénacétine dont la base est constituée par un arrangement d'atomes relativement simple.

Au début de ce paragraphe nous avons parlé de la morphine, ce soporifique dont l'emploi a été un progrès sensationnel dans la thérapeutique intérieure du corps, surtout depuis que le médecin Wood eut introduit la méthode des injections sous-cutanées, mode d'emploi qui en accélère et assure singulièrement les effets parce que la morphine pénètre directement dans le torrent circulatoire et par le plus court chemin.

On s'est beaucoup occupé de lui trouver un succédané convenable, surtout à cause du danger de la morphinomanie, inhérent à son emploi. Le premier qu'on ait préparé a été le chloral, qui est apparenté au chloroforme au point de vue chimique, comme son nom l'indique.

Le nombre de ces soporifiques est devenu légion avec le temps. L'expérience a montré que les classes de corps les plus diverses jouissent de la propriété de provoquer un sommeil profond chez l'homme et les animaux. En somme l'alcool ne constitue-t-il pas un soporifique? Seulement son usage immodéré entraîne ordinairement des suites désa-

gréables pour le jour suivant. Il en est de même pour de nombreux soporifiques. Ils amènent bien le sommeil, mais simultanément produisent des résultats désagréables qui n'ont pas peu contribué à réduire le nombre de ceux qui sont utilisables en pratique, nombre bien suffisant d'ailleurs.

Tandis que les soporifiques ont pour but de produire un sommeil aussi semblable que possible au sommeil naturel, on est arrivé par l'emploi de certains produits à exécuter les opérations les plus terribles dans un sommeil tel que le patient ne ressent plus rien.

La première des substances employées dans ce but a été l'éther, corps qu'il est facile de préparer à l'aide de l'alcool.

On le préparait et on le prépare encore aujourd'hui en distillant l'alcool avec de l'acide sulfurique : c'est ce qui explique pourquoi on l'appelle éther sulfurique, quoiqu'il ne contienne pas une trace de soufre, ce qu'on sait depuis une centaine d'années.

L'éther a été découvert vers 1530 par Valentinus Cordus, professeur de pharmacopée, à Wittenberg; en 1541 Paracelse, fameux médecin suisse, connaissait déjà ses propriétés soporifiques. Il rapporte dans ses écrits (1) « Entre autres propriétés, ce sulfure (c'est l'éther) possède un goût si sucré que les poules l'absorbent volontiers; elles s'endorment alors pendant quelque temps mais se réveillent après sans dommage » (2).

Les conséquences rationnelles de cette expérience *in anima vili* du bon Paracelse n'ont été déduites malheureusement que trois siècles après sa découverte. Cet essai montrait pourtant que l'éther provoque un sommeil profond, dont

(1) Vol 1, page 1064 de ses œuvres complètes réimprimées à Strasbourg en dix volumes en 1683.

(2) Dans la suite de cette communication il le recommande comme une panacée contre toutes sortes de maladies. En 1750, le médecin Hoffmann, de Halle recommanda un mélange de 3 parties d'alcool et 1 d'éther comme apaisant la douleur, depuis ce temps-là, ce remède jouit d'une grande popularité sous le nom de gouttes d'Hoffmann.



on se réveille sans danger. Il est fort regrettable qu'on n'ait pas su faire cette déduction plus tôt car, combien de souffrances n'auraient-elles pas pu être évitées aux hommes, si l'on avait déjà su les rendre insensibles à la douleur pendant la durée des opérations chirurgicales (1).

Ne soyons pas trop injustes au demeurant contre les médecins de cette époque. Les croyances d'alors s'opposaient à la dissection des cadavres de sorte qu'ils ne pouvaient étudier l'anatomie, base de leur science, que dans les écrits de Galien, médecin grec, qui vivait deux cents ans après Jésus-Christ. Vésale, médecin ordinaire de l'empereur Charles-Quint, osa, le premier, disséquer des cadavres humains qu'il avait dérobés au gibet; il s'aperçut tout de suite que l'anatomie de Galien n'est pas celle de l'homme du tout, mais celle du singe et de l'ours. Et cependant Vésale fut menacé d'un procès entraînant sa condamnation à mort à cause de ses dissections! Heureusement l'empereur obtint de la célèbre Université de Salamanque une approbation formelle des dissections. Ce corps savant eut assez de raison, ce dont il faut le louer, pour déclarer qu'il considérerait comme légitime la dissection des cadavres entreprise dans un but scientifique.

Pour en revenir à l'emploi de l'éther comme anesthé-

(1) C'est même doublement regrettable, étant donnée la brutalité pour nous presque incroyable des traitements auxquels on soumettait alors les malades. C'est ainsi que jusqu'à il y a trois cent cinquante ans, il était d'usage de tremper dans l'huile bouillante les moignons de membres arrachés pendant la bataille, parce qu'on croyait ainsi assurer leur guérison. Il arriva un jour après une bataille que l'huile vint à manquer et qu'on ne put appliquer ce traitement qu'aux officiers. Or le fameux chirurgien français Ambroise Paré, qui devait précisément l'appliquer, remarqua que les blessures des simples soldats, qui n'avaient pas subi cette torture atroce guérissaient tout aussi bien que celles des officiers. Comme il nota cette observation dans un traité de chirurgie bientôt traduit dans toutes les langues de l'Europe, cette coutume barbare se perdit bientôt. Il est probable qu'elle avait trouvé son origine dans le désir d'empêcher la suppuration des blessures, ce que l'on atteint aujourd'hui par l'emploi des antiseptiques tels que l'iodoforme, le phénol, etc. qui sont fournis par les fabriques de produits chimiques.

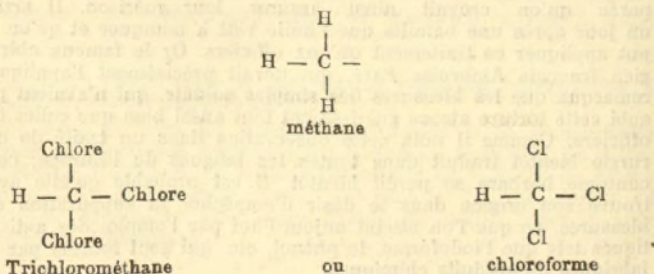
sique ce fut le chimiste américain Jackson qui en 1846 décida le dentiste Morton à s'en servir comme analgésique au cours d'opérations dentaires.

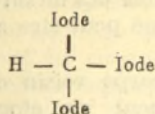
Les résultats obtenus dans cette direction furent si brillants que leurs auteurs les communiquèrent au chirurgien Warren. Celui-ci se décida alors à opérer un malade endormi jusqu'à complète insensibilisation le 17 octobre 1846. C'est de ce jour que date l'exécution des opérations chirurgicales analgésiques.

On commença aussitôt à chercher d'autres agents analgésiques susceptibles d'agir comme, ou même mieux que l'éther, d'une si grande inflammabilité que son application rendait impossible l'emploi du fer rouge souvent indispensable au chirurgien. En 1847 Simpson recommanda le chloroforme, qui depuis a joué le rôle principal, quoique l'on soit toujours à la recherche d'autres composés, ou mélanges susceptibles de le remplacer.

Le chloroforme a été découvert en 1831 par Liebig qui le prépara à l'aide du chloral. Aujourd'hui on le fabrique à bien meilleur marché en faisant réagir le chlorure de chaux sur l'alcool.

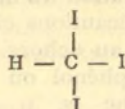
Au point de vue chimique c'est un corps de constitution très simple. En effet, si dans le méthane, ce carbure en  $\text{CH}_4$  qui nous est bien connu, nous remplaçons 3 atomes d'hydrogène par du chlore — ce que l'on peut faire directement dans les laboratoires — on obtient notre anesthésique, le chloroforme. Conformément à la notation symbolique nous obtenons les formules suivantes :





Triiodométhane

ou



Iodoforme

Sous le chloroforme nous avons immédiatement indiqué l'iodoforme qui lui est si proche au point de vue de la composition chimique, comme les formules indiquées permettent d'en juger (1). Nous sommes passés ainsi de la classe des narcotiques à celle des antiseptiques, qui ont permis d'ajouter au bienfait de l'analgésie, produite par le chloroforme au cours des opérations, celui d'assurer la guérison parfaite des blessures.

C'est au professeur de chirurgie anglais Lister que nous devons ce magnifique progrès dans l'art de soigner les blessures. Lui-même y avait été incité par les célèbres travaux de Pasteur sur les infiniment petits. Son procédé, que l'on applique depuis trente ans environ, consiste à tuer les bactéries contenues dans l'air parvenant au contact des plaies, au moyen de désinfectants que l'on applique dessus, car il est impossible d'isoler les plaies de l'air ambiant. L'agent antiseptique utilisé par Lister était le phénol.

