

**PETITE ENCYCLOPÉDIE
PRATIQUE
DE CHIMIE INDUSTRIELLE**

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE
F. BILLON, INGÉNIEUR-CHIMISTE

LE BOIS

17^e Volume de la Collection

PARIS

E. BERNARD & C^o, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
29, Quai des Grands-Augustins

1901

PETITE ENCYCLOPÉDIE
ÉLECTRO-MÉCANIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION
DE
M. Henry de GRAFFIGNY
INGÉNIEUR CIVIL

Cette collection, composée de *Douze volumes*, illustrés de plus de *vingt-cinq cents figures explicatives*, constitue le plus précieux *vade-mecum* de la bibliothèque la plus complète et la plus nécessaire à tous les ingénieurs, directeurs de stations centrales pour l'éclairage ou le transport de l'électricité, ouvriers monteurs et poseurs de sonnettes et téléphones, galvanoplastes, nickeleurs, chauffeurs et conducteurs de machines à vapeur, à gaz ou à pétrole, amateurs, enfin à toutes les personnes qui s'intéressent, théoriquement ou pratiquement, aux applications de l'électricité et de la mécanique. Ces douze ouvrages embrassent tout ce qui a trait à ces sciences.

- N° 1. — Manuel élémentaire d'Électricité industrielle.
- N° 2. — Manuel du Conducteur de dynamos et moteurs électriques.
- N° 3. — Les Piles et les Accumulateurs.
- N° 4. — Les Canalisations électriques.
- N° 5. — Chauffeur-Conducteur de Machines à vapeur.
- N° 6. — Conducteur de Moteurs à gaz et à pétrole.
- N° 7. — Guide pratique d'Eclairage électrique.
- N° 8. — Le Monteur-Appareilleur électricien.
- N° 9. — Transport électrique des forces motrices.
- N° 10. — Les Réseaux téléphoniques et sonnettes.
- N° 11. — Guide pratique de l'Électrochimiste.
- N° 12. — L'Électricité pour tous. — Applications diverses.

Prix de chaque volume, broché : **1 fr 50**, relié pleine toile : **2 fr.**
La collection complète : **18 fr.** — **20 fr.**

~~756~~ 72.7.23

00152



LE BOIS

Courbevoie. — Imprimerie E. BERNARD et Cie, 14, rue de la Station
Bureaux : 29, quai des Grands-Augustins, 29 — PARIS

No 1202b 3894601-165885

Page 84

PETITE ENCYCLOPEDIE
DE
CHIMIE INDUSTRIELLE PRATIQUE

N° 17

—

LE BOIS



PARIS

E. BERNARD ET C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
29, Quai des Grands-Augustins

—

1901

LE BOIS



CHAPITRE PREMIER

Généralités sur la formation, la structure et la composition chimique des bois.

Nous nous proposons d'examiner, dans ce volume, les diverses industries techniques dont le bois constitue la matière première. Encore que ce programme exclut les emplois purement mécaniques du bois, nous aurons fréquemment à y faire allusion, et même à en traiter, ces emplois mécaniques n'étant souvent possibles qu'après modifications des bois par un agent chimique. Nous aurons tout d'abord à dire quelques mots de la constitution, de l'anatomie de cette matière première, à expliquer son mode de formation et d'accroissement. La constitution chimique du bois, après avoir donné naissance à beaucoup de travaux importants, n'est pas encore parfaitement claire, mais on a, au moins en théorie, établi quelques notions importantes, et en pratique, fixé de façon très satisfaisante les éléments analytiques qui peuvent servir à estimer la valeur des bois pour leurs divers emplois.

L'utilisation du bois comme combustible doit être comptée au rang de ses emplois chimiques, car la chaleur qu'il dégage en brûlant est celle qui résulte de la transformation de ses éléments, au contact de l'oxygène de l'air avec lequel ils se combinent. Mais l'action de la chaleur sur le bois est extrêmement complexe et on ne peut que difficilement s'en rendre compte au cours de la combustion, où les produits formés ne sont pas recueillis, et

où la destruction du bois est totale. Nous aurons à examiner les opérations dans lesquelles on se propose de recueillir, soit les corps volatils prenant naissance sous l'action de la chaleur, soit le résidu de charbon formant pour ainsi dire le squelette du bois mis en œuvre. L'extraction des matières tannantes et colorantes, la fabrication de l'acide oxalique, celle surtout de la pâte à papier, sont d'autres emplois chimiques du bois qui nous occuperont successivement.

Le nom de bois possède au point de vue botanique une acception plus étendue que celle considérée ici. Il forme une partie importante du système conducteur des végétaux, et comprend en cette qualité des organes tubulaires ou vaisseaux. Il est rare que son rôle soit restreint à cette seule fonction, et aux vaisseaux s'adjoignent d'ordinaire des « fibres » qui sont essentiellement des organes de soutien et forment la charpente solide du végétal. Cette fonction de soutien peut être remplie, chez les végétaux inférieurs, par des parties de la plante non différenciées spécialement, et simplement épaissies, mais dans certaines algues même, chez des mousses élevées en organisation, on commence à voir apparaître des éléments particuliers de conduction et de soutien, qui se retrouveront désormais dans toute la série des végétaux.

Au point de vue pratique, le bois est la matière fibreuse et dure, d'aspect et de cohésion variables, qui forme la masse principale des arbres de nos forêts. Il est intéressant de rechercher quels rapports existent entre cette formation importante et celle, infiniment plus effacée, que nous montrent les plantes herbacées. Nous n'avons pour cela qu'à prendre à son origine une espèce quelconque des arbres de nos forêts, alors qu'elle vient de développer sa tige et sa racine rudimentaire aux dépens de la graine. Une section pratiquée dans la tige et examinée à un grossissement convenable montre, nettement dessinées déjà, deux parties concentriques. La plus externe deviendra l'écorce ; la plus interne donnera le bois, mais celui-ci est réduit pour l'instant à de minuscules amas ovales, plus larges vers l'extérieur et séparés par de larges espaces. Ces amas, qui sont en nombre variable suivant les plantes, examinés après coloration par des réactifs appropriés, se montrent formés de deux parties, séparées par une mince ligne. La partie extérieure est l'ébauche de ce que les bo-

tanistes nomment le liber, parce que cette formation prend souvent, à l'état adulte, l'apparence de minces feuillets comme ceux d'un livre. La partie interne de chaque amas, ou faisceau « libero-ligneux » n'est autre que les premiers rudiments du bois. On y remarque la coupe de larges vaisseaux, à parois épaisses. Enfin, la ligne de séparation aura un rôle fort important à jouer : c'est là, en effet, le siège du « cambium » ou assise génératrice qui, pendant toute la vie de l'arbre, ne cessera de donner naissance à du liber et à du bois, et sera par suite l'instrument essentiel de l'accroissement de la plante. Les larges intervalles séparant les faisceaux sont les rayons médullaires ; ils partent, en effet, de la moelle centrale et sont disposés radialement. On nomme cylindre central, par opposition à l'écorce, la partie de la tige où se rencontrent les faisceaux libero-ligneux. Ces deux grandes régions de la tige sont séparées par des cercles assez apparents de cellules, le « péricycle » à l'intérieur, l'« endoderme » à l'extérieur. Le nom de cellules, que nous venons d'employer, n'a pas besoin d'être expliqué longuement : il est de notion commune que la masse d'un végétal, si grande soit-elle, est formée entièrement de cellules, diversement conformées suivant les multiples rôles qu'elles ont à remplir, comprenant essentiellement une membrane d'enveloppe et un contenu, et de dimensions toujours microscopiques. Avant d'aller plus loin, nous pouvons diviser les cellules d'un végétal en deux grandes catégories ; les unes sont vivantes, leur contenu de protoplasma est le siège d'actifs mouvements, elles sont chargées de la nutrition et de la reproduction de la plante. Les autres sont mortes, la substance vivante, le protoplasma en a disparu ; ces cellules sont chargées du rôle de soutien, elles forment le squelette de la plante, ce sont elles qui lui permettent de dresser sa tige, d'étendre ses rameaux et d'étaler ses feuilles. Cette fonction n'apparaîtra point secondaire en songeant au poids considérable que soutient dans l'atmosphère un grand arbre de nos forêts.

Dans la tige jeune, telle que nous venons de la considérer, la plupart des « tissus », formés par l'agglomération de cellules semblables, sont des tissus vivants. Mais le bois fait le premier et très rapidement exception, il devient un tissu mort, épaissi, « sclérifié » et ses éléments cellulaires sont de deux sortes : des vaisseaux, à large section où circulera la sève ascendante, et des

fibres, cellules particulières très allongées, filiformes, à parois très épaisses.

Nous pouvons maintenant reprendre la structure de la jeune tige au point où nous l'avons laissée. Beaucoup de plantes vont à peine plus loin que cette première organisation, ce sont toutes les herbes annuelles ; le perfectionnement qu'elles éprouvent est cependant le même qui donnera aux plus grands arbres leurs proportions colossales, c'est le fonctionnement du cambium. Cette assise est réduite, dans chaque faisceau libéro-ligneux, à une imperceptible ligne de cellules, mais l'activité très grande dont elles sont le siège ne tarde pas à se traduire par des divisions longitudinales qui dédoublent chaque cellule. La moitié externe devient du liber, la moitié interne, du bois ; ces éléments de nouvelle formation s'isolent par une cloison de la cellule-mère, et celle-ci peut continuer indéfiniment. Le résultat est facile à comprendre : le bois de chacun des faisceaux s'élargit par son côté externe, en même temps qu'il s'épaissit, en d'autres termes, le triangle que figure le bois s'agrandit à la fois par sa base et sa hauteur et l'assise génératrice, de ce fait, est reportée plus extérieurement en même temps qu'elle s'élargit. Quant au liber, son accroissement se fait de façon beaucoup moins victorieuse. Chacun de ses nouveaux éléments se trouve, en effet, placé en dedans de la masse des éléments anciens ; ces nouvelles formations, ainsi comprimées entre le bois nouveau et le liber ancien, se réduisent au minimum de volume et prennent l'aspect aplati et feuilleté qu'elles présentent d'ordinaire.

Les modifications que le fonctionnement du cambium apportent dans la tige constituent la structure « secondaire » de celle-ci. Le mode que nous venons d'exposer traduit la marche générale des faits, en laissant de côté les phénomènes accessoires. C'est ainsi que chez beaucoup de plantes l'assise génératrice ne donne naissance à de nouvelles formations qu'entre les faisceaux primaires ; chez d'autres, elle forme un cerole presque ininterrompu, et parfois même plusieurs cercles successifs. Mais il est des points où l'activité du cambium ne se fait jamais sentir et qui marquent par suite la séparation des faisceaux : ce sont les rayons médullaires, d'abord fort larges comme nous l'avons vu, et que la croissance des faisceaux libéro-ligneux réduit finalement à d'étroites bandes radiales.

En même temps que le bois s'est accru jusqu'à former un anneau complet dans la tige, la partie externe ou corticale n'est pas restée inactive. Une sorte de cambium fonctionne, en effet, dans l'écorce comme dans le cylindre central et donne naissance, en dedans et en dehors, à des tissus nouveaux, dont le plus important est le liège, qui se forme extérieurement. Le liège est un tissu, à cellules très épaisses et de consistance élastique, qui protège la surface de la tige contre les agents extérieurs. Mais, en vertu de son imperméabilité, il isole toutes les parties situées en dehors de lui, et les fait mourir et se dessécher. L'épiderme peut ainsi être seul éliminé, mais la formation du liège peut être beaucoup plus profonde, avoir lieu, par exemple, dans cette couche de séparation entre l'écorce et le cylindre central, que nous avons nommé péricycle. Dans ce cas, c'est l'écorce primitive entière qui est frappée de mort, se dessèche et finit par se détacher en larges lambeaux comme dans le platane. Le cambium de l'écorce, dans ce cas, fonctionne très près de celui du cylindre central ; il peut même s'en rapprocher davantage et avoir son siège dans le liber de nouvelle formation ou liber secondaire, lequel est éliminé aussi, tout entier ou en partie. La partie vivante de l'écorce est alors, on le comprend, fort réduite, elle se double extérieurement du liège, et des restes de la primitive écorce, lorsque ceux-ci ne sont pas détachés. Cette région morte et protectrice de l'écorce est fréquemment crevassée, résultat dû à ce qu'elle n'a pu suivre l'augmentation de volume de la plante. Dans le cas particulier du chêne-liège, le cambium de l'écorce fonctionne avec une activité toute particulière pendant la vie entière de l'arbre, et donne naissance à l'épaisse cuirasse de liège que l'on connaît.

Nous pouvons maintenant reconnaître les diverses parties dont se compose la tige d'un arbre de plusieurs années. La démarcation entre le bois et l'écorce est extrêmement apparente, et cette dernière peut d'ordinaire s'enlever facilement. Mais cette ligne de démarcation ne correspond plus à celle qui séparait, dans la tige très jeune, le cylindre central et l'écorce, elle n'est autre que la ligne de cambium, alors à peine visible entre le liber et le bois, maintenant très apparente par suite du sort très différent de ces deux régions de la tige. Le bois est maintenant une masse compacte, dans laquelle la moelle n'occupe plus, au centre,

qu'une place insignifiante. Les rayons médullaires, qui séparaient les faisceaux primaires, ne sont plus visibles ou sont représentés par d'étroites bandes radiales. En revanche, une quantité d'autres rayons ont pris naissance, mais la plupart ne traversent qu'un ou deux des anneaux concentriques du bois. Ces anneaux, qui frappent tout d'abord l'attention, représentent l'accroissement annuel de la tige. La partie la plus interne de chacun d'eux, celle qui s'est formée la première, montre sur une section transversale les orifices de larges vaisseaux ; à mesure qu'on approche de la périphérie de l'anneau ligneux, ces orifices deviennent de plus en plus étroits, la texture du bois est plus dense et plus serrée. Ces différences dans la structure traduisent les différences d'activité du cambium pendant l'étendue d'une année : le bois à texture large et molle est celui du printemps, alors que la sève est abondante et la vie de l'arbre à son maximum d'activité, le bois dense et dur est celui de l'automne, période qui précède le repos hivernal de l'arbre. Tout le monde sait que c'est un moyen d'estimer l'âge d'un arbre que de compter le nombre de couches concentriques de son bois.

La structure de l'écorce est également fort différente de ce que montrait l'anneau cortical primitif. A celui-ci est venu s'ajouter, du côté interne, le liber tout entier, et la présence de cette couche est d'ordinaire facile à constater, car elle se divise sans effort en minces feuillets superposés. Les parties les plus externes du liber, de plus en plus comprimées par l'accroissement de la tige, éliminées d'autre part par le jeu de l'assise génératrice corticale, ne sont plus visibles qu'à un examen attentif, car elles sont souvent rejetées au delà du liège de nouvelle formation. L'état de cette partie extérieure est fort différent suivant l'espèce considérée et aussi l'âge de la plante, en tout cas, la région la plus superficielle est toujours morte et uniquement protectrice. Avec les progrès de l'âge, des changements assez secondaires se manifestent seuls dans la structure de la tige. La portion mortifiée et crevassée de l'écorce devient plus importante et fait mieux apparaître la faible épaisseur des tissus libériens et corticaux de nouvelle formation. Quant au bois, ses parties les plus centrales, qui sont aussi les plus anciennes, ne prennent plus qu'une part très effacée dans la circulation ascendante de la sève. La paroi des vaisseaux et des fibres s'incrute et s'épaissit de

plus en plus et prend une nuance foncée qui tranche sur la couleur plus claire du bois jeune ou « aubier ». Il résulte de ces explications sommaires que les parties vivantes, dans la tige d'un arbre adulte, se réduisent à fort peu de chose : elles ne comprennent, à proprement parler, que les deux étroites assises cambiales. La moelle et les rayons médullaires vivant encore à l'état jeune, finissent par se sclérifier également ; le bois sert, nous l'avons vu, au transport de la sève ascendante, liquide clair, peu dense, qui se rend dans les feuilles ; le liber constitue l'autre voie de retour de la sève, alors qu'elle s'est chargée des principes très variés élaborés dans les feuilles ; les éléments les plus importants de ce tissu sont les tubes, interrompus de place en place par des « cribles » perméables. Enfin le liège, ou région subéreuse, ou « suber », extérieur au cambium de l'écorce, vivant dans les assises les plus proches de ce cambium, ne renferme plus dans le reste de sa masse que des cellules mortes, dont l'étroite cavité est occupée par un liquide clair, non organisé. Les tissus vivants forment au contraire la masse principale dans les rameaux jeunes et surtout dans les feuilles.

Dans toutes les espèces ou « essences » forestières, on retrouve la structure et le mode d'accroissement qui viennent d'être exposés. Mais chacune d'elles présente des détails particuliers, qui peuvent être utiles à connaître pour leur distinction. Nous les passerons rapidement en revue. Dans l'écorce, nous n'aurons pas à nous occuper de l'épiderme, enveloppe primitive de la tige qui ne persiste jamais et s'exfolie à partir de la deuxième année. La couche sous-jacente, ou subéreuse, se détache aussi, mais, constamment remplacée par le suber ou liège de nouvelle formation, elle acquiert, nous l'avons vu, une grande importance dans le chêne-liège. Plusieurs arbres indigènes, l'orme champêtre, le platane, le micocoulier produisent aussi du liège, au moins dans leur jeunesse, mais d'une part, ce liège est inutilisable, et d'autre part, sa production cesse de bonne heure : il se forme un cambium profondément situé dans l'écorce, et le jeu de cette assise élimine tout le liège situé en dehors d'elle. Dans le chêne-liège, l'assise génératrice de l'écorce siège au contraire toujours au même lieu, et reste indéfiniment active de la même façon. Le bouleau forme aussi du liège à la surface de sa tige, jusqu'à un âge avancé ; ce tissu s'exfolie sous forme des bandes minces et blanches que l'on

connaît. D'autres essences, le hêtre, le charme, le peuplier blanc, n'exfolient point leur écorce sauf l'épiderme primitif. La couche subéreuse, devenue externe, se multiplie dans la direction tangentielle assez vite pour suivre l'accroissement de la tige, de sorte que ce tissu ne se crevasse pas. Comme, d'autre part, le cambium de cette couche ne se déplace pas vers l'intérieur, les choses restent en l'état, et l'écorce demeure lisse pendant presque toute la vie de l'arbre.

Au-dessous de l'assise subéreuse se trouve une couche très vivante, constamment accrue de dedans en dehors par le jeu du cambium de l'assise précédente. Ce « parenchyme » est de couleur verte, comme les feuilles, il fonctionne activement comme tissu nutritif et tissu de réserve, et peut exister ainsi pendant toute la vie de l'arbre. C'est cette couche qui est le siège des changements de couleur des tiges de certains arbustes, on y trouve fréquemment aussi des canaux sécréteurs, renfermant des résines et des essences, comme dans les conifères, et des laticifères, remplis d'un « latex » ou suc propre, le plus souvent laiteux et susceptible parfois d'applications de première importance. Tels sont le caoutchouc et la gutta-percha. Le suc de « l'arbre à lait », comestible, celui du papayer, doué d'énergiques propriétés digestives, sont aussi des latex. Comme les autres parties de l'écorce, le parenchyme cortical peut être envahi et mortifié par une couche de liège de nouvelle formation. Il en est ainsi de tous les conifères, mais à des degrés très divers. Ce « périoderme » se forme très tard dans les sapins, de très bonne heure dans le mélèze, les pins, l'épicéa, amenant la chute de l'écorce par lambeaux, il envahit progressivement toute l'écorce dans le pin sylvestre, formant chaque année une assise mortifiée plus profonde. L'ensemble de ces assises, minces, dures, très adhérentes, est caractéristique du pin sylvestre et le rend aisément reconnaissable. Les lambeaux écailleux du platane jeune sont dus à la même cause, plus tard, la mortification atteint le liber lui-même. L'ensemble de ces périodermes successifs et annuels, persistant sur l'écorce ou ne s'exfoliant qu'à des intervalles plus ou moins éloignés, est ce qu'on nomme un « rhytidome ».

Nous voici arrivés au liber, qui fait, nous l'avons vu, partie de l'écorce adulte. On place souvent dans cette assise les fibres soyeuses et tenaces que fournissent un assez grand nombre de

plantes, et qui ont une si grande importance comme « textiles ». Au point de vue botanique, ces fibres paraissent plutôt provenir de la mince assise extérieure au liber, le péricycle que nous avons vu limiter le cylindre central de la tige primaire. Quoi qu'il en soit, la région libérienne de l'écorce, à cause de sa vitesse en fibres, est fréquemment utilisée dans la fabrication du papier. Sa structure est d'ailleurs très variable, de même que son volume, et elle est très souvent le siège définitif de l'assise génératrice corticale, après que tout le reste de l'écorce a été mortifié. Il en est ainsi, sur une tige adulte de vigne ; l'écorce qui s'exfolie chaque année en un anneau de lanières fibreuses est réduite au liber secondaire, réduisant à une très mince couche la partie vivante de l'écorce. Il en est de même dans le chêne, l'orme, le tilleul, le peuplier noir, le châtaignier, le noyer, mais les péri-dermes successifs s'accumulent dans ces espèces, formant un épais rhytidome crevassé, au-dessous duquel, c'est-à-dire dans le liber et très près du bois, se trouve seulement l'écorce vivante.

Nous savons qu'il faut distinguer dans le bois, formant le reste de la tige, des fibres et des vaisseaux, et que les restes de l'abondante formation cellulaire primitive y sont encore représentés par les rayons médullaires et la moelle.

Les vaisseaux offrent de nombreuses variations dans leur disposition et leur diamètre. Ils sont inégaux dans les bois durs, chêne, orme, châtaignier, frêne, les plus gros étant dans le bois de printemps de chaque couche concentrique. Ils sont égaux au contraire dans les bois blancs, peupliers, hêtre, tilleul, ainsi que dans le charme, l'érable, le noyer. Dans ces dernières essences, ils sont aussi plus petits que dans les bois durs ; ils ont leur maximum de diamètre dans le chêne et le châtaignier. Le groupement des vaisseaux par petits flots est aussi un bon caractère pour reconnaître certaines essences. Les fibres ligneuses, au milieu desquelles sont disséminés les vaisseaux, permettent souvent la distinction des couches annuelles par leur différence de densité, mais ce caractère manque dans quelques bois durs, tels que le charme et l'olivier. Il faut encore noter que, dans le bois des cornifères, pins, sapins, mélèzes, épicéas, etc., on ne rencontre jamais que des fibres, à l'exclusion de tous vaisseaux.

Les rayons médullaires du bois sont très variables, comme épaisseur dans le sens transversal, comme hauteur suivant la

verticale, comme nombre suivant les circonférences concentriques du bois. Ce sont ces trois ordres de différences qui contribuent à rendre les bois faciles à fendre ou au contraire compacts, et qui souvent les font rechercher pour tel ou tel usage, en mécanique, en ébénisterie, etc. De même, les couches concentriques du bois sont fort différentes comme épaisseur, densité et aspect suivant les essences considérées, et, dans une certaine mesure, suivant les conditions de végétation. Les couches très minces de l'if et du buis rendent ces bois propres à la gravure, celles très larges et peu distinctes des peupliers font le bois de ces arbres léger et poreux.