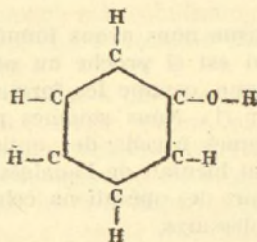
Dans les hôpitaux bien organisés, on est allé un peu plus loin. On applique maintenant la méthode aseptique, c'est-à-dire on fait bouillir les instruments chirurgicaux pour tuer les bactéries, on stérilise les blouses des opérateurs dans un courant de vapeur d'eau; ces derniers se lavent les mains dans l'alcool pour en chasser les ferments, etc., on en fait de même pour les parties de l'épiderme du patient où l'opération doit être pratiquée, le pansement enfin est en ouate stérilisée. On évite ainsi l'emploi des antiseptiques en général très toxiques. Mais cette méthode la plus moderne de la chirurgie n'est pas applicable en dehors des salles

(1) REMARQUE. — La désinence « forme » provient de formique, parce que ces corps sont voisins de l'acide formique, celui-ci étant un dérivé du méthane. (Note du traducteur.)



d'opération les mieux aménagées, car la somme des mesures de précautions citées et qui sont requises, ne peut être atteinte au dehors.

Le phénol ou acide phénique, est un corps voisin du benzène (v. p. 304). Il possède simplement un atome d'oxygène en plus et a la constitution suivante :



Acide phénique.

On obtient le phénol par la distillation du goudron de houille.

Le progrès réalisé par Lister devient particulièrement frappant lorsqu'on se reporte par la pensée, à la guerre franco-allemande en 1870. A cette époque tout le monde faisait encore de la charpie avec de la vieille toile, sans prendre aucune précaution parce qu'on ne se doutait pas des multiples causes d'infection qui trouvaient leur origine dans les organismes qu'une pareille matière première devait précisément contenir en foule. Il est certain que cette pratique amena la mort d'un grand nombre de personnes qui auraient été sauvées aujourd'hui. Aussi ne se sert-on plus du tout de charpie, mais d'ouate à pansement débarrassée de toute bactérie par une désinfection au moyen d'antisep-  
tiques.

Comme tout ce qui vient en contact avec elles est désinfecté, aussi bien les mains que les instruments des opérateurs, la grande majorité des plaies guérit-elle à présent sans aucune suppuration. Les grandes opérations entraînent naturellement toujours une certaine somme de dangers mais celui d'entre eux qui était autrefois le plus fréquent, la fièvre traumatique, peut être considéré aujourd'hui comme dis-

paru. D'ailleurs beaucoup d'opérations internes, qui autrefois auraient amené la mort par suppuration ultérieure, n'ont été rendues possibles que depuis l'application de la méthode antiseptique.

Il existe un grand nombre d'antiseptiques. Depuis son apparition le phénol a vu naître de nombreux concurrents, d'autant plus que le besoin de ceux-ci et les qualités que l'on en exige croissent continuellement avec les progrès continuels de la bactériologie et de l'hygiène.

L'iodoforme que nous avons déjà cité s'est particulièrement fait apprécier à l'épreuve, aussi est-il toujours employé en chirurgie, malgré l'odeur très désagréable dont il est doué. Les bactériologistes qui ont souvent besoin d'un antiseptique plus puissant et inodore se servent du sublimé.

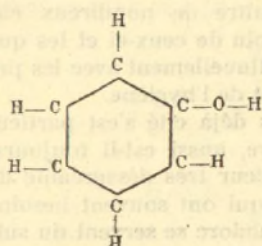
Le sublimé est le bichlorure de mercure. Même excessivement diluée sa solution aqueuse présente encore la plus grande énergie antiseptique. Et, s'il ne constituait pas lui-même un poison des plus violents pour le corps humain, il détrônerait probablement tous les autres antiseptiques.

Mais le public a besoin d'autres désinfectants, à la fois inoffensifs et privés de toute saveur ou odeur, par exemple, pour la conservation des aliments. Parmi ceux-ci, l'acide salicylique a le mieux fait ses preuves. Il a été trouvé en 1839 dans l'écorce du saule (en latin *salix*) et son nom en rappelle l'origine. Depuis l'analyse et les recherches faites sur la disposition des atomes dans sa molécule ont établi que c'est un composé très voisin du phénol.

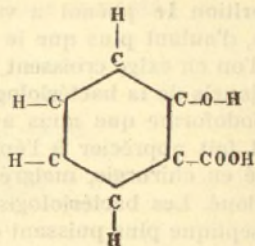
On l'obtient en remplaçant dans le phénol un atome d'hydrogène bien défini par un groupement atomique appelé carboxyle (v. p. 25). L'acide phénique a pour formule  $C^6H^6O$ ; l'acide salicylique:  $C^7H^6O^3$ ; il possède donc en plus les atomes  $CO^2$ , ce qui est comme nous le savons, la constitution de l'acide carbonique (1).

(1) REMARQUE. — Nous remarquerons ici qu'au cours de ce livre nous n'avons considéré dans les formules chimiques que la composition qualitative des corps, parce que cela suffisait pour notre but; mais le chimiste y voit bien davantage. Les formules lui donnent en même temps les rapports pondéraux dans lesquels les différents éléments composent le corps for-

Aussi, grâce à cette constatation, l'acide salicylique est-il préparé maintenant à partir du phénol extrait lui-même du goudron, par un procédé peu à peu arrivé à l'extrême perfection.



Acide phénique.



Acide salicylique.

D'ailleurs, certains produits de distillation du goudron doués également de propriétés antiseptiques servent également de désinfectants, même imparfaitement purifiés, bien entendu lorsque leur état de pureté n'a pas d'autre importance. Ils peuvent être vendus à très bas prix ce qui rend possible, même aux classes les plus pauvres des populations, d'éviter beaucoup de maladies, parce qu'elles peuvent s'en servir utilement pour lutter contre le danger de contamination en cas d'épidémie.

mulé. En effet les poids atomiques des éléments par rapport les uns aux autres sont déterminables et ont tous été déterminés. On les rapporte au plus léger de tous les éléments, l'hydrogène, dont le poids atomique sert d'unité ( $H = 1$ ). On trouve par exemple que l'atome de carbone est douze fois plus lourd que celui du carbone ( $C = 12$ ); celui de l'oxygène seize fois ( $O = 16$ ). Ces connaissances ont rendu possible la notation chimique par symboles, adoptée universellement et comprise par tous parce qu'elle n'exige aucune connaissance linguistique spéciale. On ne peut guère lui comparer au point de vue de la simplicité et de l'universelle compréhension, que la notation musicale, la même dans le monde entier, comme M. Mack l'a fait judicieusement observer.



## CONCLUSION

---

Comme nous avons pu nous en rendre compte les travaux progressent d'une manière continue et rapide dans les divers domaines dépendants de la chimie. En effet on analyse et l'on essaye à tous les points de vue, tout ce qui est produit par la nature, soit que l'on veuille simplement enrichir le domaine de la science, soit que l'on ait en vue le profit de l'humanité ou le bien de l'individu. Aussi l'ouvrage que nous terminions ainsi a-t-il reçu plus d'un accroissement au cours des neuf années qui se sont écoulées depuis sa première publication.

Le célèbre philosophe anglais François Bacon de Verulam remarquait autrefois non sans quelque justesse que « Chymicorum autem genus ex paucis experimentis fornacis philosophiam constituerunt phantasticam et ad paucam spectantem », ce qui signifie à peu près « la corporation des alchimistes en se basant sur quelques expériences faites dans le feu des fourneaux, a établi une conception de l'univers phantasmagorique et ne tenant compte que de quelques phénomènes isolés ».

Mais il n'en est plus maintenant comme jadis où l'on couvrait le peu que l'on savait du manteau des mystères alchimiques. Au contraire, tout est au grand jour, et l'essai paraît bien justifié d'avoir tenté de faire jeter, au profane, un regard dans ce monde si savamment établi, coup d'œil qui semble propre à augmenter la somme de ses connaissances, ainsi qu'à aiguïser sa pensée individuelle.

---

## CONCLUSION

Les conclusions de ce rapport sont les suivantes :  
1. Le projet de loi est bien conçu et répond à un besoin.  
2. Les dispositions proposées sont claires et précises.  
3. Le projet de loi est conforme aux principes de droit.  
4. Le projet de loi est conforme aux principes de justice.  
5. Le projet de loi est conforme aux principes de moralité.  
6. Le projet de loi est conforme aux principes de sagesse.  
7. Le projet de loi est conforme aux principes de prudence.  
8. Le projet de loi est conforme aux principes de modération.  
9. Le projet de loi est conforme aux principes de tempérance.  
10. Le projet de loi est conforme aux principes de sobriété.

En conséquence, il est proposé que le projet de loi soit adopté.  
Le rapporteur a l'honneur de vous adresser, en annexe, le rapport de la commission.  
Il prie de vous agréer, Messieurs, l'assurance de sa haute estime et de sa haute reconnaissance.

Fait à Paris, le 10 Mars 1888.  
Le Rapporteur, M. X...  
Le Secrétaire, M. Y...

## INDEX ALPHABÉTIQUE

### A

<p>Acétification . . . . . 129</p> <p>Acétique, acide. . . . . 131</p> <p>Acétone . . . . . 132, 143</p> <p>Acétylène . . . . . 36</p> <p>Acides . . . . . 53</p> <p>Acier . . . . . 260, 277</p> <p style="padding-left: 20px;">— Bessemer . . . . . 280</p> <p style="padding-left: 20px;">— Martin . . . . . 286</p> <p style="padding-left: 20px;">— au nickel . . . . . 299</p> <p>Adoucissage de la fonte . . . . . 285</p> <p>Affinage du fer . . . . . 273</p> <p>Agriculture . . . . . 39</p> <p>Agronomie . . . . . 42</p> <p>Air atmosphérique . . . . . 3, 8, 10</p> <p>Albumine . . . . . 60</p> <p style="padding-left: 20px;">— (papier à l') . . . . . 237</p> <p style="padding-left: 20px;">— (solution d') . . . . . 236</p> <p>Albuminoïdes (matières) . . . . . 60</p> <p>Alcalins . . . . . 53</p> <p>Alcalis caustiques . . . . . 188</p> <p>Alcaloïdes . . . . . 300</p> <p>Alcool . . . . . 113</p> <p style="padding-left: 20px;">— amylique . . . . . 121</p> <p style="padding-left: 20px;">— de betteraves . . . . . 120</p> <p style="padding-left: 20px;">— de cellulose . . . . . 123</p> <p style="padding-left: 20px;">— de grains . . . . . 115</p> <p style="padding-left: 20px;">— dénaturé . . . . . 123</p> <p style="padding-left: 20px;">— de pommes de terre . . . . . 118</p> <p style="padding-left: 20px;">— méthylique . . . . . 132</p> <p style="padding-left: 20px;">— myricique . . . . . 21</p> <p style="padding-left: 20px;">— (rectification de l') . . . . . 121</p> <p style="padding-left: 20px;">— (synthèse de l') . . . . . 302</p> <p style="padding-left: 20px;">— (valeur nutritive de l') . . . . . 126</p> <p>Alfa (papier d') . . . . . 182</p> <p>Alfénide . . . . . 298</p> <p>Aliments . . . . . 59, 67, 86, 98</p> <p>Alizarine . . . . . 167</p> <p>Alliages . . . . . 296</p> <p>Allumettes . . . . . 14</p> <p>Alumine (mordants à l') . . . . . 161</p> <p>Aluminium . . . . . 290</p> <p>Alum . . . . . 153</p> <p>Amalgame . . . . . 217</p> <p>Amidon . . . . . 71</p>	<p>Ammoniac (gaz) . . . . . 30</p> <p>Ammoniacales (eaux) . . . . . 30</p> <p>Ammoniaque (solution d') . . . . . 30</p> <p>Amylacées, matières . . . . . 70</p> <p>Amylique, alcool . . . . . 121</p> <p>Analyse chimique . . . . . 5</p> <p>Analgésiques . . . . . 308</p> <p>Aniline, couleurs . . . . . 170</p> <p>Anthracène . . . . . 165</p> <p>Antichlore . . . . . 158</p> <p>Antipyrine . . . . . 307</p> <p>Antiseptiques . . . . . 311</p> <p>Apéritifs . . . . . 126</p> <p>Argent . . . . . 252</p> <p style="padding-left: 20px;">— (sels d') . . . . . 230</p> <p>Argenture à la pile . . . . . 292</p> <p style="padding-left: 20px;">— des glaces . . . . . 217</p> <p>Argiles . . . . . 220</p> <p style="padding-left: 20px;">— plastiques . . . . . 223</p> <p>Argon . . . . . 8</p> <p>Arrowroot . . . . . 72</p> <p>Asepsie . . . . . 308</p> <p>Assolements . . . . . 42</p> <p>Atmosphère . . . . . 8</p> <p>Atomes . . . . . 25</p> <p>Atomiques, (groupements) . . . . . 303</p> <p>Auer de Welsbach . . . . . 35</p> <p style="padding-left: 20px;">— (bec et manchon) . . . . . 35</p> <p>Azotate d'argent . . . . . 231</p> <p>Azote . . . . . 7, 51</p> <p>Azotées (matières) . . . . . 59</p> <p>Azotique (acide) . . . . . 193</p>
<h3 style="margin: 0;">B</h3>	
<p>Barilla . . . . . 190</p> <p>Bases . . . . . 53</p> <p>Bec Auer . . . . . 35</p> <p>Benzène . . . . . 304</p> <p>Benzine . . . . . 25</p> <p>Benzoïque, sulfonide . . . . . 85</p> <p>Bessemer (acier) . . . . . 261</p> <p>Betteraves . . . . . 79, 120</p> <p>Beurre . . . . . 68</p> <p>Bière . . . . . 109</p> <p>Bimétallisme . . . . . 255</p>	





INDEX ALPHABÉTIQUE

319

Couleurs fusibles, émaux . . . 230  
 — à l'huile . . . 172  
 — du spectre . . . 240  
 Couyss. . . . . 109  
 Couverte en céramique . . . 229  
 Crin artificiel . . . 148  
 Crooks (tubes de) . . . 245  
 Cuir . . . 150, 153, 154  
 Cuirre, alliages . . . 296  
 Curie . . . 249  
 Cycliques (carbures) . . . 305

**D**

Daguerre . . . . . 231  
 Daguerriotypie . . . . . 231  
 Décolorants . . . . . 46  
 Dégras . . . . . 155  
 Dénaturation de l'alcool . . . 124  
 Déphosphoration de la fonte  
 — (scories de) . . . . . 47, 284  
 Désinfectants . . . . . 313  
 Détrempe (peinture à la) . . . 171  
 Dextrine . . . . . 110  
 Diabétiques (diète des) . . . 75  
 Diastase . . . . . 110  
 Diatomique . . . . . 28  
 Diffusion . . . . . 9  
 Digestion . . . . . 56, 64  
 Distillation spiritueuse . . . 113  
 — sèche, houille, bois 29, 132  
 — du pétrole . . . . . 25  
 Dynamite . . . . . 141

**E**

Eau ammoniacale . . . . . 30  
 — calcaire . . . . . 209  
 — de javelle . . . . . 158  
 — oxygénée . . . . . 159  
 — régale . . . . . 251  
 Eau-de-vie de cognac . . . . . 113  
 — de grain . . . . . 115  
 Echauffe des cuirs . . . . . 150  
 Effilochures (laine d') . . . 145  
 Electricité, action sur les  
 composés chimiques . . . 291  
 Electrique (four) . . . . . 36, 293  
 Electrolyse des minerais . . . 292  
 — des sels métal-  
 liques . . . . . 291  
 Eléments chimiques . . . . . 22  
 Email, céramique . . . . . 229  
 Empois, amidon . . . . . 72

Encollage du papier . . . . . 178  
 Encres . . . . . 174  
 Engrais artificiels . . . . . 45  
 Epilage des cuirs . . . . . 150  
 Essence de pétrole . . . . . 25  
 — de vinaigre . . . . . 131  
 Esprit de bois . . . . . 132  
 — de sel . . . . . 196  
 — de vin . . . . . 114  
 Estomac . . . . . 59  
 Etain, alliages . . . . . 296  
 Etalon d'or . . . . . 257  
 Etamage des glaces . . . . . 217  
 Ethane . . . . . 24, 303  
 Ether de pétrole . . . . . 25  
 Ether . . . . . 308  
 Ethylique, alcool . . . . . 114  
 Explosifs . . . . . 136  
 Extractives (substances) . . . 91