Nous verrons un peu plus loin quels principes incrustent et lignifient les éléments du bois, et amènent la distinction fréquente d'un bois parfait ou cœur et d'un aubier. Certaines essences restent toujours à l'état d'aubier, d'autres s'incrustent sans se colorer sensiblement, comme l'éraable et le charme ; enfin, dans les bois durs proprement dits, la lignification est rapide et la distinction de l'aubier très nette. On enlève fréquemment cette couche superficielle pour utiliser ces bois dans la construction, elle est beaucoup plus attaquable. Les bois formés d'aubier sont au contraire à préférer lorsqu'on veut les transformer en pâte à papier, à cause de la difficulté du blanchiment des fibres colorées.

La composition chimique du bois, bien connue au point de vue quantitatif, l'est beaucoup moins lorsqu'on cherche à connaître les « principes immédiats » qui constituent cette substance. Un des principaux caractères de ces éléments constitutifs est leur passivité par rapport aux agents chimiques, et par suite la difficulté très grande de leur séparation et de leur purification. L'étude des corps de ce groupe n'est pas commencée avec fruit depuis bien longtemps, mais les résultats acquis sont déjà considérables comme étendue et clarté.

Indépendamment des substances vivantes, et aussi des substances mortes de réserve, les tissus solides formant le squelette des végétaux peuvent être rangés en trois catégories : les celluloses, qui forment la paroi des cellules, les matières incrustantes qui épaississent cette paroi, et les matières pectiques, qui servent fréquemment de ciment intercellulaire.

Le terme de celluloses doit être entendu dans le sens géné-

rique, car il paraît y en avoir un très grand nombre que l'on commence à savoir distinguer. Ces substances gardent la forme des parois cellulaires lorsqu'on les a purifiées, et leur principal caractère est la résistance considérable qu'elles offrent aux divers réactifs. Un des rares liquides arrivant à dissoudre les substances cellulosiques, est la solution ammoniacale d'oxyde de cuivre du réactif de Schweitzer. On l'obtient en faisant passer un courant d'air privé d'acide carbonique dans un flacon plein de tournure de cuivre, et à demi rempli d'ammoniaque.

La cellulose pure, constituant la majeure partie du bois, des arbres, est entièrement soluble dans ce réactif. A côté, l'accompagnant dans les fibres ligneuses en portions variables, formant d'autre part plus spécialement certains tissus comme l'épiderme en feuilles, se trouve la paracellulose, qui n'est point attaquée par le réactif cuivrique tant qu'elle n'a point subi l'action hydrolysante des acides, comme s'il s'agissait d'une cellulose plus condensée encore et d'une complication moléculaire plus grande. Il existe encore une métacellulose, restant toujours insoluble dans le réactif cuivrique, mais elle ne se rencontre pas dans le bois des arbres.

La chaleur détruit les corps cellulosiques, et donne des produits très complexes, goudron, gaz inflammables, acide acétique et formique, avec un résidu de charbon. Dans la préparation du charbon de bois et surtout la distillation, où l'on utilise cette décomposition, il faut tenir aussi un compte important des matières incrustantes, comme nous le verrons plus loin.

Bien que l'eau et les dissolvants neutres laissent les corps cellulosiques parfaitement inaltérés, la vapeur d'eau sous pression les désagrège et les rend friables.

Les acides exercent une action remarquable sur ce groupe de corps. Les acides chlorhydrique et sulfurique, en solution étendue, à chaud, dédoublent et hydrolysent la cellulose, avec production finale de glucoses fermentescibles, de formule $C^6H^{12}O^6$. Les celluloses ont, en effet, une formule que l'on sait depuis longtemps être exprimée par $(C^6H^{10}O^5)^n$, de sorte qu'il leur suffit, théoriquement, de fixer les éléments de l'eau H^2O pour donner du glucose. Mais, ce que l'on ne sait pas du tout, c'est la valeur de l'exposant n , indiquant combien de groupements $C^6H^{10}O^5$ se trouvent dans la molécule. On pourrait comparer cette molé-

cule à un amas régulier de briques, dont chacune serait faite des matériaux, carbone, hydrogène et oxygène indiqués par la formule $C^6H^{10}O^3$. De tels amas pourraient évidemment comprendre une quantité de briques très variable, quantité qui n'aurait pour limite que la possibilité de manier l'amas considéré. Il est probable qu'il y a pour la molécule de cellulose une limite au delà de laquelle elle n'est plus « maniable » pour continuer la comparaison, et si nous ignorons combien d'éléments identiques entrent dans sa constitution, nous savons au moins que ce nombre est fort élevé. L'amidon, dont le rôle chez les plantes est si considérable, est un corps tout à fait analogue aux celluloses, et qui en diffère précisément en ce que son exposant est beaucoup moins élevé. Les acides se comportent avec lui de la même façon qu'avec la cellulose : ils disloquent, pour ainsi dire, la molécule complexe et fixent de l'eau sur chacun de ses éléments simples pour donner finalement du glucose. La cellulose apparaît donc comme de l'amidon à molécule plus condensée encore, et il n'est pas étonnant qu'il y ait plusieurs degrés dans cette condensation. Certains réactifs montrent la parenté de ces hydrates de carbone de façon très nette. C'est ainsi qu'après l'action prolongée du chlorure de zinc, les tissus cellulosiques se colorent en bleu par l'iode ; or, cette coloration est caractéristique de l'amidon, ce qui porte à déduire que la cellulose a pris, sous l'influence du réactif, la structure moléculaire de l'amidon.

Les acides concentrés ont sur la cellulose une action très différente. Ils la transforment en une autre substance, l'hydrocellulose, ne se dissolvant pas, mais se gonflant dans l'eau. On sait que le papier, plongé dans l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, se transforme à froid en une substance nouvelle, très résistante, translucide, qui est le parchemin végétal. Il est vraisemblable que ces propriétés sont dues à l'hydrocellulose développée sur les fibres du papier, et qui les aurait agglutinées en bouchant leurs interstices. L'acide azotique, à chaud, oxyde la cellulose en donnant finalement de l'acide oxalique. Mais s'il est concentré, il transforme à froid la cellulose en une nouvelle substance, combustible à 120° instantanément et sans résidu. C'est le coton-poudre du pyroxyline, qui doit sa force expansive à la masse considérable de gaz en laquelle il se résout entièrement lors de sa combustion.

Les alcalis, même concentrés, n'attaquent guère la cellulose que sous pression, à partir de 130°, ils la transforment alors en oxalate, acétate et formiate de la base employée. Les matières incrustantes qui accompagnent la cellulose sont au contraire attaquées et dissoutes par les alcalis à 130°, ce qui fournit un moyen pratique de les séparer. On y a recours à chaque instant lorsqu'on veut obtenir des celluloses pures, comme dans la fabrication de la pâte à papier. Toutefois, même à 100°, l'action des alcalis n'est pas négligeable, au moins en présence de l'air; les celluloses s'oxydent alors, et ce phénomène se traduit souvent par une moindre cohésion. Il en est de même des autres oxydants, tels que les hypochlorites, qui, en présence de l'air, donnent une oxycellulose friable. Cette remarque a une grande importance dans l'industrie des textiles, et surtout du coton, car les parties ainsi modifiées, d'abord entièrement semblables à leurs voisines, jaunissent par la suite des opérations.

Les celluloses traitées par l'acide nitrique jouissent de bien curieuses propriétés. Parmi ces dérivés nitrés, les uns le sont faiblement, restent solubles dans un mélange d'alcool et d'éther et constituent ainsi les liquides visqueux connus sous le nom de collodions. Les dérivés polynitrés, qui constituent le fulmicoton, se ramollissent dans l'éther acétique et peuvent alors se mouler comme une substance plastique. Ils forment la base des « poudres sans fumée ». Dissoute dans la nitroglycérine, la pyroxyline donne une masse transparente, ou « gélatine explosive » assez usitée comme explosif. Dissoutes dans le toluène, avec addition de camphre, de chlorure stanneux, les celluloses vitrées sont la base du celluloid, dont nous décrirons plus loin la fabrication.

Sous l'action du chlorure de zinc, la cellulose peut fixer jusqu'à 25 % d'oxyde de ce métal. Elle forme alors une masse cohérente que l'on peut tréfiler sous l'alcool en filaments très ténus. Epuisés par l'acide chlorhydrique, puis carbonisés en vases clos, ces filaments sont utilisés dans les lampes à incandescence. On connaît une cellulose tétracétique qui se dissout dans le chloroforme et qui, par évaporation, se prend en lames cohérentes imperméables, translucides et inattaquables. Disons enfin que la cellulose nitrée à l'état de collodion, réduite en fils microscopiques, privée de son excès d'azote par un réducteur alcalin, et filée, constitue la « soie artificielle » sur laquelle nous reviendrons.

Les matières incrustantes, qui accompagnent la cellulose et sont peut-être combinées chimiquement à cette dernière substance, sont surtout représentées par ce que Frémy a nommé vasculose. Vasculose et cellulose sont très difficiles à séparer complètement, et il est douteux que l'on puisse accepter comme exactes les anciennes formules que l'on a attribuées à la vasculose. Ce nom même est tombé en désuétude aujourd'hui, comme ne correspondant plus à la complexité des matières incrustantes. Payen, puis Pommarède et Figuier ont isolé du bois, par l'action des alcalis concentrés, une sorte de gomme, dite « gomme de bois » et plus tard, Thomson a réussi, par l'action des acides étendus, à la transformer en un sucre fermentescible. Or, ce sucre n'a pas la formule du glucose, que donne finalement la cellulose. Alors que le glucose renferme 6 atomes de carbone, est, en un mot, un hexose, le sucre de bois, ou xylose, est un « pentose » et sa formule est $C^5H^{10}O^5$. De même, alors que l'amidon et la cellulose sont des « hexosanes », la gomme de bois accompagnant la cellulose sera un « pentosane ». La vasculose est-elle un de ces corps à l'état de pureté ? Le fait est fort peu probable, et il s'agit bien plutôt d'un mélange de pentosane, mélange fort mal connu et variable avec les tissus considérés. Il y a en outre, dans le bois, à l'état de matière incrustante également, une sorte de résine donnant quelques-unes des réactions des phénols ou « lignol ». On ne la connaît pas à l'état de pureté, et l'on commence seulement à soupçonner les combinaisons que peuvent former deux à deux et cette résine, et les pentosanes, et la cellulose.

Quoi qu'il en soit, ces pentosanes accompagnant la cellulose résistent moins bien qu'elle à l'action des alcalis. Les oxydants l'attaquent de même énergiquement, et nous verrons ces propriétés usitées pour la purification des celluloses.

Une substance de même ordre est la cutose de Frémy, très abondante dans les épidermes et dans le liège. On a retiré de ce dernier une « subérine » dont les relations précises avec la cutose sont inconnues, mais qui présente avec les alcalis une réaction curieuse ; elle donne naissance à de véritables acides gras, stéarique et phellonique.

Les corps pectosiques, qu'il nous reste à examiner rapidement, ne sont pas mieux connus, et l'on peut dire que les anciennes analyses établissant les formules de ces composés sont erronées.

Ce sont des corps de nature gélatineuse que contiennent en abondance beaucoup de sucres de fruits, le parenchyme de la betterave, etc. En hydrolysant ces substances, on a obtenu un sucre très analogue au xylose et de même formule $C^5H^{10}O^5$, c'est l'arabinose. Mais, en même temps, on a toujours un sucre de la formule du glucose, $C^6H^{12}O^6$, le galactose, de sorte que la substance hydrolysée apparaît comme étant à la fois hexosane et pentosane. Les substances pectiques nous intéressent surtout parce qu'elles constituent la lame mitoyenne des cellules dans les tissus non lignifiés, et qu'en cette qualité, elles unissent entre elles les fibres textiles, situées dans le liber et le péricycle de nombreuses plantes. L'opération du « rouissage » a pour but précisément de liquifier et de détruire la couche de pectate de chaux interposée entre ces fibres, grâce à la vie de bactéries anaérobies, dont le type est *Bacillus amylobacter*.

Des substances très analogues sont les gommés dont l'origine dans la plante est fort obscure, et qui exsudent de divers végétaux, parmi lesquels les légumineuses du genre *acacia*, fournissant la gomme arabique, et nombre de rosacées, comme les cerisiers, qui donnent la « gomme du pays ». On sait que, parmi ces gommés, les unes se dissolvent entièrement dans l'eau, alors que les autres, comme la gomme adréante, se contentent d'absorber l'eau en se gonflant beaucoup, sans se dissoudre. Elles se relient, par là, aux mucilages et aux matières pectiques. Si bien que les gommés vraies, qui sont souvent le résultat d'une dégénérescence nécrotique des tissus végétaux, pourraient très bien dériver des composés pectiques formant la zone intercellulaire des tissus végétaux.

Outre ces éléments organiques, les membranes épaissies constituent les tissus résistants des plantes renfermant des éléments minéraux, et souvent en proportions considérables. C'est ce qui donne le résidu de cendres que laissent toutes les parties des plantes après incinération. Nous aurons plus loin à les étudier, disons seulement que ces éléments minéraux consistent en phosphates, silicates, sulfates de chaux, de potasse, de magnésie et de soude. Un autre élément, la silice pure, imprègne les membranes épidermiques des graminées, des épuisitacées, de certains palmiers, au point de les rendre propres à polir les métaux. Le carbonate et l'oxalate de chaux sont extrêmement répandus dans

l'épaisseur des membranes et le contenu cellulaire chez les plantes, mais il nous intéressent moins directement.

Un élément important de beaucoup de tissus lignifiés est la matière colorante qui les imprègne. On trouve très fréquemment dans les écorces, auxquelles elles donnent une couleur rouge brunâtre, de semblables colorants. Ils sont mal connus chimiquement, on sait seulement qu'ils se rapprochent des résines et sont probablement des dérivés tanniques. Ce sont les phlobaphènes dont quelques-uns, ceux des écorces de chêne, par exemple, jouent un rôle important dans le tannage des cuirs.

Quant aux colorants qui imprègnent certains bois, plusieurs ont encore une véritable importance industrielle. Telle est l'hémateine, principe colorant du bois de campêche, qui se trouve dans ce bois à l'état de dérivé de l'hématoxyline. La brésiline, la santaline, la morine, extraites respectivement des bois de Brésil, de santal, de mûrier, la quercétine extraite du quercitron, la luteoline de la gaude, sont également usitées encore en teinture mais leur importance décroît de jour en jour devant les colorants obtenus par voie chimique.

Le contenu des cellules qui peut renfermer des produits très variés, en offre plusieurs classes qui nous intéressent, comme les essences, les résines, les tannins. Les essences ou les résines sont renfermées dans des canaux sécréteurs, qui peuvent avoir une situation variable : parenchyme cortical, liber secondaire, bois, et jusque dans la moelle. Les essences consistent essentiellement en carbures d'hydrogène, qui peuvent, ou rester tels, ou fixer une certaine quantité d'oxygène ou d'eau. L'oxydation peut être plus ou moins complète ; dans le cas où elle est avancée, il prend naissance des produits solides qui sont les résidus. La résine demeure dissoute dans l'essence lorsque la proportion de celle-ci est suffisante, et le produit, resté liquide, est une « oléorésine ». Tous les intermédiaires existent entre les essences les plus fluides et les résines les plus compactes. Parmi les bois industriels, les conifères sont surtout remarquables par l'abondance de leurs produits essentiels et résineux, répandus dans toutes leurs parties. Ce suc résineux s'échauffe par les blessures faites à l'arbre, sous forme de térébenthine, et la distillation de celle-ci permet de séparer l'essence, en laissant un résidu sec et cassant de colophane. Cette dernière résine exsude parfois spontanément du tronc des

conifères, par évaporation de l'essence. Les résines sont solubles dans les dissolvants volatils, facilement fusibles, neutres ou faiblement acides, et se combinent aux alcalis en donnant des résinates ou savons de résine. Certaines d'entre elles, de réaction nettement acide, doivent cette propriété aux acides benzoïque et cinnamique et sont nommées des « baumes ». Les styracinéés, les térébinthacées, les légumineuses et quelques autres familles les produisent principalement.

Les tannins, très répandus chez les végétaux, ont pour type celui de l'écorce du chêne. Celui-ci est un glucoside qui se double, par fermentation gallique, sous l'influence de diverses moisissures, en acide gallique et glucose. Il précipite la gélatine de ses solutions et forme avec elle une véritable combinaison, utilisée dans le tannage des peaux, qu'il transforme en cuir. Il donne avec les sels de fer des précipités de couleur noire, propriété fréquemment mise à profit en teinture, et dans la fabrication de l'encre. Le tannin de la noix de galle, qui donne également un précipité avec les sels de fer, ne peut servir à transformer la peau en cuir. Pour le tannage, on emploie les écorces de chêne réduites en poudre, et celles de diverses autres essences, mais on tend de plus en plus à employer concurremment à ces poudres ou « tans », les extraits obtenus par macération dans l'eau des végétaux tannifères, et concentration du liquide. On peut utiliser, sous forme d'extraits, un grand nombre de végétaux, le produit est moins coûteux à transformer et surtout d'action beaucoup plus rapide. Il est vrai que ces avantages se sont fâcheusement compensés par la moindre qualité des cuirs obtenus malgré les efforts qu'a suscités cette branche d'industrie, mais la production rapide et à bon marché est devenue pour la tannerie si indispensable que les procédés par les extraits ne pourront que croître en importance. La fabrication de ces matières tannantes est aujourd'hui une industrie fort importante.

On a fait un très grand nombre d'analyses de bois divers, qui ont permis de fixer de façon précise leur composition élémentaire. De façon générale, la sciure d'un arbre de nos forêts, récemment abattu, renferme 40 % d'eau et 60 % de matières solides. Ces dernières se décomposent ainsi : 1 % pour les cendres et 59 % de principes élémentaires, soit 30 % de carbone, 3,6 % d'hydrogène, 25 % d'oxygène et 0,55 % d'azote. Les variations

de ces divers éléments d'analyse sont intéressantes à noter. L'eau que renferme le bois récent varie dans les limites étendues, comme on le voit ci-dessous :

Charme	18,6 %	Pin sylvestre	39,7 %
Saule	26	Hêtre	39,7
Erable sycomore	27	Tremble	43,7
Frêne	28,7	Orme	44,5
Bouleau	30,8	Sapin commun	45,2
Chêne	34,7	Peuplier d'Italie	48,2
Epicea	37,1	Peuplier blanc	50,6
Marronnier d'Inde	38,2	Peuplier noir	51,8

Le maximum d'humidité se trouve, comme on peut le prévoir, dans les vieilles tiges ; en outre, la quantité de cette eau varie de 10 % environ entre la saison de la sève et la période hivernale. Les chiffres précédents correspondent à cette dernière période. La teneur en eau des diverses essences s'égalise du reste par la dessiccation ; au bout de deux ans, elle est presque uniformément de 15 à 20 % pour tous les bois. C'est là un minimum que ne permet pas de dépasser la dessiccation par la chaleur, car il faut compter sur l'affinité du bois pour l'humidité ambiante, qui lui fait rapidement récupérer l'eau enlevée par dessiccation artificielle. Le bois écorcé perd son humidité beaucoup plus rapidement.

Les cendres minérales, résultant de l'incinération du bois, sont remarquables par le grand nombre de corps qu'elles renferment, et dont quelques-uns sont assez étroitement localisés dans des espèces ou des groupes d'espèces. Les cendres varient en quantité et en qualité, suivant les espèces considérées, et aussi suivant les terrains et le mode de végétation. Des analyses d'arbres identiques, mais provenant les uns des Vosges (Chevandier de Valdrome), les autres du duché de Bade (Baner) ont donné comme teneur en cendres, % :

Chêne	1,65	2,03
Charme	1,62	0,68
Pin sylvestre	1,04	0,63
Hêtre	1,06	0,57

Voici d'autre part les différences relevées dans quelques essences forestières, croissant dans des conditions identiques (Malaguti et Durocher).

	Chêne	Pin sylvestre	Epicea	Peuplier d'Italie	Peuplier tremble	Peuplier noir	Orme	Acacia
Chlore . . .	0,30	1,21	2,07	0,29	»	»	0,77	0,47
Ac. sulfurique	1,61	1,45	1,60	0,74	0,32	1,40	5,42	3,56
Ac. phosphor.	7,41	3,74	2,60	11,52	13,30	11 »	9,61	11,51
Silice . . .	1,38	8,72	12,55	0,30	1,61	3,69	6,16	2,71
Potasse . . .	11,60	27,33	12,84	10,17	13,44	16,90	24,08	10,53
Soude . . .	2,18	1,52	5,65	0,52	»	»	2,10	5,66
Chaux . . .	70,14	60,74	58,27	71,25	66,50	52,54	37,93	58,30
Magnésie . . .	4,97	4,36	2,81	4,84	3,23	11,67	10,01	6,79
Oxydes de fer, de manganèse alumine.	0,41	0,93	1,60	0,17	1,60	2,80	3,92	0,47

Soit en moyenne : 40 % de chaux
 12,6 de potasse et de soude
 5,35 de magnésie
 3,25 d'oxydes de fer et de manganèse
 6,40 d'acide phosphorique
 3,90 » silicique
 2 » » sulfurique

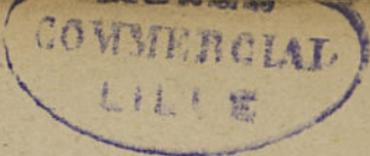
L'influence du sol se fait sentir sur la quantité et la qualité des cendres. Dans les terrains calcaires, le poids des cendres est plus élevé, la chaux venant en première ligne parmi les éléments basiques des cendres, le poids de la silice augmente de même quand les arbres croissent en sol siliceux. Enfin, les quantités de potasse des cendres sont en raison inverse des quantités de chaux. Le tableau suivant montre ces résultats, d'après MM. Fliche et Grandeau.

Substances minérales ‰ de cendres	Pin maritime croissant dans un sol :		Châtaignier croissant dans un sol :	
	Crayeux	Marno- Siliceux	Crayeux	Marno- Siliceux
Chlore	»	»	0,08	»
Acide sulfurique	»	4,00	0,64	1,43
Acide phosphorique	9,14	9,00	4,27	4,53
Silice	6,42	9,18	1,36	3,08
Potasse	4,95	16,04	2,69	11,65
Soude	2,52	1,91	0,28	»
Chaux	56,14	40,01	87,30	13,26
Magnésie	18,80	20,09	2,67	3,99
Oxyde de fer	2,07	3,82	1,27	2,04
Teneur en cendres ‰ de bois	1,53	1,32	5,71	4,74

Ce sont les feuilles et le chevelu des racines qui fournissent le plus de cendres, l'écorce en renferme plus que le bois, les branches plus que la tige, la tige plus que les racines. Si l'on représente par 1 la teneur en cendres du bois du tronc, on obtient les nombres suivants pour les diverses autres parties :

Feuilles	24,04
Brindilles (écorces)	11,70
» (bois)	1,02
Grosses branches (écorces)	9,80
» (bois)	1,19
Tronc (écorces)	8,94
Grosses racines (écorces)	3,81
» (bois)	0,78
Moyennes racines (écorces)	5,50
» (bois)	0,75
Chevelu non écorcé	16,20

De plus, la localisation des divers éléments minéraux est toute différente suivant les parties du végétal. La chaux est surtout



abondante dans l'écorce, rare dans les feuilles. La silice est en quantité minimum dans le bois, la potasse domine dans les feuilles, alors qu'elle est rare dans l'écorce, comme le montre le tableau ci-dessous (Fliche et Grandeau) :

		Potasse	Soude	Chlore	Acide sulfurique	Acide phosphorique	Oxyde de Fer	Chaux	Magnésie	Silice
Châtaignier.	Bois.	11,65	»	»	1,43	4,53	2,04	73,26	3,99	3,08
	Feuilles	21,67	3,87	0,30	2,97	12,32	1,07	45,37	6,63	5,79

Enfin, la quantité et la qualité des cendres varient notablement aux diverses époques de l'année, pour une partie de plante considérée. MM. Fliche et Grandeau, en opérant sur des feuilles cueillies au printemps et en octobre, et provenant de diverses essences forestières, ont constaté qu'à la fin de l'été, ces feuilles ont perdu des acides sulfurique et phosphorique, de la potasse, en quantités notables. Au contraire, elles se sont enrichies en chaux, magnésie, silice et oxyde de fer qu'elles restitueront au sol par leur chute annuelle. A ce sujet, il est intéressant de remarquer que, par leurs éléments minéraux, les essences forestières épuisent beaucoup moins le sol que les plantes agricoles. Alors qu'un hectare de bois de hêtre prélève annuellement 32 kilos environ de sels minéraux au sol, un hectare de céréales en enlève une quantité plus de 10 fois supérieure, et un hectare de betteraves 25 fois plus. En même temps, nous venons de voir que les feuilles, restant en grande partie sur le sol de la forêt, constituent une source notable d'éléments minéraux, qui retournent au sol.

Sans entrer dans de grands détails, qui ne trouveraient pas ici leur place, on peut tirer de l'examen des cendres cette conclusion que chaque végétal opère, dans les éléments minéraux du sol, une véritable sélection. Tel élément, très répandu dans le milieu où se distribuent les racines, pourra de la sorte ne se trouver dans la plante qu'en proportions insignifiantes, et réciproque-

ment. En tous les points de la plante, la consommation règle l'absorption, pour chaque substance. Quant à la porte d'entrée des substances du sol dans la plante, elle est située au niveau des plus fines radicelles, et localisée sur celles-ci à l'assise de cellules épidermiques prolongées en longs tubes, ou « assise pilifère », que l'on remarque près de la pointe de ces radicelles. C'est là que, par voie d'osmose, le suc cellulaire peut agir sur les substances minérales externes, et que les solutions de celles-ci peuvent dialyser vers l'intérieur à travers la membrane mince des tubes.

Les éléments simples qu'il nous reste à examiner, et qui forment environ 60 % du bois fraîchement abattu, offrent peu de variations. De façon générale, les résineux et les bois blancs tendres sont plus riches en carbone et en hydrogène, et le poids de l'hydrogène est toujours supérieur à celui qui serait nécessaire pour donner, avec l'oxygène, les éléments de l'eau. En voici quelques exemples, tirés des analyses de nombreux auteurs :

	C	H	O+Az		C	H	O+Az
Tilleul . .	49, 41	6, 86	43, 73	Erable . .	49, 80	6, 31	43, 58
Sapin. . .	50, 83	6, 26	42, 91	Peuplier noir	49, 70	6, 31	43, 09
Orme. . .	50, 19	6, 42	43, 39	Bouleau . .	49, 36	6, 28	44, 19
Pin sylvestre	50, 65	6, 20	43, 15	Chêne . .	50 »	6, 06	43, 94
Tremble . .	50, 31	6, 32	43, 37	Frêne. . .	49, 36	6, 07	44, 57
Mélèze . .	50, 11	6, 31	43, 58	Acacia . .	48, 67	6, 27	45, 06
Hêtre. . .	48, 87	6, 12	45, 01	Charme . .	48, 84	6, 18	45, 01

De ces éléments, le carbone provient en entier de l'acide carbonique de l'air, décomposé par la chlorophylle des parties vertes. L'azote provient des nitrates et des sels ammoniacaux du sol, mais aussi de l'atmosphère. Nous ne pouvons que renvoyer, pour ces questions, à divers volumes antérieurs de cette encyclopédie, traitant des engrais, des produits nitrés et ammoniacaux. Il ne nous reste plus qu'à indiquer quelques différences dans la constitution des bois, au point de vue de la cellulose, d'une part, et des matières incrustantes, d'autre part, qui constituent la paroi

de leurs fibres. Voici quelques chiffres, d'après Frémy et Urbain qui groupaient sous le nom de vasculose les matières incrustantes :

	Peuplier	Chêne	Buis	Ébène	Gaïac	Bois de fer
Vasculose . . .	18 %	28	34	35	36	40
Celluloses . . .	64	53	28	20	21	27

CHAPITRE II

Utilisation du bois comme combustible et des cendres comme sels de potasse.

L'emploi du bois comme combustible est surtout intéressant dans quelques contrées, où l'abondance des forêts le fait employer industriellement, en place des combustibles minéraux ; mais, en dehors de ces conditions, assez rares d'ailleurs, le bois est un combustible domestique de grande importance.

La combustion complète du bois traverse les phases suivantes : la chaleur dégagée par la combustion superficielle fait s'évaporer l'eau retenue par les parties centrales. Cette vapeur d'eau s'échauffe en partie dans l'atmosphère, mais en partie aussi, et de plus en plus, se décompose au contact du charbon ardent, en donnant avec celui-ci de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, tous deux éminemment combustibles. Nous avons vu antérieurement que le bois contient un excès d'hydrogène. Cet hydrogène, mis en liberté par décomposition ignée des éléments du bois, se combine localement au carbone libre aussi et incandescent pour donner des carbures d'hydrogène combustibles. De l'acide carbonique se forme d'abord aux dépens du carbone et de l'oxygène, puis se décompose en oxyde de carbone gazeux et combustible, au contact des parties incandescentes. Une partie de l'acide carbonique reste aussi dans les cendres à l'état de carbonates.

Quant à l'azote, dont la proportion est d'ailleurs faible dans le bois, il s'échappe à l'état libre, ou transformé en composés ammoniacaux par combinaison avec l'hydrogène. La combustion du bois est donc une série de combinaisons et de décom-

positions s'opérant entre des corps gazeux, au contact du carbone incandescent, et ses produits ultimes sont de l'eau et de l'acide carbonique, qui s'échappent dans l'atmosphère, et des cendres comme résidu solide. Cette combustion nécessite une inflammation initiale, pour laquelle une température de 300° environ est suffisante.

On conçoit que, dans la marche du phénomène, la contexture du bois joue une part importante. Un bois résineux s'allumera plus facilement qu'un autre, à degré égal de siccité; un bois blanc, léger et poreux, laisse facilement pénétrer la chaleur dans sa masse, et donne très vite un dégagement abondant de carbures, d'où production d'une longue flamme pendant la combustion.

La décomposition ignée des bois durs, au contraire, est localisée à la région incandescente, la flamme est courte et la combustion lente. Les premiers sont à préférer comme combustibles industriels, lorsqu'on a besoin d'une température élevée peu soutenue; les seconds sont plutôt des combustibles domestiques.

Il y a un grand intérêt, lorsqu'on brûle industriellement de grandes quantités de bois, à connaître sa valeur exacte comme combustible, c'est-à-dire la quantité de chaleur que produit l'unité de poids ou l'unité de volume du bois employé. On sait que cette puissance calorifique s'exprime en unités spéciales ou calories, une calorie étant la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0° à 1°, la température de 1 kilogramme d'eau.

Pour déterminer le pouvoir calorifique du bois, Berthier avait imaginé une méthode fort simple et encore souvent suivie, bien qu'elle ne soit qu'approximative. Elle consiste à rechercher quel poids d'oxygène exige, pour sa combustion, un poids donné de bois. Pour cela, on emprunte l'oxygène à un oxyde métallique susceptible de le céder facilement, tel que la litharge; on chauffe un poids connu de bois en poudre et desséché (1 gr.) avec 32 à 40 grammes de litharge. Quand la combustion est achevée, on casse le creuset, on extrait et on pèse le petit culot de plomb qui s'est formé par réduction de l'oxyde.

Les résultats ainsi obtenus sont comparables entre eux, mais ne donnent nullement la puissance calorifique utilisable du combustible.

Il faut tenir compte, en effet, des quantités de chaleur absorbée par les phénomènes chimiques dont le bois est le siège au cours de la combustion, phénomènes qui consistent dans la volatilisation du carbone, la vaporisation et la dissociation de l'eau, la décomposition chimique du tissu ligneux. La chaleur utilisable ne consiste que dans l'excès de la chaleur totale sur la somme des quantités ci-dessus. On a pu évaluer avec précision ces divers éléments; en voici un exemple d'après Petit :

Un bois ayant pour composition

Carbone	48,79	Azote	1,04
Hydrogène . . .	6,18	Cendres	1,92
Oxygène	42,07		

donne comme chaleur utilisable, en tenant compte des chaleurs de combustion de chaque élément, 2994 calories par kilogramme. La volatilisation du carbone exige par kilogramme de ce corps 3134 calories soit pour 1 kilog. de bois, $3134 \times 0,4879 = 1529$ calories. La vaporisation de l'eau de combustion basée sur la quantité de vapeur d'eau produite par l'hydrogène brûlé, et la chaleur de vaporisation de l'eau, est égale à 355 calories par kilogramme de bois.

La dissociation de l'eau de composition du bois absorbera d'autre part 4813 calories, et la décomposition chimique des éléments ligneux, 910 calories, soit en tout 4607 calories absorbées par 1 kilogramme de bois. La chaleur totale dégagée par la combustion s'obtiendra donc en ajoutant à cette quantité celle qui exprime la chaleur utilisable, soit $2994 + 4607 = 7601$ calories. Rapportés à 100, ces résultats se traduisent ainsi : 39 0/0 de la chaleur totale sont utilisables, 61 0/0 sont absorbés par le travail propre de la combustion; ces résultats se rapportent aux bois absolument privés d'humidité, mais, l'eau exigeant pour sa vaporisation une quantité de chaleur considérable, l'effet calorifique réel des bois diminue rapidement avec leur teneur en eau. 20 0/0 en poids d'eau hygrométrique absorbent 25 0/0 du rendement calorifique. Voici quelques chiffres se rapportant aux bois de nos forêts :

	BOIS COMPLÈTEMENT DESSÉCHÉ		BOIS A 20 % ENVIRON D'HUMIDITÉ	
	POUVOIR CALORIFIQUE		POUVOIR CALORIFIQUE	
	Par kilog.	Par décim. ³	Par kilog.	Par décim. ³
Charme	2844	1903	2148	1654
Chêne	2946	1898	2229	1538
Orme	3085	1601	2341	1282
Hêtre	2825	1532	2133	1258
Sapin	3114	1340	2364	1312
Pin Sylvestre	3072	1293	2330	1282
Tilleul	3137	1092	2382	1046
Peuplier noir	2994	952	2268	839

Le pouvoir calorifique par décimètre cube s'obtient en multipliant le pouvoir calorifique absolu, ou par kilogramme, par la densité du bois.

Cette dernière a été déterminée pour un grand nombre d'espèces, soit pour le bois desséché totalement et réduit en poudre fine, soit pour le bois desséché pratiquement, à 20 0/0 d'eau environ. Dans le premier cas, la densité de tous les bois, y compris le liège, est supérieure à celle de l'eau, et sensiblement égale pour tous les bois. Elle oscille entre 1,50 et 1,52. Dans le second cas, au contraire, cette densité se montre presque toujours inférieure à celle de l'eau, et varie dans de notables proportions. En voici quelques exemples :

Gaïac	1,33	Chêne (cœur âgé)	1,17
Ebène	1,21	Olivier	0,94
Grenadier	1,35	Buis	0,19
Chêne anglais	0,93	Pin du Nord	0,73
— du Canada	0,87	Bouleau	0,72
Chêne rouvre	0,61	Noyer	0,67
Teck	0,86	Sorbier	0,67
Hêtre	0,85	Orme	0,67
Acajou	0,85	Poirier	0,68
Acacia	0,71	Platane	0,64

Pommier	0,79	Tilleul	0,60
Erable	0,75	Saule	0,58
Cerisier	0,75	Pin blanc	0,55
Charme	0,75	Cèdre	0,48
Peuplier	0,32	Liège	0,24

Dans le commerce, où les bois sont estimés au stère, le poids de cette mesure de volume varie suivant l'état du bois empilé. Voici, d'après Chevandier, les poids du stère pour quelques bois, suivant qu'ils sont en quartiers de troncs, ou en rondins.

	Chêne	Hêtre	Charme	Bouleau	Aune	Sapin	Epicea
Quartiers	371	380	370	338	293	277	256
Rondins	277	304	298	269	283	287	281

Les quantités de chaleur utilisables sont plus fortes pour les bois en quartiers, lorsqu'il s'agit de bois durs, le contraire a lieu lorsqu'il s'agit de bois tendres ou résineux et ces différences sont sensiblement parallèles aux différences de densité.

L'utilisation industrielle du bois comme combustible soulève d'autres problèmes encore. On peut se demander, par exemple, quelle quantité d'air doit être fournie à un poids donné de bois pour obtenir sa combustion complète. En se basant sur les quantités d'oxygène nécessaires pour brûler l'unité de carbone ou d'hydrogène, et sur la composition moyenne du bois, on arrive à trouver, par kilogramme de bois, 6 kilogrammes d'air ou 4615 litres. Ces quantités sont théoriques et doivent être environ doublées, par suite de l'utilisation toujours imparfaite de l'air par les foyers, et en fin de compte quadruplées en pratique industrielle, si l'on tient compte des 20 à 25 0/0 d'eau hygrométrique du bois mis en œuvre, et de la perte de pouvoir calorifique qui en résulte.

Une autre considération intéressante est ce que l'on appelle l'effet pyrométrique d'un combustible. C'est la température que

peuvent acquérir les produits de sa combustion, à partir du moment où cette température se maintient constante. On ne peut calculer cette quantité que par des méthodes indirectes, qui consistent à rechercher les quantités de chaleur dégagées par tous les produits prenant naissance dans la combustion de 1 kilogramme de bois, et, à diviser par la somme de ces quantités la puissance calorifique utilisable de ce bois. Pour nos essences forestières, on trouve, suivant que le bois est à 20 0/0 d'eau ou complètement sec, des températures variant entre 1197 et 770°, la première étant un maximum industriel.

On conçoit, d'après ces données, que l'estimation industrielle de la valeur d'un bois soit différente suivant l'usage auquel on le destine. Si l'on considère, par exemple, l'emploi dans un générateur de vapeur, où l'on cherche à obtenir une longue flamme et une haute température, les diverses essences se trouveront classées dans l'ordre suivant :

Erable	Pin Sylvestre	Hêtre
Chêne rouvre	Mélèze	Orme
Bouleau	Sapin	Acacia
Tilleul	Tremble	Saule
	Peuplier d'Italie.	

où l'on ne tient qu'un compte très relatif des pouvoirs calorifiques.

Les cendres provenant de la combustion du bois contiennent des proportions variables de carbonate de potasse, qui les ont fait employer de tout temps pour le lessivage du linge. Dans les régions de grandes forêts, on traite les cendres pour en extraire le carbonate impur, auquel on donne le nom de « potasse » dans le commerce. Lorsqu'on lessive par de l'eau bouillante les cendres du bois, les sels de potasse forment la presque totalité des matières dissoutes dans la lessive ; leur proportion est en moyenne de 18,11 0/0 du poids des cendres, dont 12,13 0/0 pour le seul carbonate. Etant donnée la teneur en cendre des bois, on arrive à ce résultat que 1.000 kilos de bois pourront donner, en définitive 1.783 grammes de carbonate de potasse. Voici quelques résultats à ce sujet, dus à Wagner et Hœss :

1 000 kil. de :	POIDS des cendres	POIDS MOYEN de Carbonate de potasse
Sapin.	4,300	0,450
Frêne.	12,200	0,740
Peupliers	»	0,750
Hêtre.	5,800	1,360
Chêne	13,500	1,515
Buis	»	2,260
Saule.	28,000	2,850
Orme.	25,000	3,450

Le bois constitue donc une source extrêmement faible de carbonate de potasse ; comme les arts industriels disposent aujourd'hui de sources de potasse pour ainsi dire inépuisables, parmi lesquelles il suffit de citer les 100.000 tonnes fournies chaque année par Stassfurt, on conçoit que brûler du bois pour en lessiver les cendres soit un véritable pis-aller, possible seulement dans le cas de forêts immenses, où les moyens de communication sont nuls. L'Autriche, la Russie, la Scandinavie, le Canada sont aujourd'hui les seuls pays producteurs. L'incinération du bois peut se faire à l'air libre, sur une aire battue établie au lieu d'exploitation. Ses cendres s'accumulent sur le lieu de la combustion et donnent un produit concrétionné très impur. En Hongrie on pousse plus loin l'opération : les cendres, enfermées dans des troncs creux de sapin, sont calcinées par combustion de cette enveloppe et transformées par fusion partielle en masses à demi-vitreuses ou « cendres des Karpathes ». En Suède et en Pologne, la combustion du bois se fait en fosses. En Suède, l'opération se fait en deux fois ; lorsqu'on a obtenu une quantité suffisante de cendres, on les empile dans les fosses, après les avoir humectées, en les séparant par des lits de bûches de sapin. On calcine le tout lentement, on sépare à la fin les morceaux de bois et de charbon non brûlés, en brassant la masse pâteuse au moyen d'un regard en fer. Les fragments constituent le produit appelé « ockrass », mais on désigne aussi sous ce nom le

produit de l'évaporation d'une lessive concentrée de cendres. En Pologne, on arrose, au moyen d'une semblable lessive, le bois que l'on fait brûler dans les fosses. Le produit, moins impur que dans la méthode précédente, constitue les « cendres bleues de Pologne » que l'on expédie en tonneaux par gros blocs vitreux. 100 stères de bois donnent environ trois tonnes de ce produit, mais il faut faire entrer dans ce rendement le produit fourni par 30 mètres cubes de cendres, dont la lessive a servi pour arroser le bois brûlé en fosses. Les « cendres de Dantzig » sont un produit très analogue, obtenu par calcination de cendres, de lessive très concentrée de charbon de bois. Les cendres calcinées, quelle que soit leur provenance, sont toujours des produits très durs, difficiles à attaquer par l'eau, renfermant à peine 1/4 ou 1/5 de sels solubles. S'il est impossible d'enrichir les cendres au moment où on les obtient, il faut tout au moins éviter de provoquer leur fusion, qui les vitrifie et les rend difficiles à lessiver. On y parvient en prolongeant l'opération au moyen d'un tirage très lent, et en mettant les fosses à l'abri des coups de vent.

L'épuisement des cendres obtenues est d'ordinaire aussi primitif. Il consiste à charger les cendres dans un récipient en bois, cuvier ou tonneau, muni d'un double fond perforé. On les recouvre d'un second lit de paille, et l'on verse sur le tout, à l'aide d'une pomme d'arrosoir, l'eau destinée à l'épuisement, afin d'obtenir sa répartition égale dans toute la masse. On fait d'ordinaire quatre épuisements successifs, le premier avec une lessive faible, les suivants avec de l'eau. Le produit des trois premiers est destiné à être évaporé, le quatrième donnera une lessive faible destinée à commencer l'opération suivante. L'épuisement à l'eau bouillante est plus complet, mais le carbonate obtenu est moins pur, une certaine quantité de sulfate de potasse étant également dissoute à chaud.

Un procédé inverse, également usité, consiste à agiter les cendres avec l'eau, et à les laisser ensuite en repos plusieurs heures. On soutire ensuite la lessive par le haut, soit par des ajutages latéraux, soit par un tube central dont la longueur est modifiable au moyen d'allonges.

Le résidu, ou charrée, peut être utilisé comme amendement et comme engrais, Moride et Bobierre ont trouvé, dans de semblables charrées, 9,8 % de matières organiques, 13,6 % de silice,

27,3 % de phosphate de chaux, alumine et oxydes de fer, 47 0/0 de carbonate de chaux.

L'obtention du carbonate de potasse pur comprend l'évaporation de la lessive, la calcination du produit brut obtenu, puis son raffinage.

L'évaporation peut se faire très simplement dans des bacs plats en fonte ; on ajoute constamment de nouvelles quantités de lessive jusqu'à ce que le liquide cristallise, et l'on chauffe jusqu'à siccité. Il faut enlever au burin le produit très dur et brun foncé que l'on obtient. En brassant constamment la matière pendant sa formation, on évite l'inconvénient de détériorer les chaudières pour l'enlevage du sel, mais on laisse à celui-ci deux fois plus d'eau hygroscopique. On obtient ainsi 10 0/0 environ du poids des cendres, un peu moins si l'on sépare, au cours de la cristallisation, le sulfate de potasse beaucoup moins soluble, et qui se dépose le premier par la concentration. L'opération doit être complétée par la dessiccation du produit brut ou « salin » obtenu. Dans les exploitations importantes, on a une batterie de 5 chaudières où se fait successivement, et de façon continue, la concentration de la lessive, l'évaporation à sec et la dessiccation.

Cette potasse brute ou salin doit sa couleur brune aux ma-

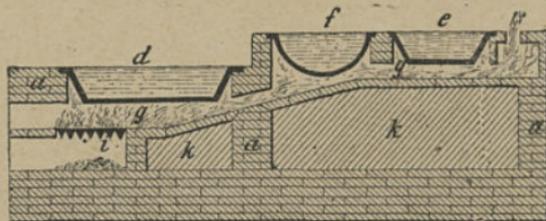


Fig. 1.
Four à préparation du salin. — Coupe.

tières charbonneuses du bois. Il faut la calciner à l'air pour brûler ces impuretés et blanchir ainsi la potasse. Cette opération se pratique dans un four à reverbère, que l'on chauffe d'abord à vide pendant quelques heures. Le salin contient, en

effet, de 6 à 12 0/0 d'eau qui pourraient, sans le chauffage préalable du four se condenser sur les parois de celui-ci. On étale

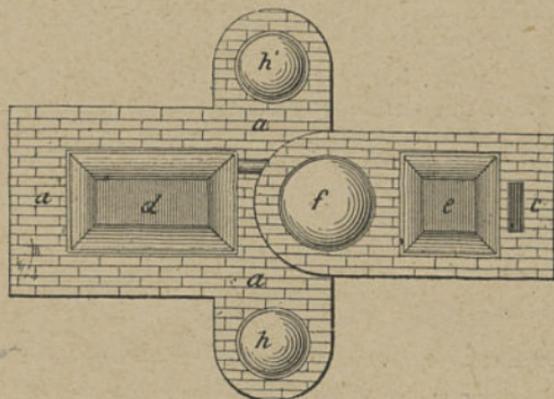


Fig. 1 bis.
Four à préparation du salin. — Plan.

alors sur la sole, en couche peu épaisse, le produit à calciner. Le salin se boursoufle en dégageant beaucoup de vapeur d'eau, on le remue constamment à l'aide de ringards jusqu'à ce que la déshydratation soit complète. On pousse alors le feu et l'on active le brassage de façon à mettre toutes les parties du salin en contact avec l'air. Les impuretés charbonneuses sont brûlées, et le salin devient de plus en plus blanc, d'autant plus vite qu'on a soin de le maintenir pâteux, sans atteindre sa fusion. Après 6 heures, la calcination est d'ordinaire terminée, et la masse retirée du four est refroidie. Deux fours sont d'ordinaire accolés et desservis par la même cheminée. La « potasse perlasse » (des mots anglais pearl et ashes, cendres en perles) est légère, friable et poreuse, et d'ordinaire colorée en bleu ou en jaune plus ou moins rougeâtre par les oxydes de fer ou de manganèse.

Son raffinage se fait de façon très simple par un traitement à l'eau froide, dans laquelle le carbonate de potasse — mélangé d'un peu de carbonate de soude, — est beaucoup plus soluble que les sulfates, silicates et chlorures.