**F**

Faïence . . . . . 226  
 Farines . . . . . 73  
 Fébrifuges . . . . . 306  
 Féculés . . . . . 71  
 Feldspath . . . . . 228  
 Fer, métallurgie . . . . . 260  
 — physiologie . . . . . 89  
 Ferments . . . . . 104  
 Fermentation acétique . . . 130  
 — alcoolique . . . . . 104  
 — lactique . . . . . 61  
 Feu . . . . . 13  
 — grégeois . . . . . 135  
 Fibres animales . . . . . 145  
 — textiles . . . . . 145, 156  
 — végétales . . . . . 63  
 Fibrine . . . . . 63  
 Fixatifs, photographie . . . 238  
 Flamme . . . . . 17, 32  
 Flegme . . . . . 121  
 Fluorescence . . . . . 246  
 Fondants, verrerie . . . . . 211  
 — céramique . . . . . 223  
 Fonte, métallurgie . . . . . 260  
 Forgé (fer, acier) . . . . . 260  
 Formules chimiques . . . 23, 303  
 Four à cuve . . . . . 265  
 — électrique . . . . . 36  
 — à réverbère . . . . . 273  
 — à puddler . . . . . 274  
 — Siemens Martin . . . . . 286  
 Fourrures (apprêt des) . . . 154

Foyer catalan. . . . .	264
Fromage. . . . .	62
Fulmicoton. . . . .	139
Fumure. . . . .	42
Fusel Oil. . . . .	121

**G**

Galle (noir de). . . . .	174
Gallique (acide). . . . .	174
Galvanoplastie. . . . .	292
Garance. . . . .	167
Gastrique (suc). . . . .	56
Gaz d'éclairage. . . . .	30
— des générateurs. . . . .	286
Gazomètre. . . . .	30
Geissler (tube de). . . . .	244
Gélatine. . . . .	65
— chromée. . . . .	242
Gélatino-bromure. . . . .	239
Glaces, miroirs. . . . .	216
— (argenterie des). . . . .	217
Glucose. . . . .	74
Gluten. . . . .	94
Glycérine. . . . .	20, 140
Goudron de bois, de houille. . . . .	29
132, 165	
Grain (eau-de-vie de). . . . .	115
Graines des céréales. . . . .	73
Gras (acides). . . . .	20
Graisses animales. . . . .	20, 70
— minérales. . . . .	26
— végétales. . . . .	21
Grégeois (feu). . . . .	135
Grès cérame. . . . .	225
Guano. . . . .	47

**H**

Haut fourneau. . . . .	265
Hoffmann (gouttes d'). . . . .	308
Houblon (en brasserie). . . . .	109
Houille (distillation). . . . .	30
Huiles végétales. . . . .	21
— minérales. . . . .	21
— siccatives. . . . .	172
Humus. . . . .	38
Hydrates de carbone. . . . .	70
Hydrocarbures. . . . .	24
Hydrogène. . . . .	24
Hydromel. . . . .	107
Hydroquinone. . . . .	237
Hyposulfite de soude. . . . .	158, 238

**I**

Impression des tissus. . . . .	170
Incandescence (bec Auer). . . . .	34
Indigo. . . . .	165
Inorganiques (composés). . . . .	39
Iode. . . . .	55
Iodoforme. . . . .	311
Iodure d'argent. . . . .	236

**J**

Jachère, agriculture. . . . .	42
-------------------------------	----

**K**

Kaolin. . . . .	227
-----------------	-----

**L**

Lactique (acide). . . . .	61
— fermentation. . . . .	61
Lactose. . . . .	61
Lait. . . . .	61
Laine. . . . .	145
Laitier, métallurgie. . . . .	268
Laiton. . . . .	297
Laminage. . . . .	275
Laminoir (train de). . . . .	275
Laques, en teinturerie. . . . .	162
Lavoisier. . . . .	7
Leblanc (soude). . . . .	191
Légumineuses (plantes). . . . .	42
Lessives de soude, de potasse. . . . .	204
Levain. . . . .	95
Levure. . . . .	116
Liebig. . . . .	39
Lin, textile. . . . .	156
— (huile de). . . . .	172
Liqueurs. . . . .	125

**M**

Maillechort. . . . .	298
Majolique, faïence. . . . .	226
Malt. . . . .	109
Maltage. . . . .	110
Manchon (incandescence). . . . .	35
Manganèse (fer au). . . . .	260
Margarine. . . . .	68
Martin (acier). . . . .	286
Mèche des bougies. . . . .	20
Mélasse. . . . .	82



Mégisserie . . . . .	142	Palmitique, acide . . . . .	20
Mélinite . . . . .	141	Papier . . . . .	176
Mercerisage de coton . . . . .	147	Papyrus . . . . .	176
Métallurgie . . . . .	260	Paraffine . . . . .	28
Métargon . . . . .	8	Parchemin . . . . .	155
Métaux . . . . .	251	Pastel . . . . .	166
Méthane . . . . .	24	Pasteur . . . . .	311
Méthyligène (alcool) . . . . .	132	Pâte du pain . . . . .	94
Minerais . . . . .	258	— de bois (papier) . . . . .	180
Molécule . . . . .	25	Patine des bronzes . . . . .	297
Moissan (four électrique) . . . . .	36	Pechblende . . . . .	248
Monnaies . . . . .	252, 296	Peinture à la détrempe . . . . .	170
Mordantage . . . . .	160	Peinture à l'huile . . . . .	170
Mordants . . . . .	160	Pepsine . . . . .	56
Morphine . . . . .	307	Pétrole . . . . .	21
Mortier . . . . .	221	Phénique, acide (phénol) . . . . .	312
Mout des vins . . . . .	105	Phosphate . . . . .	46
Mycoderma aceti . . . . .	130	Phosphore . . . . .	14
<b>N</b>		Phosphorique, acide . . . . .	6, 40
Néon . . . . .	8	Phosphorite . . . . .	46
Nieppe . . . . .	236	Photographie . . . . .	231
Nitrates, engrais . . . . .	54	— en couleurs . . . . .	241
Nitrate d'argent . . . . .	231	Picrique, acide . . . . .	142
Nitre, salpêtre . . . . .	130	Pierres fines, artificielles . . . . .	219
Nitrés (groupements) . . . . .	131	Plantes (nutrition des) . . . . .	38
Nitrique (acide) . . . . .	52	Platine . . . . .	251
Nitrobacilles, bactéries . . . . .	52	Plomb (chambres de) . . . . .	192
Nitrocellulose . . . . .	139	Porcelaine, céramique . . . . .	227
Nitrogélatine . . . . .	143	Potasse . . . . .	49, 189
Nitroglycérine . . . . .	141	Potassium . . . . .	49, 293
Notation symbolique . . . . .	24	Pot-au-feu . . . . .	92
Noir animal . . . . .	45	Poterie . . . . .	224
Noir de fumée . . . . .	32	Poudre à canon . . . . .	136
Nutrition de l'homme . . . . .	59	— sans fumée . . . . .	139
— des végétaux . . . . .	38	Présure . . . . .	62
<b>O</b>		Propane . . . . .	24
Oeufs (digestion des) . . . . .	65	Protéine . . . . .	61
Oléique (acide) . . . . .	20	Puddlage . . . . .	261, 273
Or . . . . .	251	Pyridine . . . . .	305
Organiques (matières) . . . . .	40	Pyridiques, bases . . . . .	124
Orge germé . . . . .	109	Pyrites . . . . .	193
Os . . . . .	45	Pyrogallique (acide) . . . . .	237
Oxydation . . . . .	7	<b>Q</b>	
Oxydes . . . . .	8	Quartz . . . . .	217
— (réduction des) . . . . .	259	Quebracho (bois de) . . . . .	151
Oxygène . . . . .	7, 28	Quinine . . . . .	306
Ozone . . . . .	28	Quinoléine . . . . .	306
<b>P</b>		<b>R</b>	
Pain . . . . .	94	Radioactivité . . . . .	248
Palme (huile de) . . . . .	208	Radium . . . . .	249



INDEX ALPHABÉTIQUE

323

**V**

Valences atomiques. . . . .	302
Vaseline . . . . .	26
Végétaux . . . . .	38
Végétarien (régime). . . . .	98
Vélin. . . . .	155
Vernis. . . . .	173
Verre. . . . .	211
Vêtements . . . . .	144
Viande . . . . .	90
Vin. . . . .	105

Vinaigre . . . . .	130
Vinification. . . . .	105
Vitrification, céramique. . . . .	227

**X**

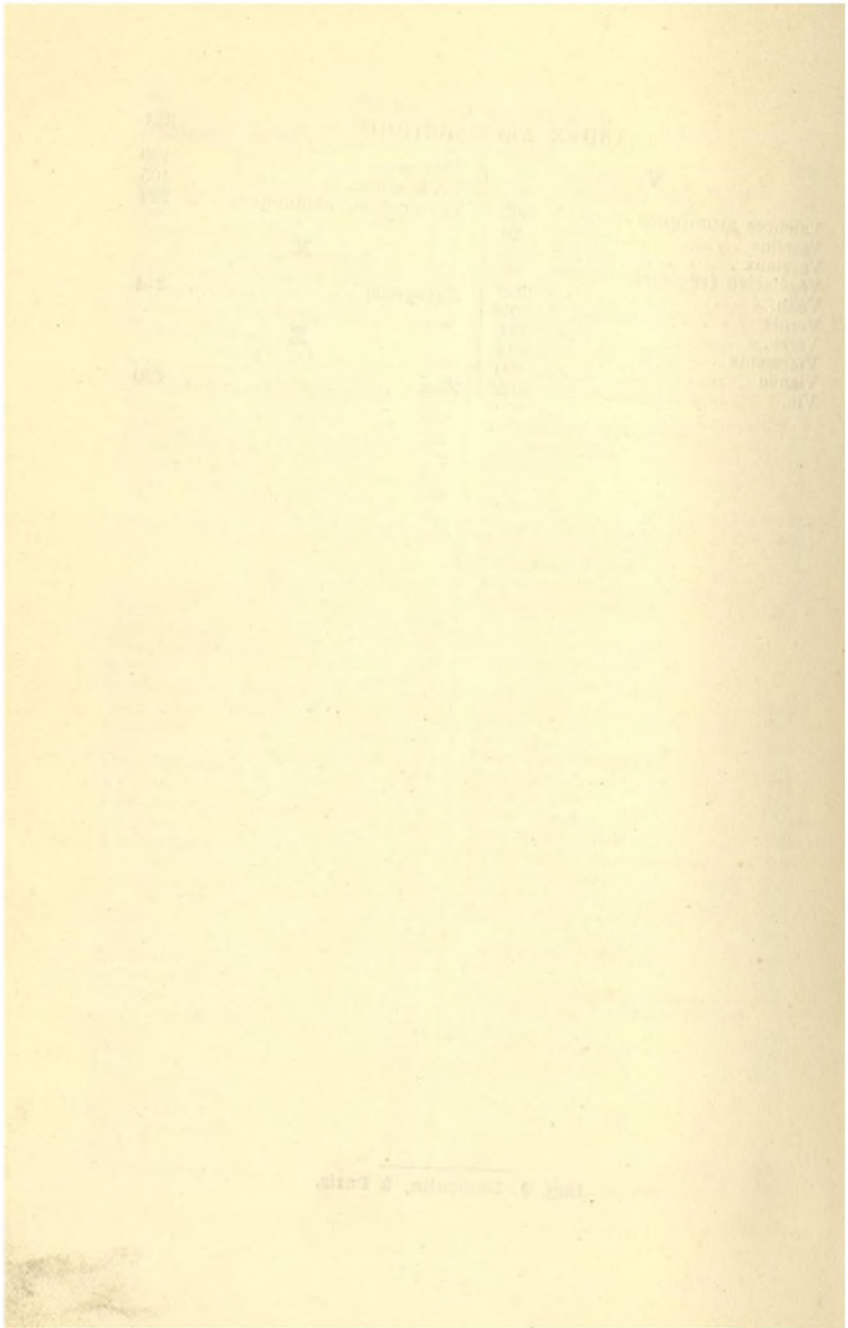
X (rayons) . . . . .	244
----------------------	-----

**Z**

Zinc . . . . .	290
----------------	-----

Imp. J. Dumoulin, à Paris.





## COLLECTION "INDUSTRIA"

## *Le Livre des Travaux Artistiques d'Amateur*

UN VOLUME IN-8 COLOMBIER, 150 ILLUSTRATIONS. BR., 6 FR.; CART., 7 FR.

**Le Dessin et la Peinture.** — Composition et exécution des dessins. — Modifications dans les dessins. — Reports et calques. — La peinture à l'aquarelle. — Le pastel. — La peinture à l'huile. — Peinture sur étoffes. — Imitation des tapisseries. — Peinture sur verre, sur faïence et sur porcelaine, etc., etc.

**Les Travaux sur bois.** — La pyrogravure. — La pyrosculpture. — Le découpage à la scie. — La sculptolignie ou planisculpture. — La marqueterie. — Le bois gravé. — Sculpture en champlevé. — Décor en bois rustique, en liège, etc., etc.

**Le Décor du cuir.** — Préparation des cuirs. — Choix de l'outillage. — Le cuir gravé. — Travail à la mexicaine. — Le cuir découpé. — Le cuir incisé. — Le cuir repoussé et modelé. — Mosaïque par incrustation. — Patinage et racinage. — Monture des ouvrages en cuir.

**Le Travail des métaux.** — L'étain gravé. — Le métal repoussé. — La gravure au trait, au poinçon, à l'acide. — Le métal découpé. — Travaux de petite ferronnerie. — Le cloutage. — Travaux en filigrane. — Marqueterie orientale ou cloisonnée.

**Le Modelage.** — Modelage du ciment et de l'argile. — Fruits et fleurs en cire, stéarine et résine. — Modelage en creux et en relief. — Applications et décor.

**Travaux divers.** — Travaux en coquillages, en mousse, en plantes séchées. — Travaux de mosaïque. — Ouvrages en plumes, en perles. — Images en nacre, en applications de drap, de velours. — Procédés divers : argenture, dorure, vernissage, encausticage, etc., etc.

## *L'Art de surprendre et de photographier les Oiseaux et les Insectes*

par MM. KEARSON frères

OUVRAGE ORNÉ DE 160 PHOTOGRAPHIES INSTANTANÉES

UN VOLUME IN-8 COLOMBIER. . . . PRIX : CARTONNÉ, 8 FR.; RELIÉ, 12 FR.

**CHAPITRE PREMIER : Choix de l'appareil et observations générales.** — Les auteurs décrivent et représentent par diverses photographies leurs meilleurs appareils et les procédés qu'ils ont employés dans leurs travaux et dans leurs études.

**CHAPITRE II : L'Art de tromper les animaux.** — Description de meilleurs procédés pour approcher, surprendre et photographier les hôtes des champs, des bois et des rivages; nombreuses photographies représentant les opérations des auteurs, ainsi que les sujets surpris et photographiés.

**CHAPITRE III : Quelques curiosités de la vie sauvage.** — Dans ce chapitre, les auteurs décrivent, en les illustrant par de nombreux instantanés, une quantité de particularités remarquables concernant les habitudes des animaux sauvages, quadrupèdes, oiseaux, poissons, insectes, etc.

**CHAPITRE IV : Oiseaux des bois et des haies.** — Chapitre consacré aux espèces qui vivent plus spécialement dans les bois, le long des haies; de magnifiques et curieuses photographies illustrent ce chapitre.

**CHAPITRE V : Oiseaux des marais et oiseaux des rivières.** — Les hôtes des marais et des rives des cours d'eau offrent des particularités très intéressantes dans leur existence; les auteurs en ont surpris tous les secrets et nous en offrent des images merveilleuses.

**CHAPITRE VI : Notes recueillies au bord de la mer.** — Parmi les oiseaux, ceux qui vivent sur les rivages de la mer sont peut-être les plus intéressants; les auteurs ont consacré de longues années à les étudier et à les photographier: goélands, pingouins, mouettes, huîtres, macreuses, etc., défilent sous nos yeux, saisis dans leurs demeures situées sur des rochers et des falaises inaccessibles.

**CHAPITRE VII : Mammifères.** — Tous ceux qui vivent à l'état sauvage, dans nos contrées, sont d'une timidité qui rend fort difficile la possibilité de les photographier; grâce à des prodiges de patience et d'ingéniosité, les auteurs sont parvenus à en photographier un certain nombre et les amateurs pourront les imiter avec succès.

**CHAPITRE VIII : Les Garde-chasses, leurs amis et leurs ennemis.** — Au cours de leurs excursions, les auteurs ont été amenés à se lier avec les gardes dont ils exploraient les territoires; ils les ont accompagnés dans leurs tournées et les ont aidés dans leurs travaux; il en est résulté les notes et les photographies de ce chapitre rempli d'intérêt pour tous les chasseurs.