L'Amérique fabrique des quantités importantes de potasse au moyen des cendres de bois. Celles-ci sont traitées par l'eau chaude, et le produit évaporé à siccité. La calcination se fait comme pour la perlasse d'Europe. Pour purifier ce produit brut, on le redissout dans l'eau bouillante, et l'on décante la portion claire de la liqueur. Par évaporation, on obtient un sel peu coloré, qui subit une deuxième calcination dans un four chauffé au bois.

On trouve encore dans le commerce cette potasse, en partie caustifiée par 4 à 5 0/0 de chaux vive. Mais comme la calcination ferait repasser l'alcali caustique à l'état de carbonate, on ne fait pas cette purification, de sorte que le produit a une couleur brune. Il est très hygrométrique, voici la composition de quelques potasses commerciales :

PROVENANCE	Carbo- nate de potasse	Sulfate de potasse	Chlorure de po- tassium	Carbo- nate de soude	Eau	Résidu insoluble
Kasan . . .	78	17	3	»	»	0, 2
Toscane . .	74, 10	13, 47	0, 95	3, 01	7, 28	1, 19
Amérique . .	71, 38	14, 38	3, 64	2, 31	4, 56	3, 73
Amérique . .	68, 04	15, 32	8, 15	5, 85	»	2, 64
Vosges . . .	38, 63	38, 84	9, 16	4, 17	5, 34	3, 86
Russie . . .	50, 84	17, 14	5, 8	12, 14	10, 18	3, 6

CHAPITRE III

Distillation du bois.

Nous venons de voir, au chapitre précédent, que la carbonisation pure et simple du bois, donnant comme unique produit du charbon, était fort peu rémunératrice par suite de la mévente de ce combustible.

Une utilisation bien plus rationnelle du bois est celle qui consiste à recueillir tous les produits provenant de sa distillation sèche, en évitant ainsi l'énorme perte de carbone qui se produit au cours de la carbonisation en meules. Ce carbone entre dans de multiples combinaisons : carbures d'hydrogène gazeux, liquides ou solides ; composés ternaires, tels que l'alcool méthylique, l'acide pyroligneux ; composés quaternaires également, tels que certaines amines odorantes du goudron de bois.

Beaucoup de ces corps ont une valeur industrielle notable, et s'ajouteraient au rendement pécuniaire du bois traité, si cette méthode rationnelle ne présentait le sérieux inconvénient d'exiger l'installation d'appareils très coûteux, d'une force motrice notable, ainsi que des frais de transport à l'usine et autres frais généraux.

En réalité, l'industrie de la distillation des bois n'est pratique que dans des conditions assez étroites, que nous examinerons successivement au cours de ce chapitre.

Il n'y a pas très longtemps que l'on s'est avisé d'étudier les produits volatils de la carbonisation du bois. C'est Philippe Lebon, l'inventeur méconnu et malchanceux de l'éclairage au gaz, qui imagina, vers 1798, un ingénieux appareil, nommé thermolampe, où la distillation sèche de la sciure de bois don-

nait à la fois de la chaleur, un gaz éclairant, du goudron, de l'acide pyroligneux, etc.. On sait que Lebon périt assassiné et n'eut pas le temps de mettre son invention au point. En 1812, l'anglais Taylor la compléta heureusement, en donnant le moyen de séparer l'alcool méthylique et l'acide pyroligneux, et, en 1869, Pettenkoffer appliqua les gaz inflammables provenant de la distillation du bois à l'éclairage de Munich. Ce côté de la question n'a pas été le plus fertile en applications, et l'on s'est plutôt occupé des produits condensés de la distillation.

Le bois, distillé en vase clos, donne un résidu de charbon de bois et un mélange de corps gazeux, condensables ou non. Ces derniers sont constitués par de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, des carbures d'hydrogène variés, et un peu d'azote. Leur composition varie beaucoup suivant les conditions où s'est faite la carbonisation.

Les produits condensables se séparent en trois couches liquides : la moins dense, brunâtre, renferme des carbures d'hydrogène, benzol, toluène, naphthaline, paraffine, les phénols, de la créosote, de l'acide pyroligneux.

La couche médiane est constituée surtout par des acides organiques, formique, acétique, propionique, butyrique, par de l'acétate de méthyle, de l'alcool méthylique.

La couche inférieure est formée d'huiles lourdes chargées de produits goudronneux et d'acide pyroligneux.

La composition des produits condensables est d'ailleurs variable suivant les conditions de température et de rapidité de l'opération, conditions qu'il importe de préciser, autant pour être maître de la production des corps condensables que pour obtenir telle ou telle qualité dans le charbon restant comme résidu.

Les premiers produits volatiles formés aux dépens du bois subissent l'action de la température plus élevée qui règne à la surface des bûches et se dissocient. Le charbon formé à la surface agit, en outre, comme réducteur, de sorte que les corps volatils sont soumis à une série de transformations au cours desquelles ils se résolvent en carbure d'hydrogène et en oxyde de carbone combustible. C'est ce qui se passe dans le cas d'une distillation rapide à haute température initiale. Les conditions inverses donnent au contraire le maximum de produits condensables, de sorte que, pour obtenir ceux-ci, il faut une température ini-

tiale peu élevée et une distillation conduite très lentement. La quantité de charbon produit augmente également dans ces conditions.

La nature des bois est également un important facteur. Les matières incrustantes pentosiques, propres aux tisons lignifiés, sont surtout les sources de l'alcool méthylique et de l'acide pyroligneux.

Les bois durs sont donc à préférer pour cet emploi, à l'exclusion de l'aubier et des bois blancs.

Les bois résineux trouveront leur emploi pour l'obtention du goudron et de l'essence de térébenthine. Il résulte de l'expérience que les bois des pays accidentés, ayant crû sur un sol maigre et sec, exposé au sud, suffisamment âgés et abattus en hiver, donnent le meilleur rendement en produits condensables. Au point de vue de leur utilisation dans ce sens, les essences forestières peuvent se classer en trois groupes :

Bois résineux (genévrier, mélèze, épicéa, pins, sapin), avec un rendement de 17 à 23 0/0 en acide pyroligneux brut.

Bois blancs (marronnier, peupliers, saules, aulne) donnant de 24 à 33 0/0 d'acide.

Bois durs (chêne, orme, charme, bouleau, frêne, hêtre, tilleul, érable), donnant de 35 à 43 0/0 d'acide.

De façon générale, les vapeurs condensables provenant de la distillation du bois en vases clos, donnent un liquide dans lequel se superposent trois couches : l'inférieure et la supérieure sont traitées pour la fabrication du goudron, la couche moyenne est distillée pour en extraire l'alcool méthylique et l'acide acétique hydraté impur ou acide pyroligneux.

Ces deux derniers produits entrant en ébullition à des degrés assez éloignés, peuvent être séparés, comme cela se pratique d'ordinaire, au moyen de plateaux rectificateurs surmontant l'alambic. Ces plateaux refroidis au-dessus du point d'ébullition du liquide le moins volatil, font rétrograder ce dernier, alors que l'autre peut traverser les plateaux à l'état de vapeurs et aller se condenser dans un serpentin entouré d'eau froide. On continue la distillation dans le même appareil ou dans un second alambic, pour concentrer et purifier le produit moins volatil (acide pyroligneux) ainsi isolé et il reste enfin un résidu goudronneux que l'on réunit à ceux recueillis précédemment.

Tel est, à grands traits, le mode d'extraction des produits volatils du bois. Avant de passer au détail des opérations, nous devons examiner les procédés où l'on se propose d'obtenir surtout du goudron, en négligeant les autres produits. Il en est ainsi dans certaines régions forestières riches en conifères, la Suède et la Russie par exemple, où le bois ne coûte autre chose que la main-d'œuvre pour l'abattre, et dans les Landes, où l'on traite pour goudron et charbon, les pins exploités durant leur vie pour térébenthine.

Un certain nombre d'appareils destinés à l'extraction du goudron, ne sont que des perfectionnements des meules à charbon et auraient pu être décrits à la suite de ces dernières. La chaleur nécessaire à la distillation est obtenue par la combustion d'une partie de la masse du bois traité.

Les meules usitées dans les Landes appartiennent à cette catégorie. On y traite les troncs de pins, soumis pendant leur vie à l'opération du « gemmage » qui consiste à ramener la sève résineuse au moyen d'entailles.

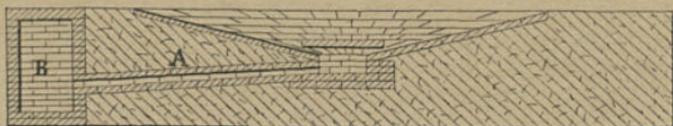


Fig. 2.
Base d'une meule Landaise.

Ces troncs, après un an ou dix-huit mois de coupe, sont re-fendus en bûches et empilés en meules verticales suivant le mode que nous avons décrit en détail, mais l'aire de ces meules est maçonnée en briques en forme d'entonnoir concave, lequel conduit le goudron condensé dans une citerne *ad hoc*, au moyen d'un tuyau. Il faut à ces meules une couverture très épaisse, le pin étant très inflammable; on ne commence à recueillir le goudron qu'après 60 heures, afin qu'il prenne la couleur et l'odeur nécessaires, on débouche alors le tube à goudron, on laisse couler pendant une demi-heure, et cela toutes les 6 heures,

jusqu'à ce que l'écoulement s'arrête. A partir de ce moment, on achève la carbonisation à grand feu. Le pin des Landes, traité en meules de 40 à 50 stères, donne en goudron 18 à 20 0/0 du bois et en charbon 25 à 30 0/0.

Dans la Pologne russe, on use d'un procédé très analogue, mais les meules sont beaucoup plus grosses et renferment jusqu'à 2000 stères de bois.



Fig. 3.
Meule Polonoise.

L'aire, un peu surélevée et creusée en entonnoir, est établie en argile battue et recouverte d'un plancher de grosses poutres entrecroisées. La meule, en raison de son grand volume, comprend jusqu'à 10 assises, sur 30 mètres de diamètre à la base. Ses parois sont très inclinées et la couverture est faite de terre sablonneuse et d'herbes hachées. La carbonisation, au lieu de commencer par le centre, a lieu de l'extérieur à l'intérieur et de bas en haut. Aussi une grande partie du bois de la meule est brûlé, au lieu d'être transformé en charbon. Quant au goudron, il coule par un tuyau de bois directement dans les barriques d'expédition. L'opération dure jusqu'à quatre semaines, et, comme dans le procédé des Landes, on attend que le goudron ait acquis ses caractères de couleur, de consistance et d'odeur, avant de le recueillir, ce qui demande environ dix jours.

Comme on traite surtout du pin sylvestre et que cette essence est très combustible, il se produit fréquemment, surtout au début de la calcination, des affaissements dans l'énorme masse des meules, de sorte qu'elles exigent une surveillance constante pour que la couverture ne s'endommage pas et ne laisse pas la meule s'incendier. On obtient ainsi 20 0/0 environ de goudron représentant une valeur de 4 francs par stère de bois. Ces goudrons de Lithuanie ont pour marché principal Kremenschug ; ils constituent à peu près le seul revenu que l'on puisse retirer des immenses forêts de cette région, faute de voies de communication. C'est pour cette raison que l'on ne cherche pas à obtenir un rendement en charbon, et qu'on laisse se brûler une partie notable du bois de la meule.

On a voulu perfectionner ces procédés en leur substituant des fours à grille, en briques réfractaires, à voûte hémisphérique. On y charge le bois et on allume le feu sous la grille. Au bout d'un temps convenable, on ferme l'ouverture d'entrée de l'air et celle de chargement, en ne laissant subsister qu'un très faible tirage. Le goudron se rend par un tube recourbé dans un réservoir où il se condense.

On a vite renoncé à l'usage de ces fours, dont le rendement n'est pas sensiblement supérieur à celui des meules, qui sont difficiles à conduire, se refroidissent avec une grande lenteur et demandent par suite, un long intervalle entre deux charges successives.

Quelques autres appareils sont mieux compris, en ce sens qu'ils empruntent la chaleur nécessaire, non au bois que l'on carbonise, mais à un foyer extérieur. C'est ainsi que l'on emploie, en Lithuanie, des fours à sole concave et à réservoir inférieur pour le goudron, recouverts d'une voûte ovale en terre glaise et chauffés à l'aide d'un foyer annulaire, lequel est compris entre la voûte du four et une seconde enveloppe externe. On brûle du bois dans ce foyer, que l'on peut régler à volonté. Il se fait ainsi une véritable distillation en vases clos ; aussi peut-on recueillir, indépendamment du goudron (12 à 15 %), de l'essence de térébenthine (3 à 4 %). Le rendement en charbon est de 18 à 22 %.

Le goudron des écorces de bouleau, auquel le cuir de Russie doit son odeur spéciale, est fabriqué par distillation sèche de la-

melles annulaires de couleur blanche qui se détachent du tronc des jeunes bouleaux. Ces lamelles sont recueillies au printemps, sont traitées après dessiccation de 6 à 8 mois à l'air, dans de grandes caisses en tôle assemblées en batteries, que l'on chauffe très graduellement pendant 24 heures. Le goudron va se condenser dans des tonneaux. Il porte dans le pays le nom de « thrane. »

Un grand perfectionnement de cet appareil est réalisé par une sorte d'alambic où l'on peut recueillir, non seulement le goudron, mais aussi les autres produits condensables, refroidis à travers un serpentín. Nous aurons à revenir un peu plus loin sur ce dispositif, connu sous le nom d'appareil « suédois ».

Nous avons vu que de simples perfectionnements apportés aux meules ordinaires à charbon de bois permettaient d'obtenir en même temps un rendement satisfaisant en goudron. On a été conduit à construire de la même façon des meules permettant de recueillir les autres produits condensables.

C'est ainsi que, dans un de ces dispositifs, la meule était recouverte entièrement d'un vaste cône en osier tressé, laissant entre lui et la meule un espace annulaire, muni à son sommet d'un tube de dégagement, et recouvert d'une couverture imperméable. Cet espace annulaire se comportait ainsi comme une sorte de condenseur.

Dans les Charentes, on s'est longtemps servi d'une fosse d'une trentaine de mètres cubes, à parois en terre battue, et couronnée d'un fort couvercle de tôle. Un peu au-dessus du fond débouchaient huit conduits, en communication d'autre part, avec l'air intérieur ; un tube horizontal conduisait les produits volatils dans un appareil de condensation. La charge du bois, l'allumage, la conduite du feu se faisaient comme pour les meules verticales à goudron. L'opération durait trois à quatre jours et se terminait par un fort coup de feu destiné à brûler le résidu goudronneux recouvrant le charbon. On éteignait à la fin la fosse, et après quelques jours de refroidissement, on recommençait une nouvelle charge. Ces appareils ne sont plus employés.

Un procédé original, dû à Schwartz, consiste à opérer la carbonisation au moyen d'une flamme privée d'oxygène libre. On obtient ce résultat en lui faisant parcourir un long espace sur les voûtes du foyer, avant de pénétrer dans le four où s'opère le

traitement du bois. Ce four est une vaste chambre voûtée, dont le plancher forme deux grandes rigoles adossées.

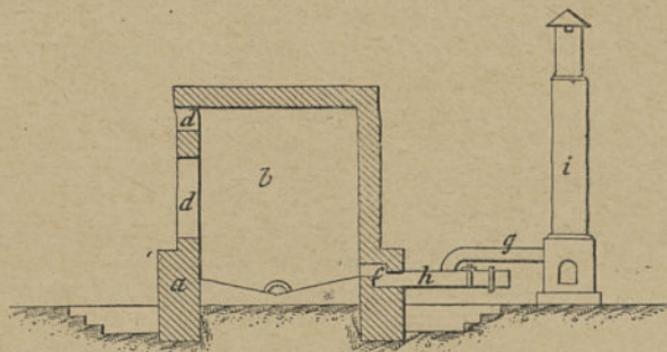


Fig. 4.
Four Schwartz.

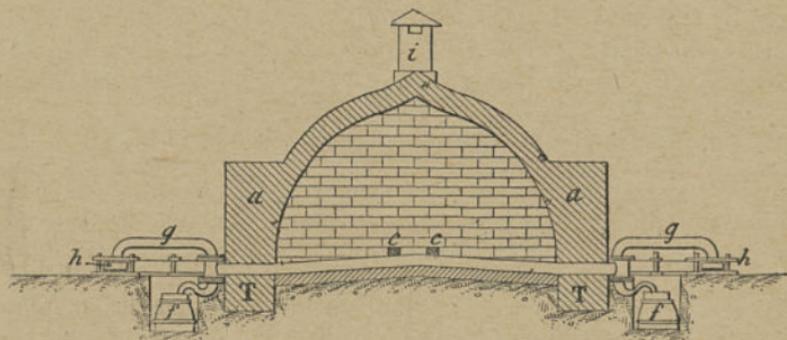


Fig. 4.
Four Schwartz.

Par les tuyaux qui continuent ces rigoles, le goudron est conduit dans des réservoirs latéraux. Les produits volatils s'y rendent également, après s'être condensés dans des réfrigérants. Enfin, le reste des produits de la distillation se rend à la cheminée. La marche de l'opération est guidée comme toujours,

par l'aspect des vapeurs s'échauffant de la charge de bois. La distillation, portant sur 100 stères de bois, dure environ deux jours, elle exige la combustion de 10 stères dans les foyers latéraux et fournit environ 14 0/0 d'acide pyroligneux brut, plus 25 0/0 de charbon. Cette méthode a l'inconvénient d'exiger un temps très considérable pour le refroidissement du four, entre deux opérations successives.

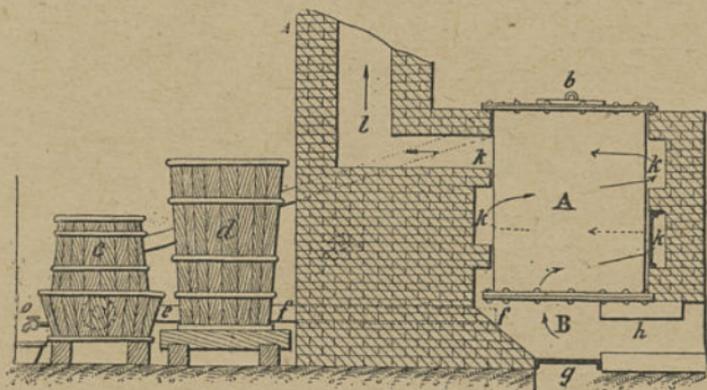


Fig. 5.
Appareil Mollerat.

Les appareils qu'il nous reste à décrire opèrent toujours la distillation en vase clos ; ce sont ceux qui prédominent de plus en plus, soit qu'ils opèrent de façon intermittente, soit qu'ils permettent une distillation continue.

Les premiers ont été installés en France dans les forêts du Morvan par les frères Mollerat, qui ont été les promoteurs de cette industrie, et, depuis, leurs appareils n'ont fait qu'être modifiés et perfectionnés dans le détail.

La partie essentielle de l'appareil comprenait une cornue en tôle forte, encastrée dans un massif de maçonnerie et chauffé par la flamme d'un foyer, circulant sur toute sa hauteur dans des carneaux en spirale jusqu'à une cheminée d'appel. La cornue était remplie de bois et fermée hermétiquement par un tampon à vis de pression. Un large tube de dégagement incliné,

conduisait les produits condensés dans un cuvier en bois, où l'on pouvait les soutirer ; et la condensation avait lieu sur le trajet du tube, qui traversait un premier cuvier rempli d'eau froide. Quant aux gaz non condensables, ils étaient aspirés à travers

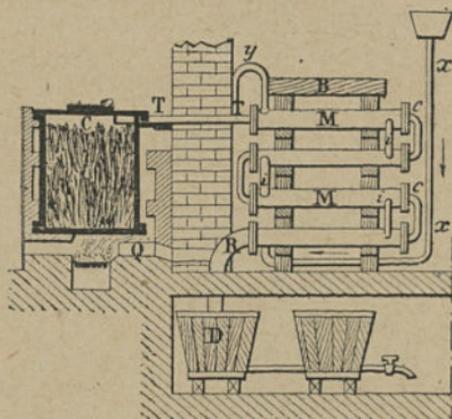


Fig. 6.
Appareil Kestner.

un gros tube par le tirage du foyer, et allaient se brûler sous la cornue. De cette façon, une fois le feu allumé, ces gaz suffisaient à l'entretien sans autre dépense de bois.

Un perfectionnement très usité de l'appareil Mollerat est dû à Scheurer-Kestner. La cornue offre quelques différences de détail, qui rendent son chargement et son déchargement plus aisés. Le condenseur surtout est beaucoup plus puissant.

Les vapeurs suivent une marche descendante, et viennent aboutir, une fois condensées, dans deux récipients inférieurs communiquant par le bas. L'eau froide du condenseur suit une marche ascendante ; elle circule de bas en haut dans des manchons entourant le tube du serpentín, de telle façon que l'eau la plus froide soit en contact avec les vapeurs les plus proches de leur condensation. Les gaz non condensés sont conduits sous le foyer qu'ils alimentent. Les rendements de ces appareils sont environ : en charbon, 22 à 25 0/0 du poids du bois traité ; en pyroligneux, 38 à 45 0/0, suivant les essences.

On se sert aussi, en Angleterre par exemple, de cornues horizontales accolées, pouvant contenir 1 mètre cube et plus, disposées au-dessous d'un foyer et fermées à leurs deux extrémités par un disque en fonte qu'on lute à l'argile. Le disque antérieur laisse passer un gros tube horizontal de dégagement, et les tubes d'une batterie de cornues se rendent ainsi, par un collecteur commun, à l'appareil de condensation. On recueille dans

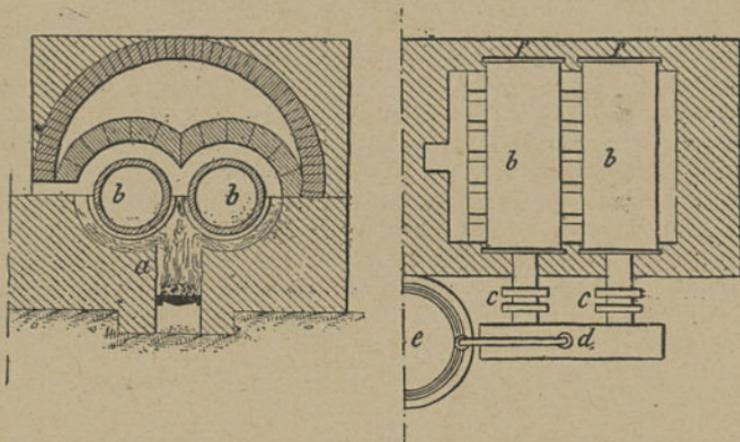


Fig. 7.
Fours anglais à cornues

celui-ci, d'abord le goudron, puis l'acide pyroligneux condensé dans un serpentín. L'opération demande une heure environ, le charbon, extrait par défournement, est « étouffé » dans des cylindres de tôle. Les rendements sont à peu près ceux de l'appareil précédent.

On peut carboniser dans un semblable four la sciure et la poudre grossière des bois traités pour la teinture et épuisés. Il suffit d'y adjoindre, comme dans les fours Hallyday ou Boweri, une vis sans fin ou un système de palettes qui fasse progresser la sciure à travers le cylindre horizontal chauffé au rouge avec une vitesse telle qu'elle sorte complètement carbonisée. On la reçoit dans une bache pleine d'eau, pour éviter son inflammation, et elle peut servir à la confection de comprimés ou bri-

quettes analogues au charbon de Paris. Les produits volatils sont conduits à un réfrigérant.

Dans certaines contrées de grande exploitation forestière, où l'on cherche surtout à économiser la main-d'œuvre, on fait porter l'opération sur de grandes quantités de bois. Ainsi, dans le système Reichenbach, usité en Autriche, les cornues sont remplacées par de vastes fours en briques, rectangulaires, construits en matériaux réfractaires, et chauffés intérieurement. A cet effet, la flamme et les gaz chauds du foyer circulent dans un système de carneaux formant une sorte de serpentín dans le four, avant de rejoindre la cheminée d'appel. Le bois entoure de toutes parts ce serpentín de chauffe et les produits condensables sont enlevés par deux tubes de dégagement partant du plafond du four. Ce système utilise beaucoup moins bien la chaleur produite que ceux dans lesquels la cornue est chauffée extérieurement.

Un appareil très ancien et encore très généralement usité dans le nord de l'Europe est l'appareil dit « Suédois ». C'est une grande chaudière en tôle, encastrée dans un foyer en maçonnerie, et chauffée par la flamme d'un foyer circulant autour d'elle

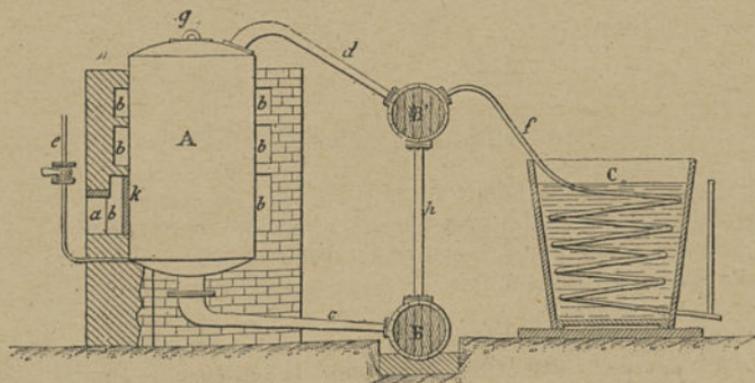


Fig. 8.
Appareil Suédois.

par des carneaux en spirale ascendante. La chaudière, qui contient environ 10 mètres cubes, est remplie de bois par le fond supérieur, duquel part un tube se rendant au condenseur. Sur le

trajet de ce tube est placé un réservoir cylindrique en bois, où les vapeurs condensables se purgent de la majeure partie du goudron qu'elles entraînent. Les parties plus volatiles continuent leur route et vont se condenser dans un serpentin. Du fond du réservoir intermédiaire part un tube vertical qui se rend dans un second réservoir, semblable en tous points, qui reçoit en même temps, par un gros tube partant du fond de la chaudière, le goudron exsudé du bois pendant l'opération. C'est donc dans ce récipient inférieur que se rassemblent tous les produits goudronneux. Les gaz non condensés vont par un tube spécial se brûler sous le foyer. Enfin on peut faire traverser la chaudière par un courant de vapeur. Au début, cette injection a pour effet de commencer et de régulariser l'échauffement de la charge ; à la fin, elle hâte le refroidissement du charbon.

Cet appareil permet d'obtenir, avec les conifères, en même temps que le goudron et le pyroligneux, l'essence de térébenthine. Nous avons parlé antérieurement de son emploi pour la distillation spéciale de l'écorce de bouleau, où l'on cherche surtout à obtenir le goudron d'odeur spéciale servant à la préparation du cuir de Russie. Voici d'après Hessel, quelques rendements obtenus avec l'appareil suédois :

	Essences diverses mélangées	Bouleau
Charbon	23,3	25,4
Pyroligneux	37,3	53,3
Goudron	17,6	2,4
Essence de térébenthine	3,4	»

Les systèmes à distillation continue offrent sur les précédents l'avantage d'éviter la perte du temps qu'il faut laisser s'écouler entre deux charges successives. Ils demandent aussi moins de main-d'œuvre, mais ils sont plus coûteux à établir. Dans ces appareils, la distillation est méthodiquement conduite, de telle façon qu'une partie de la charge soit en défournement, alors que la précédente se carbonise, et qu'une troisième se prépare. On peut réaliser ce schéma par un grand nombre de dispositifs.

Dans le système Astley, la chambre à carbonisation, en briques réfractaires, a la forme d'un couloir rectangulaire légèrement incliné. Des rails permettent d'y introduire des wagonnets

chargés de bois, et une cloison le divise en deux parties, l'une inférieure, l'autre occupant la partie supérieure du plan incliné et deux fois plus longue que la première. Le foyer est disposé de telle façon qu'il chauffe directement le tiers moyen du four : le tiers inférieur ne reçoit aucune chaleur, le tiers supérieur, seulement la chaleur perdue du foyer. Des deux wagonnets que l'on introduit dans le four, l'un se carbonise dans le tiers moyen du four, le second ne fait que sécher et se prépare ainsi à la distillation.

Une fois terminée la carbonisation du premier wagon, on lève la cloison transversale. Cette charge va ainsi se refroidir de l'autre côté, le wagon de bois séché prend la place du premier, et une charge de bois à traiter, la place du second.

Un autre four, des plus employés aujourd'hui, comprend des cornues cylindriques, comme dans l'appareil Kestner, ou l'appareil suédois, mais ces cylindres peuvent être enlevés après carbonisation du massif de maçonnerie où ils reposent, et remplacés par un cylindre venant d'être chargé.

Chaque four comporte donc au moins deux cavités, construites en briques réfractaires, et chauffées par un seul foyer. Les carneaux ménagés dans la paroi des cavités sont disposés de telle sorte qu'on peut à volonté les fermer en tout ou partie, le tirage s'effectuant alors entièrement par l'une des deux cavités au détriment de l'autre.

Quand la carbonisation arrive à un certain degré pour les deux cylindres, on ferme les carneaux de l'un d'eux, et l'autre cylindre achève de se carboniser. Une fois ce résultat atteint, on isole du foyer cette moitié du four, on extrait le cylindre et on le porte au refroidissement. Pendant ce temps, un troisième cylindre a été rempli de bois et luté, et il vient prendre la place de celui qu'on vient d'enlever. Pendant qu'on achève la carbonisation du cylindre n° 2, le dernier introduit, qu'on laisse ouvert perd d'abord son eau, puis commence à donner des vapeurs fuligineuses. On ferme alors l'ajutage du couvercle et l'on dirige les vapeurs à la condensation. Pendant ce temps, le cylindre n° 2 s'est achevé, il a été remplacé par un cylindre n° 4, et ainsi de suite. Pour faciliter la manœuvre, les cylindres sont saisis par un treuil roulant ou une grue, et, lorsqu'ils sont appliqués sur la cavité du foyer, ils l'obturent hermétiquement, grâce à

une cornière située un peu au-dessous de leur bord supérieur. Les gaz non condensables sont envoyés sous les foyers pour y être brûlés. Le réfrigérant peut être celui de l'appareil Kestner, décrit antérieurement, mais le plus souvent, il a la forme d'une spirale descendante à longs tubes placés parallèlement dans une bêche, presque horizontaux et réunis en dehors par des coudes. Le diamètre des tubes va en décroissant depuis le haut, où arrivent les gaz à condenser, jusqu'au bas, où sont recueillis les produits condensés. Les gaz qui restent sont envoyés sous le foyer. L'eau froide circule de bas en haut dans la bêche du réfrigé-

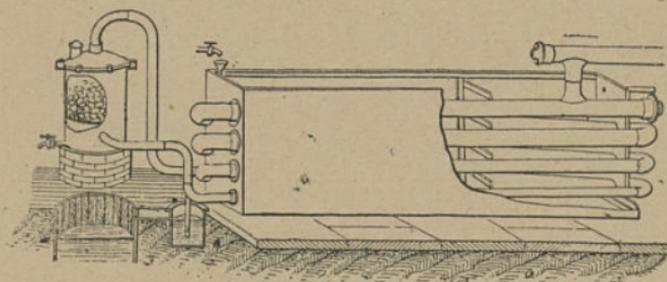


Fig. 9.
Appareil Vincent.

rant. Pour recueillir les produits volatils entraînés par les gaz non condensables, on peut adopter le dispositif imaginé par Vincent. Il consiste à faire passer ce gaz, au sortir du réfrigérant, dans une petite colonne cylindrique, contenant des cristaux de carbonate de soude. Ce sel se liquéfie au contact des gaz humides, et cette liquéfaction détermine un abaissement de température suffisant pour condenser l'acide acétique et l'alcool méthylique entraînés par les vapeurs du serpentín. On recueille donc, dans la partie inférieure de cette colonne, de l'acétate de soude dissous et de l'alcool méthylique, mélange que l'on distille ensuite pour retirer ce dernier produit.

Une autre disposition très bien comprise d'un appareil continue est réalisée dans le four Bresson. C'est un long cylindre de fonte où peuvent se placer quatre cornues semblables, également

de forme cylindrique. La plus élevée contient la charge de bois

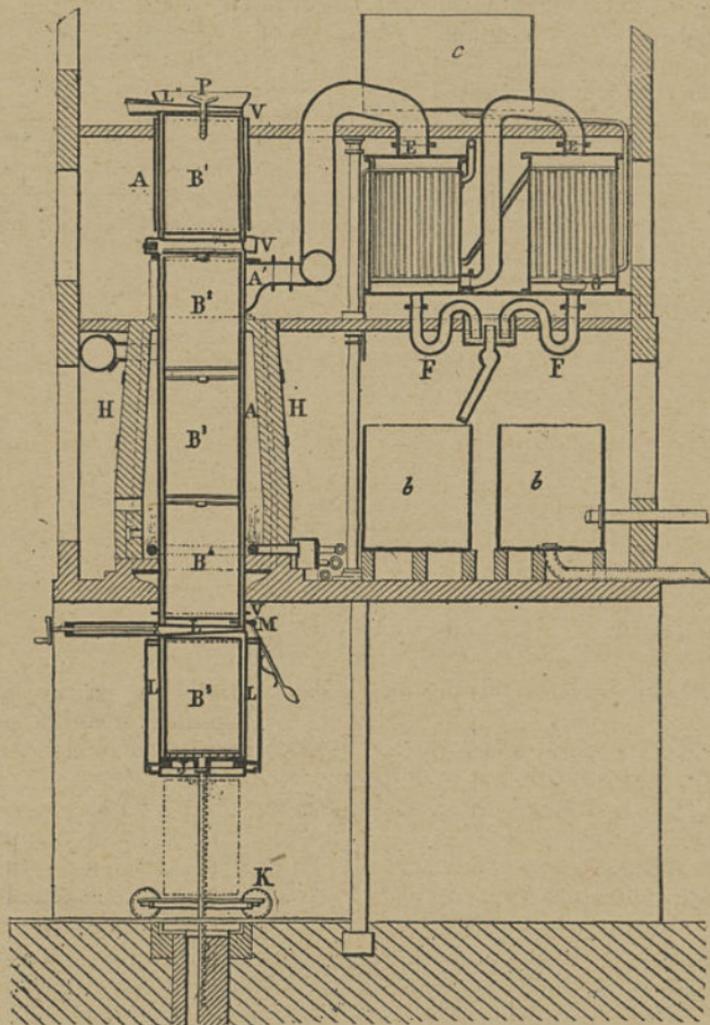


Fig. 10.
Four Bresson.

qui se dessèche ; les trois autres sont en cours de distillation. A cet effet, le cylindre de fonte est entouré, à la hauteur de ces trois cornues, d'une double enveloppe de terre réfractaire, et dans l'intervalle brûle une rampe alimentée par les gaz non condensés de la distillation. Cette rampe, annulaire, est située à la partie inférieure du four, où la température atteint 700°. A la partie supérieure de la double enveloppe, la température n'est plus que de 250° ; enfin, la cornue en voie de dessiccation n'est pas chauffée par le four, grâce à un tiroir qui interrompt la communication entre les deux parties de l'appareil. La température de dessiccation ne dépasse pas 130°. La distillation se fait très graduellement dans les trois cornues inférieures. Quand elle est achevée, on fait descendre toute la charge de la hauteur d'une cornue, grâce à un piston inférieur, mû par une crémaillère. La cornue supérieure entre ainsi dans le four, alors que l'inférieure en sort. On remplace la première par une nouvelle charge, on refroidit la seconde par circulation d'eau froide autour d'elle.

Pendant ces manœuvres, un système de trois tiroirs transversaux empêche toute communication avec l'air extérieur et isole à volonté telle ou telle portion du four. Les produits de la distillation s'échappent par un conduit latéral du four et se rendent aux appareils de condensation, constitués par deux cuves semblables, à réfrigérant vertical tubulaire, et placées à la suite l'une de l'autre. Les produits condensés recueillis dans un barillet, sont distribués dans des tonneaux. Quant aux gaz non condensables, un aspirateur-exhausteur, sorte de turbine à gaz, les refoule dans un gazomètre. C'est de là qu'ils se rendent à la rampe pour y être brûlés, après mélange avec une quantité suffisante d'air chaud qu'insufflé un ventilateur. La carbonisation dure douze heures, au bout desquelles on opère le changement des cornues décrit plus haut. Ce changement s'obtient par la manœuvre du piston inférieur et des tiroirs du four, sans que jamais l'intérieur de celui-ci soit en contact avec l'air extérieur.

Le refroidissement de la cornue inférieure dure donc également douze heures, on le favorise par injection d'un courant de vapeur qui humecte le charbon, et, après ce temps, la cornue pleine de charbon est encore laissée soixante heures fermée à l'aide d'un couvercle luté à l'argile. Ce four, qui a l'inconvénient

d'être assez coûteux, donne d'excellents rendements comme qualité et quantité, soit en charbon, soit en alcool méthylique et en pyroligneux, par suite de la façon très régulière et très graduelle dont se fait la carbonisation.

Nous devons dire quelques mots d'un appareil qui fut en service vers 1850, à la Compagnie des pyroligneux. Le bois est chargé dans une grande cornue cylindrique, horizontale, que l'on amène sur un wagonnet à l'intérieur d'un moufle en tôle. Celui-ci est soutenu par une armature de fer, et isolé par une épaisse enveloppe de sable et d'argile. Une fois la cornue introduite et les portes du moufle fermées, on allume les gaz inflammables provenant d'une carbonisation antérieure. La chaleur est régularisée par la présence de fentes longitudinales pratiquées à égales distances sur les parois du moufle. Les vapeurs condensables traversent d'abord un réfrigérant, puis arrivent dans un condenseur spécial, circulaire, divisé en quatre compartiments qui se prolongent inférieurement en un gros tube. Ceux-ci aboutissent sous une couche d'eau, dont on peut faire varier la hauteur et laissent les produits condensés s'écouler dans quatre compartiments distincts, tandis qu'un tube conduit les gaz non condensables dans le moufle pour y être brûlés. Pour diminuer dans ces gaz la proportion de produits condensables, les vapeurs venant de la cornue traversent des diaphragmes perforés qui ralentissent beaucoup leur circulation, et un courant d'eau froide circule dans la double paroi du condenseur. On peut recueillir séparément les produits condensés dans l'une quelconque des phases de la carbonisation.

Avant de passer en revue les nombreux produits dérivés directement ou indirectement de la distillation du bois, il nous reste à examiner quelques conditions économiques de cette industrie.

Une usine de distillation de bois, indépendamment de la matière première essentielle qu'elle traite, consomme de la houille, et aussi de la chaux, pour la transformation du pyroligneux en acétate calcique.

Un stère de bois exige pour sa distillation totale 100 kilos de houille. Dans les conditions actuelles, on peut compter que le charbon produit a une valeur au moins égale à celle du bois conduit à l'usine, et laisse même un écart variable lorsqu'on traite du bois dit de « moulée » dont le stère a un poids plus

élevé et dont le rendement est notablement plus grand.

En forêt, le bois est mesuré et vendu pour charbon de bois à l'unité « corde » dont les dimensions ordinaires sont 5^m,30 de long, 0^m,62 de large et 0^m,75 de haut et qui correspond, après le tassement du transport et de l'empilage, à 2 stères 20. Le poids de la corde est de 650 kilos environ, en y faisant entrer des bûches depuis 15 à 20 millimètres jusqu'à 7 centimètres de diamètre.

En forêt, cette corde carbonisée donne 132 kilos de charbon ; le rendement est un peu plus fort en usine et va jusqu'à 153 kilos, soit 2 sacs 1/2. En tenant compte des frais de transport jusque sur le marché, et du prix d'achat du bois, on trouve que la valeur du charbon et celle du bois sont, comme nous l'avons dit, sensiblement égales. Mais il reste les produits condensés. En anticipant quelque peu sur ce que nous aurons à dire ensuite, nous pouvons énumérer les produits commerciaux résultant de la distillation du bois ; ce sont, indépendamment du charbon (25 à 27 % du poids de bois sec) : l'acide acétique (7 0/0), l'alcool méthylique (2 0/0), le goudron (3 0/0). L'acide acétique et le méthylène doivent être séparés par distillation du « pyroligneux » brut, dont le rendement est environ 52 0/0. La valeur du charbon étant sensiblement celle du bois, il reste comme bénéfice 500 francs pour une distillation journalière de 50 stères. Ce chiffre est plus élevé avec les déchets de scierie, bien que le charbon qu'ils produisent ait une valeur presque nulle, il varie entre 550 et 650 francs. Enfin, le bois de moulée fournit un rendement plus élevé encore, allant jusqu'à 780 francs.

En tenant compte de ces chiffres, une usine traitant 50 stères par jour, produirait annuellement un bénéfice brut variant entre 150 et 250.000 francs. Il faut en retrancher les frais que l'on peut évaluer comme suit :

La distillation de la quantité de bois ci-dessus exige 5 tonnes de charbon et 1 tonne de chaux, représentant environ 45.000 francs par an. L'amortissement du capital pour l'achat du matériel, les impôts divers, le traitement du personnel technique, directeur, chimiste, contremaître, comptable, etc., montent à une somme à peu près égale, de même que les salaires des ouvriers de l'usine. C'est donc une somme de 135.000 francs environ qu'il faut retrancher du bénéfice brut, et l'on voit immé-

diatement l'écart énorme existant dans le produit net de l'usine, suivant la qualité du bois traité. Ces chiffres ne sont pas, bien entendu, une indication absolue, car chaque usine jouit d'avantages et souffre d'inconvénients qui lui sont spéciaux au point de vue des frais de transport et de revient des divers produits qu'elle consomme ou qu'elle fournit; de plus, une usine ne distille jamais une qualité constante de bois.

Voici quelques indications sur les rendements de diverses essences de bois, dues à M. Barillet.

Ces rendements sont maxima, la distillation ayant été faite dans le laboratoire et les produits recueillis et dosés rigoureusement.

Nature des bois traités	Acide acétique (kilogr.)	Méthylène (Litres)	Charbon (kilogr.)
1/3 pelard, chêne, charme, hêtre, mélangés.	5,90	2,15	23 »
Bouleau, aulne, tremble	4,54	1,50	22 »
Vieux chêne	3,75	1,46	24 »
Tremblée, saulée par P.E.	4,42	1,69	22 »
Chêne sec fendu	3,72	1,37	22,5
Bouleau, rond	5 »	1,30	20,62
» fendu	4,90	1,27	22,2
Moulée, rond	6,40	1,95	26 »
» fendu	6,15	1,95	26 »
Hêtre, rond	4,18	1,39	23 »
» fendu	5,71	1,76	24,3
Charme, rond	5 »	1,41	24,5
» fendu	6,24	1,38	25 »
Sciure de chêne	1,31	0,38	20 »
Déchets de scierie de chêne	4,31	0,93	24 »

Voici d'autre part, d'après le même auteur, les rendements industriels, obtenus d'après des centaines d'essais, en cornues contenant 4 stères 1/2.

Voici d'abord un exemple de la marche d'une cornue. La distillation ayant duré 14 heures, et porté sur 1660 kilos de bois

a donné 795 litres de pyroliqueux brut, avec une consommation de 300 kilos de houille.

Heures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vitesse du jet par seconde	250 c. c.	200	220	300	375	340	300	300	350	300	250	250	300	0
Titro en Acide acét. o/o	»	3.50	5	11	12	13	15	17	16	15	13	12	10	0

Voici maintenant le tableau des rendements :

Nature du Bois	Charge d'une Cornue	Alcool 0/0 de Bois	Acétate de Chaux 0/0 de Bois
Petite Charbonnette	1400	1, 14	8, 20
2/3 Bois verts, 1/3 Pelard	1600	1, 30	11, 50
Pelard pur	1800	1, 44	11, 10
Charme rond	1750	1, 37	12, 00
Chêne fendu	1840	1, 60	10, 60
Hêtre fendu	1800	1, 80	11, 00
Débris de Chêne sec	1900	0, 84	8, 50

CHAPITRE IV

Produits de la distillation.

Les produits dégagés par la distillation du bois sont extrêmement nombreux et d'importance très inégale. Le tableau suivant indique la série des corps qui ont été reconnus dans les produits solides, liquides ou gazeux de cette distillation.

Gaz (20 à 35 % du bois)

Acide carbonique	CO ²		Ethylène	C ² H ⁴
Oxyde de carbone	CO		Propylène	C ³ H ⁶
Hydrogène	H		Buthylène	C ⁴ H ⁸
Méthane	CH ⁴		Benzol	C ⁶ H ⁶
Acétylène	C ² H ²			

Goudron (3 à 9 %)

Benzol	C ⁶ H ⁶		Phénol	C ⁶ H ⁶ O
Toluène	C ⁷ H ⁸		Crésol	C ⁷ H ⁸ O
Xylène	C ⁸ H ¹⁰		Phlorol	C ⁸ H ¹⁰ O
Styrolène	C ⁸ H ⁸		Pyrocathéchine	C ⁸ H ¹⁰ O ²
Naphtaline	C ¹⁰ H ⁸		Gaiacol et homologues constituant la créosote	C ⁷ H ⁸ O ² C ⁸ H ¹⁰ O ² C ⁹ H ¹² O ²
Rétène	C ¹⁸ H ¹⁸			
Paraffine	C ²⁰ H ⁴² à C ²² H ⁴⁶		Résines pyrogénées.	
Ether diméthylque de l'acide pyrogallique	C ⁸ H ¹⁰ O ³			

Pyroligneux (35 à 45 %)

Furfurol . . .	$C^5 H^4 O^2$	Ac. crotonique . .	$C^4 H^6 O^2$
Ac. formique. .	$CH^2 O^2$	Ac. angélique . .	$C^5 H^8 O^2$
Ac. acétique . .	$C^2 H^4 O^2$	Acétone	$C^3 H^6 O$
Ac. profinique .	$C^3 H^6 O^2$	Acét. de méthylène	$C^3 H^6 O^2$
Ac. butyrique .	$C^4 H^8 O^2$	Alcool méthylique	$CH^4 O$
Ac. valérianique.	$C^5 H^{10} O^2$	Alcool allylique .	$C^3 H^6 O$
Ac. caproïque .	$C^6 H^{12} O^2$	Méthylanine . .	$CH^5 A^2$

(Phénols)

(Gaiacols)

(Résines pyrogénées)

Charbon (20 à 30 %)

(Carbone)

(Hydrogène)

(Oxygène)

(Cendres)

Nous nous occuperons d'abord de l'obtention du pyroligneux et des divers traitements qu'on lui fait subir en vue d'en extraire les produits dérivés.