**CHAPITRE IX : Insectes et autres bestioles au travail et au jeu.** — Papillons, phalènes, chenilles, toutes les bestioles qui animent les bois, les prés et les jardins ont servi de sujets aux études de nos infatigables observateurs; ils nous en offrent des reproductions des plus charmantes et qui inciteront nombre d'amateurs à les imiter.

---

---

## **La Chimie dans la Vie quotidienne**

**12 CONFÉRENCES**

**par le Professeur Dr LASSAR-COHN**

**OUVRAGE ORNÉ DE NOMBREUSES GRAVURES**

1 VOLUME IN-16, BROCHÉ — PRIX 4 FR.

La respiration. — La physique et la chimie. — La pesanteur de l'air. — La chaleur du corps. — La combustion. — Les allumettes. — Le phos-



phore. — Nature de la flamme. — Les bougies, les huiles, graisses et pétroles. — La notation chimique. — La distillation. — La fabrication du gaz d'éclairage et ses applications; l'acétylène.

La nutrition des plantes. — Les engrais. — Alimentation de l'homme et des animaux. — Essais de digestion artificielle. — Les divers principes nutritifs: albumine, graisses et hydrates de carbone. — Les aliments principaux et leur valeur nutritive: le lait, le pain, le beurre et ses succédanés; le sucre et le régime des diabétiques. — Mode d'alimentation; rôle de la cuisine. — Quantité des aliments nécessaires à l'existence. — Les boissons alcooliques et la fermentation: le vin, la bière, le cidre. — La brasserie; le malt, la levure, etc. — Le champagne. — Les spiritueux, l'alcool et les liqueurs; valeur nutritive de l'alcool et la tempérance. — Industrie de l'alcool. — Le vinaigre et l'acide acétique.

La distillation sèche du bois et ses produits. — La poudre à canon; historique et composition. — Les poudres de guerre et les explosifs modernes: composition et propriétés; le coton-poudre, la dynamite, la mélinite. — Les matières textiles: laine, coton et soie. — La laine d'effilochures et la soie artificielle.

La tannerie. — La préparation des cuirs. — Les matières tannantes. — Les variétés de cuir. — Le mégissage, le chamoisage, le cuir chromé. — Le blanchiment à l'air et le blanchiment chimique: chlorure de chaux, eau de javel, antichlore, acide sulfureux et eau oxygénée. — La teinturerie. — Les matières colorantes dérivées du goudron. — Les mordants et les laques colorantes. — L'indigo et l'alizarine. — L'impression en couleurs.

Peintures à l'huile et à la détrempe: huiles siccatives ou non siccatives. — Vernis. — Les encres. — La fabrication du papier, historique. — La cellulose. — Le papier au chiffon, à la cuve, papier de paille et de pâte de bois, procédés à la soude et au bisulfite. — La chaux calcinée. — L'industrie de la soude et ses sous-produits. — L'acide sulfurique. — La soude. — Leblanc. — La soude Solvay. — L'acide azotique. — L'acide chlorhydrique. — La potasse. — La savonnerie. — Les divers savons: fabrication, historique, fraude. — Les eaux douces et les eaux dures.

La verrerie: verre à la potasse et à la soude. — Les glaces, le strass et le quartz. — Les argiles, les briques, le mortier et le ciment. — La céramique. — La faïence, la porcelaine, la gréserie et la poterie commune, historique, fabrication et émaillage. — La photographie, historique. — Rôle de la lumière. — La pierre infernale. — Les sels d'argent et la lumière. — La daguerréotypie. — La talbotypie, les procédés modernes.

Le radium et les rayons X. — Les métaux et les minerais: l'or, l'argent et leur valeur relative. — Etalon d'or et bimétallisme. — Réduction des oxydes métalliques. — Métallurgie du fer, historique et progrès. — Fers, fontes et aciers. — Le haut fourneau. — Les procédés modernes: puddlage, bessemerisation, déphosphoration, fours à régénérateurs. — La galvanoplastie. — L'électrolyse par voie humide et par voie thermique, l'aluminium. — Les alliages: bronze, laiton, maillechort, etc. — L'acier au nickel. — Les alcaloïdes: la morphine.

La constitution du benzène et la chimie organique. — Les fébrifuges: pyridine, quinine, antipyrine. — Les soporifiques et analgésiques: chloral, éther, chloroforme. — Les antiseptiques et l'asepsie: phénol, iodoforme, sublimé. — Considérations sur l'industrie chimique et conclusion.

## *Les Dangers du Feu. Au Feu!*

par **MAX DE NANSOUTY**

OUVRAGE DE VULGARISATION SUR LE FEU, LA CHALEUR, LA LUMIÈRE

leurs applications, leurs dangers et la manière de les combattre

UN VOLUME IN-16. — PRIX : BROCHÉ, 2 fr. 50

**PREMIÈRE PARTIE : Éclairage et chauffage à la maison.** — Considérations générales sur le feu. — Pourquoi y a-t-il tant de petits incendies d'intérieur ? — De la combustion en général. — Qu'est-ce que le feu ? — Ustensiles et appareils où l'on fait du feu. — Les allumettes. — Divers procédés d'éclairage, les matières éclairantes, leurs avantages, leurs dangers. — Emplois du gaz d'éclairage : ses dangers. — L'acétylène. — L'électricité, canalisations, installations, accidents.

**DEUXIÈME PARTIE : Les premiers secours.** — Les cas de feu à la maison ou dans l'appartement ; moyens de les prévenir et de les combattre. — Le feu de cheminée. — Le feu à la cave. — Le feu au grenier. — Le feu à l'entablement de la cheminée — Le feu à la corbeille aux papiers. — Le feu aux rideaux de la fenêtre. — Le feu à un meuble. — Le feu dans l'escalier. — La boîte d'allumettes enflammée. — Le feu par la lampe à pétrole. — Le feu à la cuisine. — Accidents de toilette et de garde-robe, le feu aux cheveux, aux gants, etc. — La chaufferette. — Les accidents du gaz d'éclairage et de chauffage. — Les accidents du gaz d'acétylène et des gaz divers. — Les accidents dus à l'électricité.

**TROISIÈME PARTIE ; A la campagne : accidents spéciaux.** — Le feu au grenier, à l'écurie, aux herbes sèches, à la grange, à la meule. — Le déménagement du mobilier. — Les appareils d'extinction de premier secours. — Les avertisseurs particuliers. — Le sauvetage des personnes. — Soins à donner aux personnes brûlées. — Soins en cas d'asphyxie. — Incendies par feux d'artifices et illuminations. — Le feu chez le voisin. — Le feu et les calorifères. — Le feu dans les courtes. — Le feu au théâtre. — Dangers spéciaux de voisinage. — Quelques chiffres de statistique.

## *L'Amérique au Travail*

par **J. FOSTER-FRASER**

Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction Publique

UN VOLUME IN-8 ÉCU, 38 PHOTOGRAVURES. . . PRIX : BR., 4 FR.; REL., 7 FR.

**CHAPITRE PREMIER : Le Nouveau New-York.** — Les bâtisses géantes « Sky scrapers ». — Détails de leur construction. — Les méthodes d'architecture modernes.



**CHAPITRE II : Les Grands Magasins.** — Les magasins universels du nouveau monde. — Importance colossale des affaires. — Organisation des rayons. — Système de vente.

**CHAPITRE III : Les Communications rapides à New-York.** — Les chemins de fer métropolitains. — Manhattan Elevated railway. — Les « Ferry boats ». — Les tramways. — Le « Rapid transit railroad ».

**CHAPITRE IV : Construction des locomotives en Amérique.** — La manufacture de Baldwin, à Philadelphie. — Une locomotive construite en huit jours. — Outillage entièrement mécanique. — Procédés de travail.

**CHAPITRE V : Pittsburg, la métropole de l'acier.** — Les établissements Carnegie. — Les ouvriers, leurs salaires et les méthodes intensives de travail.

**CHAPITRE VI : Les Procédés administratifs à Washington.** — La capitale administrative des États-Unis. — Les principales administrations, leur fonctionnement pratique et les services qu'elles rendent au public en général.

**CHAPITRE VII : L'Instruction commerciale à Philadelphie.** — Caractère essentiellement pratique des programmes universitaires. — Les étudiants américains. — Les cours professionnels.

**CHAPITRE VIII : La Vie commerciale aux États-Unis.** — Intensité continue des efforts. — Hardiesse des entreprises. — Concurrence acharnée. — Préoccupation unique de faire fortune.

**CHAPITRE IX : Le Cultivateur américain.** — Application des méthodes les plus nouvelles à la culture du sol. — Les fermes et leur importance en superficie. — Rendement des diverses terres.