Les cornues à distiller ont d'ordinaire une contenance de 4 stères, soit 1200 kilogrammes de bois. Le rendement, suivant la qualité du bois, surtout suivant sa densité, varie de 660 à 880 litres de pyroligneux brut. Mais on recueille une quantité plus faible, ne dépassant guère 580 litres, parce qu'on a soin de ne luter la cornue, en plaçant le tube de dégagement, que lorsque l'eau de végétation restée dans le bois est évaporée. On le reconnaît à la couleur bleue que prend la fumée à ce moment. Les opérations de chargement, de défournement, l'évaporation de l'humidité exigeant 7 heures environ sur 24, on devra conduire la distillation de telle façon qu'il passe 32 litres à l'heure de liquide brut. Ce liquide est d'abord brun, il passe ainsi pendant 5 heures et il est recueilli à part; au bout de ce temps, on le dirige vers les cuves « à gris direct ». On recueille ainsi 300 litres de pyroligneux pour acétate gris et 200 litres pour acétate brun, contenant sensiblement la même proportion d'acide. Ces quantités correspondent à une production journalière de 770 kilogrammes d'acétate de chaux gris (titre 80 % d'acétate pur) et 880 kilogrammes d'acétate brun (titre 69 %).

La marche de l'opération, pour être régulière, exige une grande attention de la part du chauffeur. Toutes les heures, celui-ci

évalue la vitesse d'écoulement, en comptant sur une montre à secondes le temps nécessaire pour remplir une éprouvette de volume connu. Il dose ensuite l'acidité de l'échantillon à l'aide d'une solution normale de soude, et compose ainsi un tableau de marche qui doit porter en outre le poids de charbon brûlé et les heures auxquelles on a commencé à recueillir les liquides bruns ou gris.

Les liquides distillés, reçus dans de grandes cuves se terminant au ras du sol, sont alors traités pour en séparer l'alcool méthylique. On les traite préalablement par la chaux, pour transformer en sel de cette base le pyroligneux brut, la quantité de chaux étant calculée sur le titre du liquide en acide acétique.

Comme les goudrons se déposent à la partie inférieure des cuves, on préfère opérer la saturation directement dans les alambics où l'on distille le pyroligneux. Cet alambic, chauffé par un courant de vapeur, est muni en outre d'un agitateur. Lorsque le liquide est devenu neutre au tournesol par addition de chaux on distille en fractionnant les produits : les premiers vont à la cuve des flegmes de tête, les derniers, de couleur laiteuse, à la cuve des flegmes de queue. On cesse de distiller lorsque les flegmes ne renferment plus d'alcool méthylique. Il reste alors dans l'alambic une solution concentrée de pyrolignite que l'on fait écouler dans un bac de concentration et que l'on concentre à feu nu. Il se forme à la surface des croûtes cristallines colorées que l'on enlève pour les égoutter au-dessus de la chaudière. On procède ensuite au frittage, ou séchage à haute température de l'acétate, que l'on remue constamment, en ayant soin de pulvériser les grumeaux qui ont tendance à se former. Le pyrolignite brun titre de 69 à 75 % d'acétate de chaux réel.

L'acétate gris s'obtient en distillant au préalable le pyroligneux obtenu du bois. On sature alors le liquide clair obtenu et on le redistille pour séparer l'alcool méthylique. L'opération se fait plus économiquement lorsque ses diverses phases se passent dans le même appareil. Celui-ci se compose alors de deux alambics accouplés. Dans le premier, chauffé par un double fond de vapeur, on place le pyroligneux brut. Un tube part de son sommet et se rend à la partie inférieure du second alambic, où il se termine par un serpentin perforé. Ce second alambic est muni d'un agitateur à palettes ; il est également chauffé à la vapeur et commu-

nique avec un déflegmateur ou colonne rectificatrice à plateaux. C'est dans ce second alambic que l'on place la chaux pour la saturation de l'acide. Celui-ci s'échappe du premier alambic, vient barboter dans le lait de chaux qui remplit le second et se transforme en sel que l'on traite par évaporation et frittage. Quant à l'alcool, il se rectifie au travers de la colonne à plateaux et peut être recueilli en même temps avec un titre de 70 à 80° à l'alcoomètre.

Les solutions de pyrolignite retiennent toujours des quantités variables de produits goudronneux qui viennent surnager à la surface du bain ; on les enlève à l'aide de poches ou d'écumoirs au fur et à mesure qu'ils se forment.

Le pyrolignite de chaux est la base de la fabrication de l'acide acétique. C'est donc un produit d'une importance considérable. dont Marseille et Anvers sont les marchés importants, surtout pour les importations d'Amérique. Ce sel est parfois remplacé par l'acétate de soude, la base employée à saturer le pyroligneux étant alors le carbonate de soude sec obtenu par le procédé Solvay. La saturation se fait sur le pyroligneux distillé pour gris, dans des cuves en bois. On la conduit très lentement pour éviter l'effervescence trop grande. On distille ensuite, on concentre et l'on sèche comme pour les sels de chaux. L'opération du frittage est également nécessaire ; elle a pour but de calciner à l'air les matières goudronneuses et les homologues supérieurs de l'acide acétique. Ces produits sont décomposés avec résidu et charbon qui s'incorpore dans le sel fondu. L'opération se fait dans une chaudière à fond plat, munie d'un agitateur à palettes hélicoïdales. La chaudière est très vivement chauffée, de façon à ce que le sel soit fondu aussitôt qu'il touche le fond. Des fumées abondantes se dégagent, le sel fondu s'écoule, et se solidifie sur les dalles du sol, sous forme de plaquettes. Outre sa coloration noire, il contient un peu de carbonate de soude ayant pris naissance pendant le frittage.

On purifie ensuite l'acétate par dissolution, ce qui se fait très simplement dans une cuve en bois munie d'un serpentín de vapeur. La liqueur tient en suspension le charbon qui noircissait la masse solide, mais, si le frittage est fait à point, cette impureté se dépose entièrement et la liqueur filtrée est d'un jaune peu foncé. Dans le cas d'un frittage défectueux, il faut décolorer la

masse au noir animal, ce qui est une complication coûteuse. Dans tous les cas, on passe les liquides au filtre-pressé, appareil suffisamment connu pour que nous n'ayons pas à le décrire. La solution claire est évaporée jusqu'à ce qu'elle marque 27-28° Baumé; elle est visqueuse et se laisse couler comme un sirop épais dans les bacs de cristallisation. Ces bacs sont en tôle galvanisée, d'une contenance d'un mètre cube environ; la cristallisation s'y fait lentement et donne de volumineux cristaux que l'on essore à la turbine. On obtient l'acétate absolument incolore par des dissolutions et cristallisations successives.

L'acétate de soude a pour but de fournir de l'acide acétique pur, alors que les pyrolignites de chaux donnent l'acide dit « des arts ». Dans le procédé Forster, on cherche à obtenir le premier résultat avec les pyrolignites de chaux brutes. Pour cela, on fait passer dans la solution concentrée de ce sel un courant de gaz chlorhydrique jusqu'à ce que le sel et l'acide soient en proportions égales dans la liqueur, puis on mélange avec de l'alcool ordinaire et on distille. Les acides de la série grasse formés avec l'acide acétique sont éthérifiés en même temps que celui-ci, mais ils sont faciles à séparer à l'état d'éthers, et l'éther acétique en particulier, passe entre 74 et 77° à la distillation. Cet éther, saponifié par un alcali, donne d'une part l'alcool qui a servi à sa formation, d'autre part, un acétate très pur.

L'alcool n'étant qu'un intermédiaire pour l'éthérification peut être remplacé par l'alcool méthylique ou l'alcool amylique. De même, un autre acide peut remplacer l'acide chlorhydrique.

Un traitement rationnel des pyroligneux bruts, quel que soit leur emploi ultérieur, consiste à les débarrasser de leurs impuretés goudroneuses par du tannin ou mieux du bois moulu et défibré d'une essence tannifère. Le tannin précipite les impuretés, que l'on peut séparer par décantation.

L'acide acétique est un des dérivés les plus importants de la distillation du bois, par suite du grand nombre de ses applications industrielles. On le trouve dans le commerce à des degrés très divers de pureté. Chimiquement pur, l'acide acétique est solide au-dessous de 17° et bout à 120°; il a pour densité à l'état liquide 1,063 (à 18°), sa vapeur s'enflamme et brûle avec une flamme bleue. C'est un acide énergique doué d'une odeur vive bien connue, très caustique, très avide d'eau, soluble en toutes

proportions dans l'eau, l'alcool et l'éther et dissolvant lui-même le camphre, les résines, liquéfiant la gélatine et les albuminoïdes. Dilué, l'acide acétique forme avec l'eau des mélanges en toutes proportions mais dont plusieurs sont de véritables combinaisons définies. Indépendamment des ses emplois à l'état pur, le titre commercial de ses solutions dépasse rarement 60 % d'acide pur.

Lorsque l'acide acétique est destiné à la fabrication de certains acétates métalliques, de l'aniline, on peut l'utiliser même s'il retient quelques matières goudroneuses, et on peut alors les préparer à l'aide du pyrolignite de chaux impur, en décomposant celui-ci par l'acide chlorhydrique. La réaction se fait dans un cuvier en bois, on obtient une solution de chlorure de calcium dans l'acide acétique, que surnagent les impuretés goudroneuses. On enlève celles-ci et l'on distille le liquide dans un alambic en cuivre, muni d'un serpentín en plomb. L'acide obtenu retient de l'acide chlorhydrique et des matières goudroneuses. On le rectifie en le distillant une seconde fois sur de la chaux, ajoutée en quantité suffisante, d'après un dosage préalable. On fractionne du reste les produits, en mettant à part ceux du début et de la fin, qui retournent à une distillation ultérieure.

Lorsque l'on cherche à obtenir l'acide acétique pour les usages alimentaires, ou acide « bon goût », on a le plus souvent recours à l'acétate de soude purifié, sel que l'on traite par un acide, l'acide sulfurique ordinairement.

Dans le procédé Vincent, on emploie un équivalent de sel et deux d'acide. L'avantage de ce mode d'opérer est que l'on forme ainsi un bisulfite de soude, sel acide restant liquide dans l'alambic pendant toute la durée de la distillation. Avec le sulfate neutre, qui est solide, une partie de l'acide acétique est retenu, et de plus, on risque de brûler l'appareil à la fin de l'opération, lorsque la plus grande partie de l'acide acétique a distillé.

On distille donc à la vapeur, et aussitôt que le titre du liquide est trop faible, on arrête l'opération. A ce moment, le bisulfate de soude laisse distiller une partie de son eau de cristallisation, dans laquelle il est dissous, et affaiblit le titre de l'acide distillé. On concentre donc ce sel dans l'alambic jusqu'à ce qu'il se prenne en masse à froid.

L'acide acétique obtenu est à divers degrés de richesse ; les premiers produits, très aqueux, sont destinés aux usages industriels, pour la fabrication des acétates métalliques. Les produits moyens sont rectifiés pour les usages alimentaires. On le distille pour cela sur de la chaux, du minium, du bichromate de potasse de l'acétate de soude, et on se débarrasse ainsi de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfureux, et des traces d'acétate de cuivre enlevées à l'alambic. Pour la rectification, le serpentín de l'appareil, ainsi que le col de cygne, sont le plus souvent en argent. On ne destine aux usages alimentaires que les premières portions distillées. Les produits les plus riches, marquant jusqu'à 16° Baumé sont destinés à la fabrication de l'acide cristallisable. Il en est de même des liquides à titre élevé (8 à 11° Baumé) fournis par la distillation propre. L'acide acétique obtenu par ce procédé n'est pas absolument « bon goût » et l'on masque souvent la saveur propre qu'il possède par une légère addition d'alcool. A ce point de vue, le procédé Mollerat donne de meilleurs résultats. On commence par préparer l'acétate de soude en très petits cristaux, en troublant la cristallisation de ce sel par agitation. Les cristaux retiennent beaucoup moins d'eau-mère et sont plus purs.

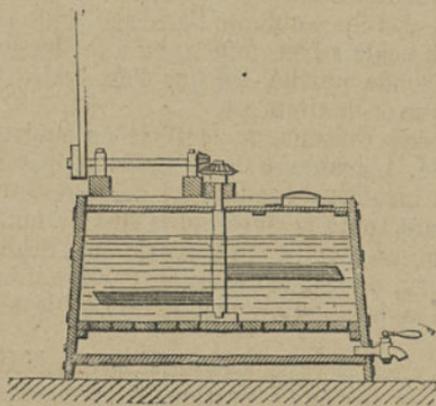


Fig. 44.
Cuve à acide acétique.

On les lave dans une solution concentrée du même sel pur, et

on les sèche par essorage à la turbine. Ce sont ces cristaux « en neige » que l'on traite par un équivalent seulement d'acide sulfurique à 66° Baumé. L'opération se fait dans une cuve munie d'un double-fond perforé et d'un agitateur; l'acide acétique séparé est soutiré au dessous du double-fond, tandis que le sulfate neutre de soude, peu soluble à froid, se rassemble sur ce fond perforé. On soutire après douze heures l'acide formé, et on réunit à ce liquide l'eau de lavage en cristaux de sulfate. Comme ce sel est entraîné en assez fortes proportions, on le fait cristalliser en refroidissant l'acide par un courant d'eau. On décante au bout de 8 à 10 jours, et les dernières traces de sulfate sont enlevées par addition d'un feu d'acétate de chaux, dont la proportion est réglée par dosage préalable du produit. Le sulfate de soude passe à l'état d'acétate, lequel reste dissous dans l'acide, et il se dépose du sulfate de chaux insoluble. L'acide acétique ainsi obtenu, que l'on livre au commerce après addition d'eau, sert à la fabrication ou à l'amélioration des vinaigres. On voit qu'il retient une faible proportion de sulfate de soude. Il marque d'ordinaire 7° Baumé.

Dans le procédé Bang et Ruffin, on part de l'acide acétique impur et l'on cherche à lui enlever son goût et son odeur désagréable. Dans le volume de cet collection consacré à l'alcool, nous avons décrit le procédé de ces chimistes pour la désodorisation des alcools impurs: le principe de l'opération est le même avec l'acide acétique. Il consiste à laver cet acide avec des carbures d'hydrogène purifiés. Ces carbures sont des huiles légères de pétroles ou de benzines, que des traitements successifs à l'acide sulfurique concentré, suivis de rectifications, ont rendu inodores. On mélange l'acide acétique impur de 1 à 2 % de ces hydrocarbures, dans un réservoir clos, et on agite très violemment pour obtenir un mélange intime. Il s'effectue ainsi un véritable lavage, et le carbone qui se rassemble à la surface par le repos, s'est chargé de la majeure partie des impuretés goudronneuses. On recommence ces lavages jusqu'à ce que l'évaporation de quelques gouttes d'hydrocarbure ne laisse percevoir aucune odeur. Pour faciliter l'opération, on emploie souvent un appareil continu, formé de plusieurs récipients verticaux, cylindriques, remplis d'hydrocarbures purs. Ces récipients sont divisés en compartiments par des cloisons intérieures perforées, et le bas de chacun

communiqué avec la partie supérieure du suivant. L'acide à purifier arrive dans le compartiment supérieur du premier cylindre,

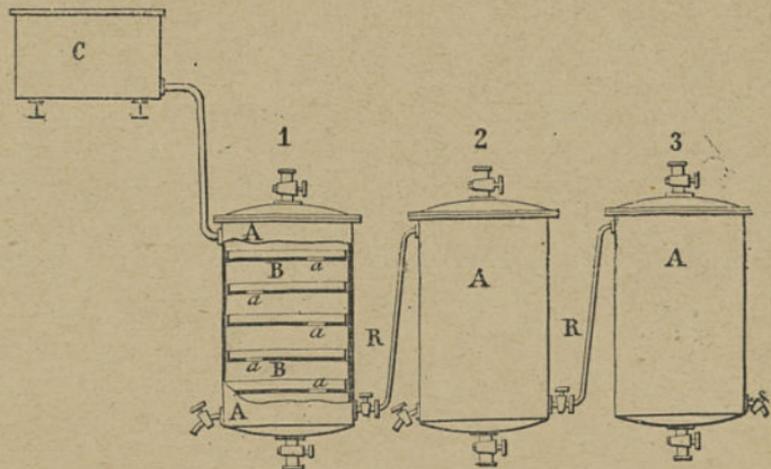


Fig. 12.
Appareil Bang et Ruffin.

descend à travers les plateaux, remonte dans le second, et ainsi de suite. Les hydrocarbures sont purifiés de nouveau après l'opération et rentrent dans la fabrication indéfiniment, sauf les pertes par évaporation.

L'acide acétique cristallisable est de plus en plus employé dans l'industrie chimique pour la teinture, la fabrication des couleurs d'aniline et de plusieurs produits pharmaceutiques. Dans l'ancien procédé Melsens, on rectifie l'acide acétique à haut degré (8 à 11° B.) sur de l'acétate de potasse fondu et concassé. L'opération se fait dans un alambic en cuivre, il se forme un acétate acide de potasse, mélangé d'acide libre. Par la distillation, ce sel abandonne son eau, puis laisse passer un équivalent d'acide acétique en se transformant en sel neutre.

On rectifie de nouveau sur l'acétate de potasse le produit obtenu, on le congèle pour éliminer la plus grande partie de son eau, et on le soumet enfin à une distillation fractionnée en recueillant seulement les portions du liquide qui dissolvent l'essence de citron.

Dans le procédé Saudmann, on traite en une seule opération les acétates de chaux ou de soude par l'acide sulfurique. La réaction se fait dans une première chaudière d'alambic, munie d'un agitateur. Les vapeurs acides qui distillent de cette chaudière, pourvue d'un double-fond à vapeur, arrivent dans une seconde chaudière que surmonte un dôme réfrigérant. Ce dôme contient un serpentín où circule de l'eau froide, et pour multiplier les contacts, des débris de porcelaine et de verre remplissent le dôme

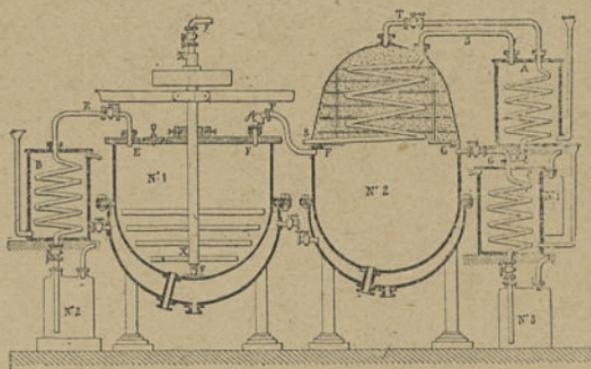


Fig. 43.
Appareil Saudmann.

autour du serpentín. Les vapeurs acides commencent donc à se condenser dans cette seconde chaudière, vers 118 degrés alors qu'à cette température la vapeur d'eau peut s'échapper. Cette vapeur va se condenser plus loin et donne une solution plus ou moins acide que l'on recueille. Pour enlever à la première chaudière les traces d'acide qu'elle peut retenir, on y fait passer un courant de vapeur par l'axe de l'agitateur, et l'on fait condenser cette vapeur dans un réfrigérant indépendant. Ces solutions faibles sont réunies aux précédentes. Pendant ce temps, dans la chaudière à dôme, chauffée à la vapeur, l'acide condensé ne cesse de se rectifier, passant à l'état de vapeur sur le fond, à l'état de liquide au sommet, et comme sa portion aqueuse est sans cesse enlevée à l'état de vapeur, il finit par se déshydrater complètement. Pour recueillir cet acide « absolu », on isole la chaudière

de toute communication, et on la chauffe. L'acide distille et vient se condenser dans un réfrigérant spécial. On peut le rectifier au cours de ce transvasement en le distillant sur du permanganate de potasse.

Ce procédé compte aujourd'hui de nombreuses variantes, qui l'ont perfectionné beaucoup. En Allemagne notamment, on obtient de grandes quantités d'acide cristallisable par le traitement du pyrolignite de chaux que l'on attaque par l'acide sulfurique. L'acide brut est fractionné dans des appareils à colonnes de plateaux, dont on compte de très nombreux dispositifs. Celui de Rohrmann est un des plus employés. L'acide est obtenu à un titre très élevé. On le rectifie, comme dans le procédé Saudmann, par le passage sur des réactifs oxydants et déshydratants. On l'amène à l'état absolu par congélations successives, suivies d'essorages et de distillations.

Il est certains acétates impurs, ou pyrolignites sur lesquels nous devons donner quelques détails. Le sel de plomb, employé dans la teinture de la laine, et aussi pour fabrication du jaune de chrome, se prépare en saturant de litharge l'acide pyroligneux purifié, ou acide « gris ». La solution est évaporée jusqu'à 84° Baumé, opération au cours de laquelle on enlève les impuretés goudroneuses. Par cristallisation en masse, on obtient un produit couleur jaune formé d'acétates neutres et d'acétates basiques de plomb qui doit être conservé au sec en raison de son hygroscopicité.

Nous avons déjà signalé l'emploi du pyrolignite de fer pour la conservation des bois par injection. Ce produit, également usité dans la teinture en noir, en grandes quantités, est un liquide marquant d'ordinaire 14° Baumé, qui contient un mélange d'acétate de protoxyde et de sesquioxyde de fer. On le prépare en traitant la tournure de fer par le pyroligneux brun bouillant. Le goudron surnage la solution, et, lorsqu'on soutire celle-ci, il vient se déposer à la surface des copeaux de fer. On chauffe ceux-ci au rouge pour brûler le goudron et permettre leur utilisation complète.

Les sels de cuivre s'obtiennent de diverses façons. En Languedoc, on a longtemps obtenu l'acétate de cuivre impur ou verdet en traitant des lames de cuivre par le marc de vendange en fermentation acétique. On purifiait ensuite ce produit en l'attaquant

par l'acide acétique. L'acétate de cuivre cristallise dans la liqueur décantée.

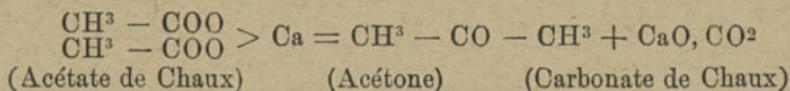
Aujourd'hui, on obtient plus facilement ce sel en traitant par l'acétate de soude une solution de sulfate de cuivre. L'acétate de cuivre, beaucoup moins soluble que le sulfate de soude, se dépose dans la solution de ce dernier. Employé en teinture, l'acétate de cuivre sert aussi à préparer les arseniates ou arsenites du même métal usités comme couleurs vertes.

La teinture emploie beaucoup comme mordant l'acétate d'alumine, obtenu par double décomposition entre l'acétate de plomb et l'acétate d'alumine, et dont la solution est extrêmement astringente. A côté du pyrolignite de fer impur, la teinture utilise aussi un acétate de protoxyde de fer dans l'impression sur étoffes. La fabrication de l'encre en emploie beaucoup aussi. Ce sel est obtenu par action directe de l'acide acétique sur la tournure de fer, mais on a soin de le préserver de l'oxydation en l'enfermant dans des vases bien bouchés.

Aujourd'hui, la plupart des usines de distillation de bois poussent plus loin l'utilisation du pyroligneux et fabriquent de grandes quantités d'acétone. Ce liquide a pris en effet dans l'industrie un très grand débouché; il sert presque exclusivement à l'obtention du chloroforme; de l'iodoforme; on l'utilise encore pour dénaturer les alcools à brûler; c'est aussi un dissolvant remarquable de l'acétylène, et l'on a utilisé récemment cette dernière propriété pour le transport de ce gaz éclairant. Il y a d'ailleurs, pour une usine bien installée, tout avantage à fabriquer des produits fins qui exigent un surcroît très faible de force motrice ou d'installation et laissent un écart bien plus grand entre le prix de vente et le prix de revient.

L'acétone est le type d'un groupe nombreux et important de corps, qui sont, au point de vue chimique, les aldéhydes des alcools secondaires et constituent le premier produit d'oxydation de ceux-ci. Les acétones ou cétones prennent naissance par un grand nombre de réactions, que nous ne pouvons énumérer ici; celle qui est utilisée dans la préparation industrielle de l'acétone ordinaire est la décomposition par chaleur d'un acétate alcalin. Quand on fabrique l'acétone dans une usine de distillation du bois, on s'adresse à l'acétate de chaux, bien que le sel de baryte donne

un meilleur rendement. La formule de la décomposition est la suivante :



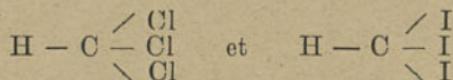
Théoriquement, 100 litres d'acétone exigent, pour se produire, 166 kilos d'acide acétique pur, correspondant à 250 kilogrammes environ d'acétate à 69 % d'acide. En réalité, il faut 350 kilogrammes de sel pour obtenir 100 litres d'acétone. En tenant compte de tous les frais, fabrication, amortissement, etc., l'acétone vendu 1^f,50 le litre, laisse à peu près 50 % de bénéfice net. C'est donc une fabrication des plus rémunératrices.

La décomposition de l'acétate de chaux se fait dans des appareils très variés de forme, mais qui consistent tous essentiellement en une capacité en fonte, pouvant être fortement chauffée, et de laquelle part un tube abducteur se continuant par un serpentín. Dans l'appareil Barillot, l'acétate est chauffé dans une chaudière à fond hémisphérique, pourvue d'un large tube de vidange venant déboucher au dehors, et munie d'un agitateur à dents verticales et dressées, faisant environ 4 tours par minute. On chauffe cette cornue au feu de bois. Il passe à la distillation un liquide noirâtre que l'on recueille en entier et que l'on étend d'eau (1/3 de son volume). On distille le mélange dans un alambic simple chauffé à la vapeur, et on met à part les produits de queue. Les produits de tête servent à obtenir l'acétone pure. Pour cela, on les étend d'eau comme le produit primitif, et on les rectifie dans un appareil à colonne de plateaux. L'acétone pur passe de 50 à 58°, mais on peut recueillir en dessus ou en dessous de cette température, en ayant soin de mettre à part ces portions. Les deux ou trois premiers litres, contenant de l'aldéhyde formique, doivent être séparés avec soin. Pour rectifier davantage encore l'acétone, on le distille sur du permanganate de potasse, de façon à l'amener au titre de 98 à 99°. C'est, à l'état de pureté, un liquide étheré, très mobile, inflammable, qui bout à 56° et qui a pour densité 0,814. L'eau, l'alcool et l'éther le dissolvent en toutes proportions, il donne avec le bisulfite de soude une combinaison cristallisée, d'où les alcalis le séparent à l'état de

pureté. C'est là une propriété très générale des corps aldéhydiques.

L'action du chlorure de chaux sur l'acétone donne le chloroforme. Cette réaction est aujourd'hui très généralement usitée pour la préparation du chloroforme. On fait réagir les deux corps l'un sur l'autre dans une cuve à agitateurs en tous points semblable à celle qui sert dans la préparation de l'acétone; mais cette cuve est placée dans un bain d'eau au lieu d'être chauffée directement. Dans l'appareil Barillot, on accouple de façon très ingénieuse deux réfrigérants à la suite de la chaudière, le premier est ascendant, il sert à faire rétrograder dans la cornue les vapeurs acétoniques non transformées en chloroforme. Lorsque cette transformation est complète, on supprime simplement l'action de ce premier réfrigérant en faisant écouler l'eau qui l'entoure. Le second serpentín, qui est descendant, agit alors seul et laisse distiller le chloroforme brut, celui-ci subit alors de nombreuses rectifications : il est séché sur du chlorure de calcium, traité par l'acide sulfurique pur et concentré, lavé à l'eau, lavé ensuite avec une solution alcaline, enfin séché de nouveau sur le chlorure de calcium et rectifié.

Une autre réaction très générale des acétones est celle-ci : additionnées de soude caustique et d'une solution d'iode, elles laissent déposer d'abondants cristaux jaunes, hexagonaux, d'iodoforme. Ce corps dont on connaît l'emploi très général comme antiseptique, peut être considéré comme du chloroforme dans lequel le chlore serait remplacé par de l'iode. L'un et l'autre sont des dérivés trichlorés et triiodés du formène, de formules :



La réaction s'effectue en mélangeant à l'acétone, en solution étendue, la soude caustique également très diluée. On ajoute ensuite l'iode dissous dans l'iodure de sodium. L'iodoforme se précipite sous forme d'une poudre cristalline d'un jaune vif. Il est recueilli et lavé dans le filtre-presse et mis à recristalliser dans l'alcool.

Dans toutes ces opérations, basés sur le traitement du pyroli-

gneux brut, on doit opérer le transvasement, le transport ou l'élévation de nombreux liquides acides. Les dispositions mécaniques de l'usine doivent rendre ces manipulations aussi aisées que possible. Lorsque l'on se sert de pompes pour mouvoir les liquides à traiter, il est avantageux d'employer les modèles « à membrane », dans lesquels l'aspiration et le refoulement sont opérés grâce à l'élasticité d'un disque de caoutchouc serré par son pourtour et actionné au centre par une bielle, mais il est toujours préférable de faire cette manutention à l'air comprimé. Il suffit d'installer un compresseur d'air, dont il existe dans l'industrie de très nombreux modèles. L'appareil marche au moteur par intermittences, et comprime l'air dans un réservoir jusqu'à une pression de 5 à 8 atmosphères. La simple manœuvre d'un robinet permet alors de faire agir cette pression sur tout liquide à mouvoir. Il est facile de mettre en relation avec le réservoir tous les bacs à liquides quelconques, par une canalisation générale sur laquelle sont branchées des prises d'air. Les monte-jus à air comprimé sont surtout commodes dans la manutention sans danger des liquides alcooliques, dont nous allons maintenant nous occuper.

Lorsque l'on a traité le pyroligneux par la chaleur et distillé, les liquides recueillis à l'alambic contiennent tout l'alcool méthylique. Ce sont des « flegmes » que l'on a soin de séparer en produits de tête et produits de queue. Ces derniers marquent de 1 à 8° à l'alcoomètre. Pour les soumettre utilement à la rectification il faut préalablement les enrichir par une distillation simple, de façon à ce qu'ils marquent 25-30°. L'opération s'effectue dans un alambic chauffé à la vapeur en recueillant la moitié du liquide mis à distiller, pour être sûr de ne laisser perdre aucune partie d'alcool.

Les flegmes marquant 25-30° sont alors rectifiés dans une colonne à plateaux, pour donner l'alcool méthylique pur, marquant de 90 à 99°. On distingue dans cet alcool deux variétés : le type « Régie » employé pour dénaturer les alcools à taxe réduite, doit marquer 90° à l'alcoomètre pour une température de 15° sans correction, contenir de 24 à 25 % d'acétone et 2,5 % au moins d'impuretés. Le second type, ou méthylène pur, marquant jusqu'à 99°,5, ne contient pas d'acétone, ne se colore pas par l'acide sulfurique et ne décolore pas le permanganate. C'est cet alcool

qu'utilise l'industrie des matières colorantes, pour la préparation de la méthylaniline.

On obtient le type régie en ajoutant au méthylène à 90° la proportion d'acétone nécessaire pour parfaire celle exigée, soit d'ordinaire 16 à 17 %. Le méthylène pur est constitué par les produits les plus riches de la colonne, ayant subi une seconde rectification.

La colonne à distiller que l'on emploie se compose d'un réservoir inférieur, chauffé par un serpentín de vapeur, et surmonté de la colonne proprement dite, où le liquide circule de haut en bas et les vapeurs de bas en haut, celles-ci barbotant à chaque plateau dans le liquide et l'enrichissant. Les vapeurs, avant d'arriver au réfrigérant, traversent un analyseur, composé d'un nombre variable, trois par exemple, de petits condenseurs placés dans une bache d'eau froide. Ces appareils sont disposés en cascade, les vapeurs non condensées dans l'un barbotant dans le liquide du vase inférieur. Du dernier vase part le tube qui se rend au réfrigérant. En plus, de chaque petit condenseur part un tube qui vient déboucher sur un plateau de la colonne. En réglant la température du bac où sont immergés les analyseurs, on peut donc faire condenser à son gré des portions de vapeurs variables comme composition. Ces liquides condensés repassent, « rétrogradent » dans la colonne, tandis que seules les vapeurs plus riches peuvent arriver jusqu'au réfrigérant. Un semblable appareil permet la séparation très complète de l'alcool méthylique pur, bouillant à 66° environ et de l'acétone bouillant à 56°.

La rectification a toujours lieu sur un excès de chaux. Les matières goudroneuses sont fixées par l'alcali et peuvent être retirées par vidange de l'appareil. Il est vrai que les bases volatiles, amines, pyridines, ammoniacque, sont mises en liberté et se dégagent avec le méthylène. Pour purifier celui-ci, on le rectifie de nouveau en présence d'un très léger excès d'acide sulfurique.

Dans les usines, il faut toujours grouper ensemble les produits de même composition provenant des distillations journalières, de façon à constituer un stock de chaque qualité courante exigée par le commerce.

L'alcool méthylique, CH^3OH est un liquide incolore, à odeur agréable lorsqu'il est pur, et ressemblant beaucoup à l'alcool or-

dinaire. Mais sa densité est de 0,814 au lieu de 0,794, son point d'ébullition de 66° au lieu de 78°,5 et sa puissance calorifique moindre. Il se mêle à l'eau en toutes proportions lorsqu'il est pur, c'est un excellent dissolvant des huiles fines et surtout des résines, ce qui le fait employer pour la fabrication des vernis. Pour la préparation de la méthylaniline, on le transforme d'abord en azotate de méthyle en le traitant par l'azotate de potasse et l'acide sulfurique. C'est un liquide incolore, qui transforme l'aniline en azotate de méthylaniline. Ce sel, traité par un alcali, donne enfin la méthylaniline, qui sert de base aux couleurs de méthylrosaniline.

Les méthylènes servant à la dénaturation des alcools détaxés sont l'objet d'exigences spéciales de la part du fisc et doivent satisfaire à des essais officiels que nous ferons brièvement connaître ici.

Les méthylènes contenant des homologues élevés passant dans les queues de distillation, alcool butylique, propylique, amylique, décolorent le permanganate de potasse dont la teinte vire au jaune. Pour doser les « huiles de fusel » on procède comme il suit :

Alcool, 5 centimètres cubes.

Eau salée : 30 à 35 centimètres cubes (colorée par du violet d'aniline).

On mélange. Deux cas sont à distinguer :

1° *Il ne surnage aucune couche huileuse sur l'eau salée.*

Prendre alors 100 centimètres cubes d'alcool ; ajouter 70 centimètres cubes de sulfure de carbone, 450 centimètres cubes d'eau salée saturée et 50 centimètres cubes d'eau pure pour redissoudre le sel qui se précipite, agiter, décantier le sulfure de carbone. Faire deux autres épaissements semblables. Agiter le sulfure total avec 2 ou 3 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré, décantier l'acide, faire trois traitements semblables. L'acide total est recueilli dans une fiole, neutralisé par l'acétate de soude et chauffé au bain-marie pendant un quart d'heure. Après refroidissement, on ajoute 100 centimètres cubes d'eau salée ; laisser reposer dans un entonnoir à décantation gradué. Les huiles de fusel se déposent dans la douille graduée, où leur volume peut être estimé. Le nombre lu, multiplié par 0,8, donne la quantité d'alcools butylique et amylique. Pour l'alcool propylique, dis-

tiller l'eau salée contenant l'alcool au début de l'essai précédent. Faire couler goutte à goutte le liquide de distillation (marquant 50 à 55°) sur 1 centimètre cube de permanganate à 1/1000, jusqu'à obtention de la teinte rouge cuivre type (fuchsine à 0,01/1000, 20 centimètres cubes; chromate neutre de potasse à 0,5/1000, 30 centimètres cubes; eau distillée, QS pour 150 centimètres cubes). Le nombre de centimètres cubes employés permettra d'estimer la proportion d'alcool propylique, sachant qu'il faut 2³,5 d'alcool à 50° pour produire cette teinte-type.

2° *Il surnage une couche huileuse sur l'eau salée.* Prendre 100 centimètres cubes d'alcool, mélanger avec 500 centimètres cubes d'eau salée et 50 centimètres cubes d'eau, séparer, après agitation, la couche d'huiles de fusel insolubles et l'estimer en centimètres cubes. La solution alcoolique dans l'eau salée sera ensuite traitée comme dans le cas précédent. Le titre total sera la somme des résultats trouvés.

Pour le dosage de l'acétone dans les méthylènes, on suit le procédé suivant : On mélange 20 centimètres cubes de méthylène à essayer avec de l'eau, de façon à obtenir le volume de 1 litre. On prélève 20 centimètres cubes de cette solution, on y ajoute 30 centimètres cubes d'une solution de soude contenant environ par litre 80 grammes de cet alcali, et 50 centimètres cubes environ d'une solution normale d'iode. Cette solution a la composition suivante :

Iode	127 gr. (1 équivalent)
Iodure de Potassium	250 gr.
Eau distillée	Q. S. pour 5 litres (à 15°)

Après avoir laissé la réaction se faire sur l'essai de méthylène en agitant, on ajoute au mélange environ 30 centimètres cubes de liqueur sulfurique à 1/10. On essaie alors le mélange acidulé par l'hyposulfite de soude, jusqu'à ce qu'il soit décoloré. La solution d'hyposulfite dont on se sert contient par litre 12^g,405 de ce sel pur et séché à l'air, et 3 centimètres cubes de soude. Cette solution ne contient qu'un quart d'équivalent d'hyposulfite, il faut donc en employer quatre parties pour neutraliser une partie de solution d'iode.

En ajoutant la solution d'iode au méthylène à essayer, en pré-

sence d'un alcali, on a fait de l'iodoforme aux dépens de l'acétone; on a noté combien d'iode en a employé. L'hyposulfite se combine au reste de l'iode, non transformé en iodoforme. Si l'on appelle N le volume de liqueur d'iode employé, et n le volume de la liqueur d'hyposulfite, (celle-ci correspondant à un volume $\frac{n}{4}$ de liqueur d'iode) la différence $N - \frac{n}{4}$ donnera le volume de l'iode transformé en iodoforme. Cette quantité donne la proportion d'acétone contenue dans l'essai, en la multipliant par le coefficient fixe 0,6073.

On peut aussi avoir à doser l'acétone dans les alcools à brûler, dénaturés à l'aide du méthylène type Régie. Pour cela, on prend 50 centimètres cubes de l'alcool à essayer, et on l'étend d'eau distillée jusqu'à 500 centimètres cubes. On prélève 20 centimètres cubes de cette solution, on y ajoute 25 centimètres cubes de solution de soude, 45 centimètres cubes environ de solution d'iode, et on laisse réagir 15 minutes au moins, 20 minutes au plus. On rend acide par 25 centimètres cubes d'acide sulfurique à 1/10, et on termine par l'essai à l'hyposulfite, comme il a été dit plus haut, avec cette différence que le coefficient par lequel on multiplie $N - \frac{n}{4}$ est égal à 0,12146.

Les divers essais que l'on peut avoir à effectuer, dans ces produits de la distillation du bois, sont ceux des méthylènes au point de vue des impuretés méthyliques qu'ils contiennent, ou encore des éthers. On peut aussi se proposer de titrer les acétates en acide acétique.

Les impuretés des méthylènes s'estiment à l'aide de la méthode de Rose, également usitée pour l'alcool ordinaire, et légèrement modifiée. Le tube de Rose, qui constitue l'élément de cette méthode, est fermé à une de ses extrémités, qui constitue une ampoule cylindrique jaugée à 50 centimètres cubes, l'autre extrémité est un entonnoir cylindrique bouché et ces deux parties sont réunies par un tube étroit. Ce tube porte le trait de jauge de 50 centimètres cubes, et il est divisé, de 50 à 55, en dixièmes de centimètre cube. On introduit dans ce tube 50 centimètres cubes de chloroforme pur; on prépare d'autre part un mélange de 25 centimètres cubes de méthylène, 38 centimètres cubes de

bisulfite de soude ($D = 1,35$) et 60 centimètres cubes d'eau. On mélange au chloroforme dans le tube en agitant fortement; on laisse alors l'appareil au repos, et on lit l'augmentation de volume du chloroforme. Puisqu'on a opéré sur 25 centimètres cubes, on obtiendra la teneur % d'impuretés en multipliant par 4 l'augmentation du volume observée. Les impuretés se sont dissoutes dans le chloroforme, alors que l'acétone s'est combiné au bisulfite avec un méthylène pur à 25 % d'acétone. Dans les conditions de l'essai, on ne doit pas observer d'augmentation de volume du chloroforme; s'il en est autrement, on corrige le bisulfite par addition convenable de soude caustique, jusqu'à ce qu'il laisse persister la teinte rose du chloroforme coloré par l'iode.

Pour doser les éthers dans les méthylènes, on les saponifie par la soude caustique. On opère sur 20 centimètres cubes du produit et 50 centimètres cubes de solution de soude à 1/20. On chauffe à 100° pendant une demi-heure dans un ballon à réfrigérant ascendant. Une partie de la soude est saturée par les acides des éthers, mis en liberté; on titre l'excès d'alcali avec la phénolphthaleine comme indication, à l'aide de l'acide sulfurique à 1/20. On a ainsi la quantité de soude employée à la saponification des éthers; on multiplie par le coefficient 0,3894 pour estimer ceux-ci en acétate de méthyle. Comme on opère sur 20 centimètres cubes, il faut ensuite multiplier par 5 pour avoir la proportion pour cent.

L'acide acétique se dose dans les acétates en distillant à la vapeur un poids connu de sel en présence d'un excès d'acide phosphorique. On titre par les procédés acidimétriques ordinaires la proportion d'acide contenu dans le produit distillé.

CHAPITRE V

Produits secondaires.

Le goudron provenant de la distillation du bois comprend à la fois les couches plus légères que l'eau que l'on siphonne, et celles plus lourdes que l'on obtient après décantation du pyroli-gneux. Nous avons énuméré les divers corps qui entrent dans sa composition, il faut ajouter seulement que le gaïacol et ses homologues, dont le mélange constitue la créosote, forme la plus grande partie des huiles lourdes du goudron. L'aspect et les propriétés du goudron ne sont pas absolument les mêmes suivant son mode d'obtention ; il est foncé, très fluide, d'odeur plus âcre lorsqu'il est obtenu par le procédé des meules, il renferme moins de paraffine, plus de naphthaline et donne un « brai » plus cassant. Il est presque inutile d'ajouter que la nature du bois influe beaucoup sur les qualités du goudron ; celui des conifères est très riche en hydrocarbures, celui d'écorce de bouleau contient un phénol odorant qui le fait employer au tannage du cuir de Russie, etc.

Indépendamment de ses emplois en nature, comme substance antiseptique, le goudron de bois est surtout traité par voie chimique, pour l'extraction d'importants composés, parmi lesquels la créosote. Ce traitement se fait par distillation, et le résidu non volatil, restant dans la cornue, constitue le « brai ». Après refroidissement, ce corps est solidifié en une masse à cassure conchoïdale plus ou moins brillante, suivant le degré auquel on a poussé la distillation, d'où la distinction du « brai gras » et du « brai sec ». La fabrication des agglomérés de charbon, des asphaltes artificiels et de divers enduits, le calfatage en consomment beaucoup ; on peut aussi le brûler dans l'usine, comme combustible.

La distillation se fait dans un grand cylindre horizontal, contenant une tonne de goudron, relié à un réfrigérant et muni d'un thermomètre. On recueille tous les produits passant jusqu'à 230°, soit 350 litres environ que l'on a en soin de fractionner en 5 à 6 touries. L'alcool méthylique et l'acide acétique, qui sont retenus par le goudron en quantité notable, passent surtout dans les premières touries, alors que les dernières contiennent surtout de la créosote brute.

Une fois la distillation terminée, on laisse le brai s'écouler pendant qu'il est très fluide dans un réservoir souterrain où il se solidifie.

Les touries contenant l'alcool et l'acide, après décantation des huiles qui surnagent, sont mélangées au pyroligneux brut, ce sont d'ordinaire les deux premières seulement. La troisième qui contient seulement de l'acide, est traitée par la chaux avec le pyroligneux brun. Enfin les dernières touries, sont redistillées à l'alambic simple pour en séparer l'acide qu'elles retiennent. Le reste du liquide constitue la créosote à rectifier.

Cette rectification se fait dans un appareil à colonne de plateaux, en recueillant ce qui passe de 195 à 220°, soit les 2/3 environ du liquide. La créosote qui distille contient avec les phénols et les diphénols, des huiles neutres et des produits oxydables. On la mélange avec son volume d'une solution de soude à 36°, et, après agitation, on ajoute de l'eau jusqu'à ce que la densité de la partie aqueuse soit 1.015. A ce moment, les huiles neutres surnagent. On les recueille par décantation, et on y ajoute la petite proportion des mêmes substances que renferme encore la créosote et qu'on lui enlève par ébullition. Ces huiles sont d'ordinaire brûlées sur les foyers de l'usine, en même temps que la sciure de bois employée pour le chauffage.

Quant à la créosote, formant la couche inférieure, elle est soustraite dans un bac muni d'un serpentín de vapeur, et soumise à l'ébullition pour se débarrasser de ses huiles neutres. Ce résultat est atteint lorsque le produit ne blanchit plus l'eau distillée ; il possède alors, d'ordinaire, une densité égale à 1.200.

On ajoute alors peu à peu à ce liquide de l'acide chlorhydrique qui met les phénols en liberté. Ces corps viennent former à la surface une couche brune, que l'on désigne sous le nom de « créosote brute noire ». On lave ce dernier produit à plusieurs

reprises, on le recueille, et on le distille à l'alambic simple en recueillant seulement ce qui passe de 195 à 220°. C'est la créosote « moyenne ».

Un fractionnement dans une colonne distillatoire sépare cette créosote en trois portions : des produits de tête, passant de 195 à 205°, des produits de milieu (205 à 215°) et des queues (215-225°). On rectifie séparément chacune de ces portions, qui donnent à leur tour des têtes, des queues et des milieux, et on réunit ensemble tous les produits semblables. Les produits obtenus sont les suivants :

Têtes pour gaïacol ou gaïcol	à 20 %	de 195 à 205°
Créosote brute officinale	à 80 %	de 205 à 215°
Créosote queue		de 215 à 225°

Dans le gaïacol brut, à 20 % se trouvent les produits suivants : huiles neutres, 1/10, gaïacol 2/10, crésylols 4/10. On le dissout dans son volume de solution de soude à 36° Baumé et l'on fait barboter dans le liquide, à l'aide d'un serpentín, de la vapeur à faible pression. On recueille cette vapeur dans un réfrigérant, et l'on a ainsi séparé toutes les huiles neutres, entraînées par le courant de vapeur.

Le liquide ainsi purifié est additionné d'acide sulfurique étendu de son poids d'eau. Les phénols se séparent, on les décante, et on les distille après lavage à l'eau froide. Le produit brut donne un rendement de 75 à 80 %. Il contient le phénol ordinaire et ses homologues, indépendamment du gaïacol. On peut les séparer en les faisant cristalliser dans une glacière ; le gaïacol seul cristallise, on recueille ses cristaux et on les essore.