**CHAPITRE X : Les Collèges agricoles.** — Les stations agronomiques. — Programme des études. — Personnel enseignant. — Méthodes scientifiques appliquées à la culture et à l'élevage.

**CHAPITRE XI : Les Chemins de fer.** — Les voyages en chemins de fer. — Confort et rapidité. — Organisation de l'exploitation. — Personnel.

**CHAPITRE XII : Chicago.** — La métropole du commerce. — Opérations commerciales souvent peu scrupuleuses. — S'enrichir à tout prix.

**CHAPITRE XIII : L'Industrie des viandes à Chicago.** — Abatage des animaux par dizaines de mille chaque jour. — Fabrication des conserves. — Industries connexes.

**CHAPITRE XIV : Comment on fait les affaires à Chicago.** — La réclame. — Les grands magasins. — La vente par correspondance sur catalogues; deux millions de clients.

**CHAPITRE XV : Le Niagara dompté.** — Les usines électriques établies en amont des chutes. — Transmission de la force. — La création des cités industrielles. — Avenir prodigieux de ces contrées.

**CHAPITRE XVI : L'Ouvrier américain.** — Ses origines ethniques. — Son habileté et son activité. — Son esprit alerte. — Ses gains élevés.

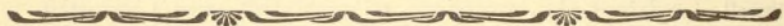
**CHAPITRE XVII : La Fabrication mécanique des chaussures.** — Division du travail. — Application complète du machinisme. — Spécialisation des fabriques. — Prix de revient. — Concurrence aux produits européens.



CHAPITRE XVIII : **Les Exploitations houillères.** — Méthodes mécaniques. — Emploi des haveuses électriques. — Prix de revient comparés avec ceux de l'Angleterre. — Immense production. — Possibilité d'exporter les houilles américaines sur les marchés européens.

CHAPITRE XIX : **La Construction des machines électriques.** — Les ateliers Westinghouse, près de Pittsburg. — Fabrication entièrement mécanique et commandée par l'électricité. — Fabrication par séries des pièces interchangeables.

CHAPITRE XX : **L'Industrie du tissage de la laine.** — Excellence des métiers. — Production en masse, mais au détriment de la qualité des tissus. — Comparaison avec l'industrie du Yorkshire.



## Dressage et Élevage des Chiens de chasse, de garde et d'agrément

par **PATHFINDER** et **Hugh DALZIEL**

OUVRAGE ORNÉ DE 24 PHOTOGRAVURES

*en hors texte, représentant les types des principales races de chiens*

UN VOLUME IN-8 GRAND ÉCU . . . . . BROCHÉ : 4 FR ; RELIÉ : 7 FR

### PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER : **Les Retrievers, comme chiens d'agrément.** — Qu'est-ce qu'un retriever? — Sélection de la race. — Élevage et dressage du jeune chien.

CHAPITRE II : **Les Retrievers à la chasse.** — Suivre une piste. — Première leçon sur le gibier. — Retrouver une pièce blessée. — Rapporter. — Gibier à plume, à poil. — Chasse aux marais.

CHAPITRE III : **Pointers et setters.** — Remarques générales. — La race. — Éducation. — Coucher au signal, au coup de feu. — La quête. — L'arrêt.

CHAPITRE IV : **Les Petits Épagneuls.** — Les spaniels cockers. — Choix du sujet. — Qualités requises. — Éducation. — Quête restreinte. — Spaniels et retrievers.

CHAPITRE V : **Les Terriers.** — Comme chiens d'agrément et comme chiens de garde. — Caractères de la race. — Élevage et éducation. — Travail avec les furets.

### DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER : **Chiens courants.** — Trail hounds et drag hounds. — Sélection de la meute. — Moyen de faire la piste. — Lièvres et lapins.

CHAPITRE II : **Bloodhounds.** — Considérations sur les races. — Méthodes de dressage.

CHAPITRE III : **Défenseurs et chiens de garde.** — Races les meilleures. — Qualités et instinct. — Méthodes de dressage. — Garde des personnes, des maisons.

CHAPITRE IV : **Chiens de berger, gardiens de troupeaux.** — Variétés des chiens de berger. — Le colley écossais. — Méthodes de dressage. — Le colley comme compagnon.

CHAPITRE V : **Chiens sauveteurs. — Chiens d'eau.** — Races les meilleures. — Terre-neuve. — Saint-bernard. — Spaniels. — Dressage à l'eau. — Sauvetage des personnes. — Plonger et rapporter.

CHAPITRE VI : **Les Chiens destructeurs d'animaux nuisibles.** — Les terriers. — Chasse aux blaireaux. — Chasse aux rats. — Travail avec les furets. — Dressage.

CHAPITRE VII : **Les Greyhounds.** — Entraînement physique. — Le coursing. — Méthodes de dressage. — Les saplings.

CHAPITRE VIII : **Les Chiens dans la maison.** — Propreté. — Régularité pour la nourriture. — Conduite à l'égard des visiteurs. — Demander à sortir.

CHAPITRE IX : **Conduite à l'extérieur.** — Chiens qui aboient après les passants. — Dressage pour se tenir aux talons. — Chiens qui mangent des ordures. — Éducation.

CHAPITRE X : **Un peu de tout.** — Chiens tueurs de moutons. — Tueurs de volailles. — Chiens qui hurlent la nuit. — Causes et remèdes.

## *Londres et la Vie à Londres*

par F. de BERNHARDT

UN BEAU VOLUME IN-4 ÉCU, 109 PHOTOGRAVURES ET UN PLAN. CART., 40 FR. ; REL., 16 FR.

CHAPITRE PREMIER. — Description générale. — Données statistiques et historiques. — Population. — Climat. — Physiologie du brouillard. — Le vieux Londres. — Les nouvelles voies. — Le mouvement des rues. — Omnibus. — Cabs. — Les parcs. — Quelques types de la rue.

CHAPITRE II. — Le roi et la famille royale. — Les réceptions à la cour. — La vie militaire. — Les gardes. — Les volontaires. — L'Honorable Compagnie d'artillerie. — Les gentilshommes d'armes. — Les yeomen de la garde.

CHAPITRE III. — Le Parlement. — Origines du Parlement britannique. — Les Lords et les Communes. — Composition et attributions respectives des deux assemblées. — Les anciens partis historiques. — Whigs et tories. — Groupements modernes. — Anecdotes et particularités.

CHAPITRE IV. — La vie mondaine. — La noblesse. — Les cercles. — La "season". — Les clubs. — Les sports. — Le Derby. — Les régates universitaires. — Les exercices athlétiques. — Le cricket. — Le football. — Le polo. — Grandeur et décadence de la boxe. — Réflexions sur l'abus des jeux et exercices athlétiques.

CHAPITRE V. — Les tribunaux. — Le Palais de justice. — La hiérarchie judiciaire. — Justice civile. — Tribunaux de simple police. — Cours d'appel. — La Chambre des lords comme cour de cassation. — Le ministère



public. — Justice criminelle. — Les coroners. — Avocats et solicitors. — La police métropolitaine.

CHAPITRE VI. — Business London. — Les finances. — La Banque d'Angleterre. — Le Stock-Exchange. — La Monnaie. — La Tamise, ses docks et sa navigation. — Le commerce. — Les bourses spéciales. — Lloyd. — Les grands magasins.

CHAPITRE VII. — Comment on se nourrit à Londres. — Les restaurants. — Les salons de thé. — Quelques mets nationaux. — Les végétariens. — Les tavernes et l'ivrognerie. — Le dimanche à Londres. — Autrefois et aujourd'hui.

CHAPITRE VIII. — La misère à Londres. — La loi de 1834. — L'impôt des pauvres. — Le logement des pauvres. — Le workhouse. — Hospitalité de nuit. — Une nuit au workhouse. — La mendicité à Londres. — Les ouvriers sans travail. — La charité privée et ses œuvres, le docteur Barnardo. — Les villages d'enfants.

CHAPITRE IX. — La Cité et le lord-maire. — Le Guildhall. — La Mansion House. — La police. — Saint-Paul. — Les corporations. — La poste. — La Tour de Londres.

CHAPITRE X. — Le crime à Londres. — Cadavres dans la Tamise. — Jack l'Éventreur. — La traite des blanches. — La faiseuse d'anges. — Les voleurs. — Les pickpockets. — Les Hooligans. — Les souteneurs. — Trait de mœurs judiciaires. — Les prisons de Londres. — Impressions d'un journaliste en captivité.

CHAPITRE XI. — Londres artistique. — L'abbaye de Westminster. — La cathédrale catholique. — Les chapelles françaises. — Buckingham Palace. — Stafford House. — L'Institut impérial. — Le Foreign Office. — La Galerie nationale. — La collection Wallace. — La galerie Tate. — L'Académie royale. — Le British Museum. — South Kensington. — La musique, l'Opéra, les concerts. — Les théâtres, les music-halls. — Conclusion.

## *Saint Vincent de Paul* et sa Mission Sociale par Arthur LOTH

157 illustrations, dont 76 gravures sur bois et 2 planches, en taille-douce. Br., 15 fr., Rel., 25 fr.

CHAPITRE PREMIER : **La Vocation.** — L'homme et l'œuvre. — La préparation. — L'apostolat de la charité.

CHAPITRE II : **Les Œuvres.** — Les confréries de la charité. — La congrégation de la mission. — La sœur de charité. — L'hôpital.

CHAPITRE III : **L'Action.** — Les missions. — La renaissance religieuse. — La politique et la charité.

CHAPITRE IV : **Le Saint.** — La canonisation de Vincent de Paul.

CHAPITRE V : **La Postérité de saint Vincent de Paul.** — L'accroissement. — L'épreuve. — La restauration.

APPENDICE : **La Société de Saint-Vincent-de-Paul.** — Les origines, son but, son histoire.



13 f. Jean Grégoire

# Végétations chimiques

VOICI une expérience amusante, rapide et peu coûteuse. On remplit un bocal ou un vase quelconque, étroit et haut autant que possible, d'une solution de silicate de soude étendue de deux fois son volume d'eau. Ce silicate est une substance d'un prix très peu élevé et n'offrant aucun danger; on la trouve chez les marchands de produits chimiques. On jette dans ce liquide de menus fragments de sulfate de cuivre qui tombent lentement au fond du vase. Le sulfate de cuivre ou couperose bleue est également un produit très commun, employé pour la confection de la bouillie bordelaise.

De tous les points des fragments de sulfate de cuivre surgissent immédiatement des bulles gazeuses, puis une multitude de petits filaments bleus qui s'élèvent peu à peu en se ramifiant. En quelques heures on obtient une brillante végétation. Il s'est produit là une réaction chimique; les sels mis en présence ont échangé leurs bases; les filaments qui ont pris naissance sont du silicate de cuivre insolubles et très adhérent.

Plus le silicate de soude est concentré, plus les filaments obtenus sont épais; ils imitent alors des troncs d'arbres ramifiés.

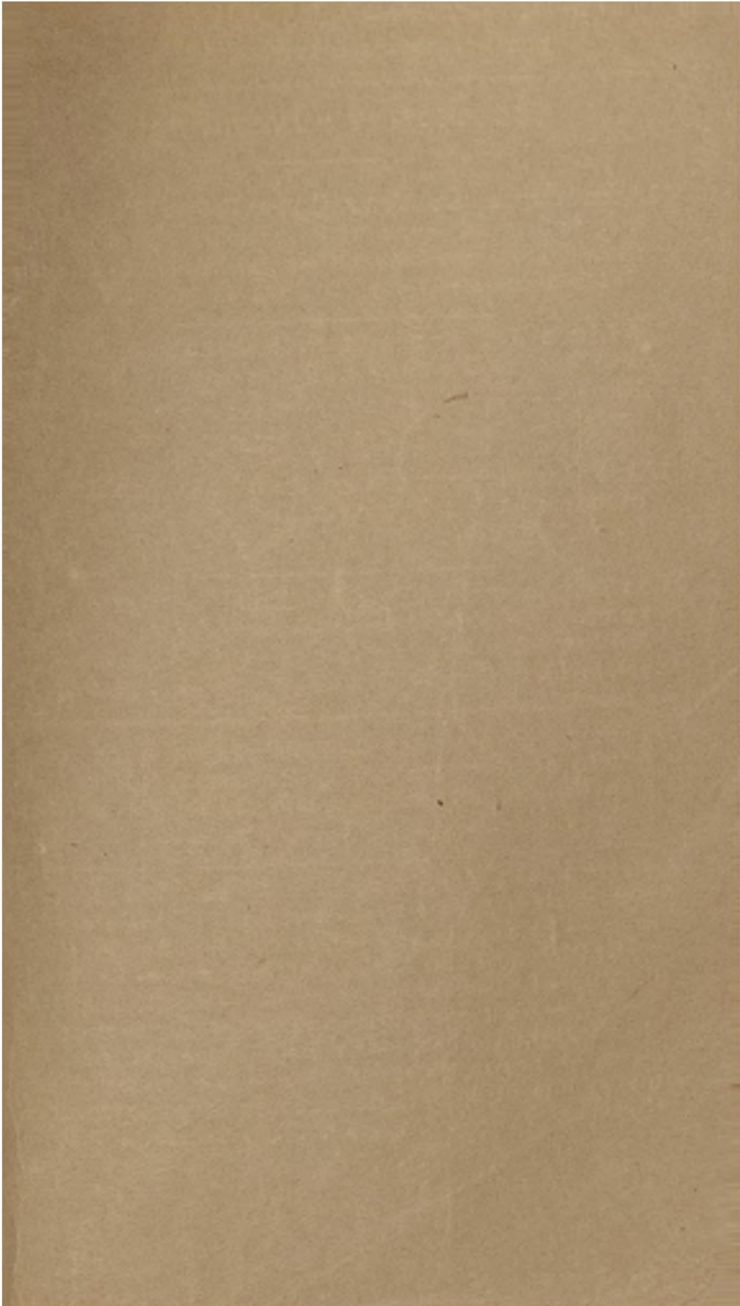
En remplaçant le sulfate de cuivre par de l'acétate de plomb ou de zinc, on obtient de jolis filaments blancs; l'acétate de manganèse donnerait des couleurs roses. Avec le sulfate de fer, il se forme toute une végétation d'un vert tendre. Enfin, en projetant dans la liqueur des sels



différents on obtient des arborescences à couleurs variées.

Dans un grand bocal, on peut créer de ces « herbes » ayant jusqu'à 0<sup>m</sup>25 de hauteur. Les gens non initiés y sont trompés, regardent ces curieuses plantes et en demandent le nom; il leur faut quelques instants pour revenir de leur erreur.

Ces filaments peuvent se conserver pendant des mois entiers, si on a la précaution, deux ou trois jours après leur formation, d'enlever par siphonnement la liqueur en excès et de la remplacer par de l'eau, puis de fermer hermétiquement à l'aide d'une lame de verre et d'un mastic le vase qui les contient. Ces précipités constituent alors de charmants bibelots d'étagères, supérieurs à beaucoup d'autres sous le rapport de l'originalité.





# LIBRAIRIE J. DUMOULIN ET C<sup>IE</sup>

RUE DES GRANDS-AUGUSTINS, 18, PARIS

## COLLECTION "INDUSTRIA"

**L'Amérique au Travail**, par FOSTER FRASER. Un vol. in-8 grand écu, avec 38 photogravures hors texte (8<sup>e</sup> mille), ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique . . . . . 4 fr.

**Le Livre des Travaux artistiques d'Amateur**, orné de 150 illustrations. Un volume in-8 colombier.  
Broché. . . . . 6 fr.  
Cartonné. . . . . 7 fr.

**L'Art de surprendre et de photographier les oiseaux et les insectes**, par MM. KEARTON frères. Un vol. in-8 colombier, orné de 100 gravures. Cart. . . . . 8 fr.

**Les Dangers du Feu : au Feu!** par MAX DE NAN-SOUTY, ouvrage de vulgarisation sur le feu, la chaleur, la lumière, leurs dangers et la manière de les combattre. Un vol. in-16, orné de 32 illustrations, broché. . . . . 2 fr. 50

**Dressage et élevage des chiens de chasse, de garde et d'agrément**, par PATHFINDER et HUGH DALZIEL. Un vol. in-8 grand écu, avec 24 photogravures hors texte. . . . . 4 fr.

**Londres et la Vie à Londres**, par F. DEBERNHARDT. — *Extrait de la table des matières*: Londres, passé et présent. — La cour, la noblesse, la vie mondaine, les clubs. — Le Parlement: les Lords, les Communes. — La vie militaire. — La justice, les tribunaux. — La Cité, le lord-maire. — La finance, le commerce. — La misère: les workhouses, le crime. — La vie publique, les rues, les parcs. — Les sports athlétiques. — Londres artistique. Un volume in-4, orné de nombreuses photogravures. Cartonné. . . . . 10 fr.