À côté du gaïacol, on fabrique aussi la créosote, dont les emplois pharmaceutiques sont importants. Il serait plus exact de dire les créosotes, car ce liquide est un mélange complexe dont la composition peut varier beaucoup suivant les conditions de la distillation. Béhal et Choay ont montré que l'on trouvait dans ces corps deux catégories de composés : des monophénols d'une part, des éthers méthyliques de diphenols d'autre part. Une créosote de hêtre, recueillie de 200 à 210°, a pour composition moyenne :

D : 1,085	}	Monophénols	40
		Gaïacol	25
		Créosol et homologues	35

De 200 à 220° cette composition devient :

Monophénols	40
Gaïacol	20
Créosol et homologues	40

Une créosote de chêne, de 200 à 210° :

D : 1,068	}	Monophénols	55
		Gaïacol	14
		Créosol et homologues	31

On trouve dans les monophénols les produits suivants, % :

Phénol ordinaire	13	Metaxylenol 1, 2, 3.	5 »
Ortho-crésylol	26	Metaxylenol 1, 3, 5.	2, 5
Meta et Para-crésylol	29	Phénols divers.	15, 5
Ortho-ethyl-phénol.	9		

Cette créosote s'obtient en distillant dans le vide le produit rectifié, passé de 205 à 215°, que nous avons désigné sous le nom de créosote brute officinale. Le liquide obtenu (80 % du produit distillé) est de couleur jaune, une seconde distillation rend la créosote unicolore. Il est souvent nécessaire de faire plusieurs distillations successives, cette créosote, d'abord incolore, se colorant à la lumière tant qu'elle n'est pas suffisamment épurée.

Les diphenols, tels que la pyrocatechine, l'homopyrocatechine, se préparent en partant de la créosote ou plus exactement des éthers méthyliques de ses diphenols. On détruit cette combinaison méthyliée par l'acide chlorhydrique, à l'autoclave à 200°. Le gaïacol est l'éther méthylique de la pyrocatechine, le créosol celui de l'homopyrocatechine.

La vanilline est encore un dérivé du gaïacol que l'on prépare aujourd'hui synthétiquement en grandes quantités. C'est l'aldéhyde protocatechique, présente dans beaucoup de produits végétaux et qui constitue, comme on sait, le « givre » de la vanille.

On la prépare d'ordinaire par oxydation de l'acide gaiacol-carbonique. Le produit synthétique n'a pas toutefois l'odeur fine et suave de la vanilline naturelle, et l'emploi de cette dernière n'a pas été touché comme on aurait pu le craindre par l'apparition de la vanilline de synthèse.

Nous donnerons en terminant quelques détails sur l'analyse des créosotes et du gaiacol, d'après la méthode instituée par Behal et Choay.

On prépare à part la créosote rectifiée, qui passe de 195 à 215° et qui représente 60 % de la créosote primitive. C'est dans cette fraction que l'on dose le gaiacol. Mais l'on a aussi à doser les huiles neutres et les monophénols.

Pour doser les premières, on prend 100 grammes de créosote que l'on dissout dans 100 centimètres cubes de soude à 36° B. On fait passer dans le mélange un courant de vapeur jusqu'à ce que le liquide distillé par entraînement soit limpide. On l'agite alors avec du benzène, 200 centimètres cubes, employés en quatre fois. Ce benzène est décanté et séché, et distillé en ne dépassant pas la température de 110°. Les huiles neutres restent dans le ballon.

Pour doser les phénols, on fait agir sur eux l'acide bromhydrique qui déméthyle les éthers des diphénols sans toucher à ceux des monophénols. L'acide, préparé par décomposition du ferbromure de phosphore, traverse 100 grammes de la créosote soumise à l'essai.

Le produit de ce traitement est soumis dans un ballon à l'action d'un courant de vapeur qui entraîne facilement les monophénols. On a d'une part un produit condensé, d'autre part un résidu dans le ballon. Le premier est traité par 2 à 300 grammes de benzine pure qui enlève les huiles neutres, constituées par des créylols dans le cas d'une créosote rectifiée. S'il s'agit d'une créosote brute, il faut en déduire la proportion d'huiles neutres déterminées à part par le procédé décrit plus haut. Quant au résidu, renfermant les diphénols, on lui ajoute 1/3 de son volume d'eau, on filtre la solution si elle est trop colorée ou chargée de gouttelettes goudronneuses et on agite avec 200 centimètres cubes d'éther pur anhydre et exempt d'alcool, à trois reprises. On distille au bain-marie, puis à feu nu jusqu'à 220°. Ce qui reste dans le vase représente le poids des catéchines. On sépare

la pyrocatéchine au moyen de la benzine, et l'on peut en déduire le poids du gáïacol et du créosol.

Certains produits du traitement des bois méritent une mention particulière ; ce sont les résines des conifères, qui sont, en France particulièrement, l'objet d'une active exploitation dans les Landes. Dans cette région, le pin maritime est presque exclusivement cultivé, mais le mélèze en Italie, le pin sylvestre en Suède et en Norvège, le pin austral en Amérique sont également utilisés, et les résines provenant de ce dernier pays alimentent en grande partie les besoins de l'Europe.

Une plantation de pins maritimes commence à être productive à 15 ans, donnant d'une part le suc résineux ou « gemme » qui en découle par incisions, d'autre part, du bois d'éclaircie. De 30 à 60 ans, les pins ne sont plus éclaircis, on en conserve 120 à 200 par hectare, qui donnent chaque année un rendement en « gemme » allant de 7 fr. 50 à 10 francs.

Les incisions que l'on pratique sur les arbres ont pour but d'ouvrir les canaux sécréteurs de la résine, abondamment répandus dans tout le végétal. Beaucoup de forêts de pins appartenant à l'Etat, la pratique des incisions ou « quarres » est surveillée par l'administration forestière, pour empêcher qu'on pratique des blessures trop profondes. Celles-ci ont 9 centimètres de large, 4 de haut, 1 de profondeur, on les augmente chaque semaine de 10 centimètres. Chaque quarre est exploitée pendant 4 ou 5 ans et il atteint 3 à 4 mètres de haut. Pendant sa vie, un pin peut porter successivement huit quarres et plus, établies suivant certaines règles. La gemme qui s'écoule est recueillie de deux façons différentes. Dans la plus ancienne, on dépose au pied de l'arbre une motte de gazon qui s'imprègne de gemme et se trouve par là transformée en récipient imperméable pour recueillir celle qui découle ensuite. Le produit est fortement souillé par la terre et les copeaux. Dans la méthode Hugues, on emploie un pot de terre cuite qui se fixe par un crochet sur la quarre. Le rendement est augmenté d'un tiers par cette simple addition, et le produit est bien plus beau ; la gemme est seulement plus riche en eau. Le pot contient environ 1 litre, on le pose au bas de la quarre exploitée, et la résine y coule à l'aide d'une collerette en zinc enfoncée dans l'arbre. On vide les pots tous les 15 ou 20 jours. Au printemps la gemme est incolore, très réfringente et fluide,

elle est plus consistante et blanchâtre en été, et devient encore plus épaisse et plus colorée à la fin de la saison. On nomme galipot la gemme solidifiée à la surface de la quarre, et barras la qualité inférieure, jaune et dure, de ce galipot. On retire de la gemme des produits très variés, dont le plus important est l'essence de térébenthine.

Avant celle-ci, on prépare cependant des produits appelés térébenthine ou pâte de térébenthine, en purifiant la gemme brute. Pour cela, on fait fondre le produit dans une chaudière ouverte ou fermée. Le sable va au fond, et le contenu de la chaudière est filtré sur de la paille. On peut opérer aussi cette séparation dans des caisses percées de trous, simplement exposées au soleil. La térébenthine se liquéfie et filtre lentement. Enfin, la qualité la plus fine est celle qui filtre entre les douves de barriques contenant la gemme et exposées au soleil. On utilise ces térébenthines en pharmacie, dans la fabrication des couleurs, des vernis, etc.

Pour préparer l'essence de térébenthine, on procède par distillation de la gemme. On peut distiller directement le produit venant de forêt, ou au contraire le conserver en réservoirs pour la morte saison de récolte depuis octobre jusqu'à février. Ce dernier mode est le plus fréquent, après cette première opération ou dépotage, qui consiste à vider et à faire égoutter les barriques de gemme au-dessus des citernes, on procède parfois à la fabrication de la « térébenthine à la chaudière », gemme purifiée et fondue. On chauffe pour cela le produit brut à feu nu, dans une chaudière de cuivre entre 100 et 130° en brassant la masse, puis on laisse reposer. Les impuretés plus lourdes vont au fond, comme le sable et la terre, les déchets de bois surnagent et sont enlevés. Ce procédé un peu primitif fait perdre de l'essence par évaporation à l'air libre et surchauffe de la masse au contact avec le fond. On l'a perfectionné très simplement en munissant la chaudière d'un couvercle avec joint de sable, et d'un agitateur.

La distillation proprement dite, par laquelle on obtient l'essence, comporte plusieurs variantes suivant que l'on opère sur les gemmes brutes ou fondues, à feu nu ou à la vapeur. Par exemple, le produit brut, venant des réservoirs, et destiné à être traité à feu nu, arrive d'abord dans un vase intermédiaire chauffé par la chaleur perdue de l'alambic, où la gemme se liquéfie. Elle peut couler de là dans l'alambic par un tuyau à robinet. La

cucurbitate de l'appareil distillatoire contient 2 ou 3 hectolitres, le col de cygne et le réfrigérant ont la forme usuelle. Par un chauffage vers 120-130° l'eau de la gemme distille d'abord, puis l'essence, qui se sépare et vient surnager dans le récipient florentin où l'on recueille le produit distillé. Au lieu de continuer jusqu'au bout l'opération commencée, on use aujourd'hui d'un ingénieux tour de main, d'invention américaine, qui consiste à injecter de l'eau dans l'alambic, par portions, jusqu'à 1/5 ou 1/6 du poids de la gemme. L'opération se fait par un simple entonnoir à robinet que porte l'alambic et se règle suivant la marche de l'opération. Grâce à la présence constante de vapeur d'eau dans l'appareil, l'essence est plus rapidement et plus complètement entraînée et condensée, le rendement est plus fort, et les résidus moins altérés par la chaleur. Après une heure ou deux, on fait écouler les produits secondaires de cette distillation et l'on recharge l'alambic d'une nouvelle quantité de gemme contenue dans le vase intermédiaire. Les résidus évacués à l'aide d'une rigole sont assez différents suivant la saison ; au printemps, les gemmes riches en eau donnent un résidu de colophanes d'un beau jaune, très pures. Le produit se fonce de plus en plus en été et en automne, pour devenir à la fin des « brais » de couleur foncée. A leur issue de l'alambic, colophanes et brais sont reçus dans des caisses à fond de toile métallique où ils se filtrent pour être reçus dans les barriques où ils se solidifient. Les cribles sont à mailles de plus en plus larges à mesure que la saison s'avance, et que le produit est moins pur.

Ce procédé d'obtention de l'essence est le plus simple. Dans les Landes, où cette fabrication est localisée en France, plusieurs usines emploient la distillation à la vapeur, avec concentration préalable de la gemme. Le matériel est plus compliqué et aussi de beaucoup plus grandes dimensions. La gemme brute vient des réservoirs dans un premier alambic de 45 à 50 hectolitres (on traite 30 hectolitres de gemme par opération), elle y est chauffée pendant une heure par un serpentin de vapeur, puis laissée au repos jusqu'au lendemain. Les vapeurs qui se dégagent dans ce chauffage sont condensées d'abord dans une cloche fermée, arrosée d'un courant d'eau, puis dans un serpentin très long, logé dans un réfrigérant.

C'est cette térébenthine que l'on répand dans un second alam-

bic, beaucoup plus petit, afin d'avoir dans le premier une réserve de matière à distiller. Le chauffage se fait aussi par un serpentin de vapeur, mais on y fait intervenir de plus l'injection de vapeur dans la masse, comme dans le procédé précédent. La température de chauffage et d'injection est de 150° environ. Pendant cette phase de la distillation, le premier alambic est isolé à l'aide d'une vanne. Les premières portions d'essence, qu'elles proviennent de l'un ou l'autre alambic, sont colorées en vert par le cuivre, on les recueille à part pour une opération suivante jusqu'à ce que l'essence coule incolore. On peut aussi décolorer ces essences vertes par un peu d'acide azotique. Les résidus des deux alambics sont différents : celui de la grande chaudière constitue le brai noir, l'autre est le brai clair, que l'on moule en briquettes.

Un autre mode de préparation de l'essence est le procédé Col, qui emploie également le chauffage à la vapeur. On commence par préparer une pâte fluide au moyen de la gemme brute. Celle-ci est versée, à l'aide d'un entonnoir chauffé, dans un malaxeur également porté à 80 ou 100° par la vapeur, puis mélangée par agitation à 6 0/0 d'essence de tête et de queue, résidus des opérations précédentes. La pâte est coulée dans des décanteurs fermés et laissée au repos 24 heures. Les vapeurs qui se dégagent du malaxeur et des décanteurs sont recueillies et condensées pour éviter toute perte d'essence.

Après repos suffisant, la pâte s'est séparée en 3 couches : la couche supérieure, très fluide, est celle que l'on distille après filtration, la couche moyenne est formée d'eau, enfin les impuretés organiques et minérales forment au fond un dépôt boueux facile à séparer.

La distillation se fait dans un alambic de petite capacité (4 hectolitres) muni d'une enveloppe, d'un serpentin et d'un tube d'injection de vapeur. On conduit l'opération de telle sorte que la température croisse régulièrement de 80 à 135°. Après un peu d'essence de tête, de couleur verte, il coule de l'essence pure pouvant être vendue sans autre rectification, et à la fin de l'essence de queue, colorée en jaune. Ce sont ces têtes et ces queues qui servent pour le traitement de la gemme brute, exposé plus haut. L'opération ne dure pas plus de trois quarts d'heure. Le résidu est de la colophane, que l'on recueille à travers des

caisses filtrantes, dans un wagonnet chauffé à la vapeur. Cette précaution permet à l'eau injectée pendant le travail de s'évaporer complètement, car sa persistance rendrait la colophane trouble. Ce produit est ensuite mis en moules et expédié dans des fûts contenant un certain nombre de moules soudés eux-mêmes par de la colophane.

De tous les procédés, le plus simple et le plus expéditif est celui qui distille le « cru » c'est-à-dire la gemme brute, en opérant à feu nu, aussi est-il le plus répandu, le chauffage à la vapeur exigeant une installation beaucoup plus coûteuse, sans donner un rendement plus fort. L'essence et la colophane sont seulement un peu plus belles et moins colorées.

Le traitement des produits résineux, comprend, outre la fabrication de l'essence, celle de la résine, de la poix, du goudron et des huiles dites « pyrogénées » qui s'obtiennent des résidus de la distillation de l'essence.

Ce que l'on nomme « résine jaune » dans le commerce ou « résine » est obtenu avec le brai clair brassé avec 10 % d'eau bouillante, à sa sortie de l'alambic, pendant une demi-heure. On coule la masse purifiée en pains tronconiques de 10 à 12 kilogrammes, ou en pains cylindriques de 200 kilogrammes.

Les résidus de purification de la térébenthine, dans sa préparation à feu nu en chaudières, les filtres de paille au moyen desquels on a séparé ces résidus, sont distillés « per descensum » dans des fours ovoïdes en briques que l'on charge et que l'on allume par le haut. La masse fond peu à peu, se rassemble à la partie inférieure et s'écoule par un tuyau. Elle est très colorée et constitue la poix noire, ou brai gras. Ce produit est employé tel quel en assez grandes quantités, ou bien il est distillé pour en extraire l'essence, qui est fortement colorée. Il en résulte un résidu qui est le « brai sec ».

Si l'on distille dans les fours à poix le bois de pin lui-même, divisé en menus fragments, on obtient du goudron. L'allumage se fait aussi par le haut, en évitant tout courant d'air, et l'opération se conduit de façon presque continue, le rechargement se faisant aussitôt que la température du four s'est abaissée suffisamment pour y pénétrer. Le rendement est plus élevé avec le bois des racines, il est au maximum de 40 litres par stère. Le goudron obtenu diffère notablement par sa composition de celui

que donnent les essences à feuilles caduques ; nous avons dit, à propos de la composition anatomique et chimique des bois, que l'on pouvait distinguer nettement celui des gymnospermes et des angiospermes, on voit que ces différences se retrouvent dans les produits de distillation.

On nomme « huiles pyrogénées » les liquides obtenus par distillation des brais et colophanes, à haute température. Cette branche de l'industrie des résineux a été créée par M. Dive, pharmacien de Mont-de-Marsan, en 1828. On nomme « huile forte » le produit épais obtenu par distillation directe, mais ce mode de traitement est rarement employé, et l'on travaille d'ordinaire les brais et colophanes par addition d'un alcali qui sature les acides résineux. Les sels de chaux ou de soude ainsi obtenus donnent à la distillation des huiles plus fluides et moins colorées. La proportion d'alcali est de 1 à 2 % du poids de produit sec, et cet alcali est très ordinairement la chaux. L'opération se fait dans des chaudières hémisphériques de fonte, accouplées par deux sur un foyer. Chacune reçoit environ 2 tonnes de brai. Quand il est en fusion, on l'additionne de chaux, et l'on recouvre d'un chapeau mobile pour distiller. Pendant ce temps, la seconde chaudière se prépare pour la même opération. Il passe d'abord un peu d'eau acide, puis un liquide fortement coloré, ou « essence vive de résine » qui, après rectification, sert aux mêmes usages que l'essence de térébenthine. Ce liquide constitue seulement 5 % du produit total distillé. Les produits qui passent ensuite sont successivement l'huile blonde, l'huile blanche, produit principal, enfin les huiles bleues et vertes. On obtient en tout à peu près 80 % du produit sec, en huiles pyrogénées. Ce que l'on appelle l'huile blanche est en réalité un produit peu coloré, à reflet bleuâtre et à forte odeur empyreumatique. On la désodorise avec la naphthaline, et on peut alors l'employer telle quelle dans la fabrication des encres d'imprimerie, ou bien on la rectifie par distillation sur de la soude entre 200 et 300°. On obtient ainsi des produits complètement incolores qui servent surtout à falsifier l'essence de térébenthine, et qu'on mélange aussi aux huiles siccatives. Quant aux huiles fortes et aux huiles bleues, vertes ou blondes, on les associe avec 1/10 de chaux éteinte en poutre très fine, pour être vendues comme graisses à voitures.

La production annuelle des départements qui se livrent à

l'industrie des résineux (Landes, Gironde, Lot-et-Garonne) est, d'après M. Rabaté, de 80.000 tonnes de gemme, donnant 14.000 tonnes d'essence et 60.000 tonnes de brais. A elle seule, l'Amérique produit quatre fois plus ; l'essence de térébenthine américaine, provenant du *pinus australis* est de moins belle qualité que la nôtre, mais les brais sont plus riches. La France exportait surtout en Russie des essences et des brais, mais fatalement que, dans ce pays très riche en forêts, la production indigène arrivera à se passer de l'importation. De 1896 à 1898, la quantité d'essence exportée par la France en Russie est tombée de 280 à 60 tonnes, et celle des résines a éprouvé aussi un fléchissement.

Les prix actuels de l'essence sont de 75 francs les 100 kilogrammes environ, ceux des brais de 8 à 10 francs. Les droits à l'importation sont de 24 francs les 100 kilogrammes pour les essences et de moitié pour les produits secs, sauf pour les États-Unis, pour lesquels les nouveaux tarifs douaniers ont abaissé de moitié ces droits prohibitifs, au grand mécontentement des producteurs des Landes, qui se voient disputer le marché français lui-même par les produits américains.

Les gemmes, telles que les traitent les usines, sont souvent falsifiées par les résiniers eux-mêmes par addition d'eau tiède, qui peut y être incorporée en grande quantité. Dans ce cas, la gemme n'adhère pas au brai nu, on a un morceau de bois poli que l'on y plonge.

M. Rabaté propose l'essai suivant : on pèse 200 grammes de gemme dans un matras, et l'on distille au bain de sable, en prenant la température à l'aide d'un thermomètre. L'eau et l'essence passent presque en entier entre 95 et 100° les dernières portions à 160°. Le liquide distillé se sépare en deux couches, et si la séparation se fait dans une éprouvette graduée, on peut lire simplement le volume occupé par l'essence qui surnage. Le brai est coulé en plaques de 1 centimètre d'épaisseur, que l'on peut comparer à des échantillons types, enfin, le matras est lavé à l'essence, ainsi que le filtre à brai, et le tout, jeté sur un filtre, donne la proportion d'impuretés solides.

Les essences sont aussi beaucoup fraudées, surtout par addition d'huiles pyrogénées rectifiées. D'après M. Aignan, la fraude est assez facile à mettre en évidence, et même à apprécier quan-

titativement, par l'examen du pouvoir rotatoire, qui est en moyenne, pour les essences françaises, de $61^{\circ},30'$ à gauche et que les hydrocarbures de résines modifient notablement. Il faut cependant remarquer que toutes les autres essences américaine, (*pinus australis*), allemande (*P. sylvestris*, *nigra*, *abies*), russe (*P. sylvestris* et *Ledebourü*) de Venise (*Larix europea* ou mélèze), suisse (pommes du *pinus fumilis*) sont toutes dextrogyres, la thérébenthine de l'essence française (*pinus maritimus*) y étant remplacé par un carbure isomère distinct.

CHAPITRE VI

Extraits tanniques.

L'emploi des bois comme substances tannantes constitue un mode important de leur utilisation chimique. Le tannage des peaux, auquel est consacré le volume précédent de cette collection, consiste, comme on sait, à faire macérer pendant un temps convenable les peaux fraîches dans un jus riche en tannin, obtenu d'ordinaire au moyen de tan, écorce de chêne grossièrement pulvérisée. Le tannin est une des substances les plus répandues dans les végétaux, et un grand nombre de ceux-ci en contiennent une proportion assez notable pour pouvoir servir au tannage.

L'écorce, les jeunes rameaux et les feuilles des chênes, des bouleaux, des hêtres, des sumacs, des châtaigniers, le bois des mêmes arbres et surtout des derniers, les galles produites sur les chênes par divers hyménoptères, tels que les Cynips, les sucres desséchés tels que le cachou, le Kino, le suc d'acacia, contiennent des tannins en grande quantité. Nous disons des tannins, les propriétés des diverses substances tannantes extraites de ces végétaux étant assez différentes. Plusieurs d'entre eux ne précipitent pas les solutions de gélatine et sont, par suite, incapables de donner avec la peau fraîche le composé imputrescible qui constitue le cuir; d'autre part, les précipités que donnent avec les sels de fer les divers tannins sont de couleurs différentes et peuvent servir, dans une certaine mesure, à les distinguer. Nous ajouterons seulement ici quelques notions sur le tannin pur, acide tannique ou digallique, tel qu'on l'extrait des noix de galle. Le commerce prépare avec celles-ci des tannins à alcool et à l'eau, qui sont des extraits alcooliques et aqueux concentrés par évaporation et impurs. Le tannin pur s'extrait au moyen de

l'éther du commerce, qui contient un peu d'alcool et d'eau. On traite par ce liquide la poudre grossière de noix de galle et, en recueillant le produit obtenu par lixiviation, on le voit, après un repos suffisant, se séparer en deux couches, la supérieure formée d'éther presque pur, l'inférieure par une solution aqueuse concentrée de tannin.

On décante la couche inférieure à l'aide d'un entonnoir à robinet dans lequel on la fait s'écouler, on la lave avec de l'éther et on la fait s'évaporer rapidement, dans le vide ou à l'étuve. La préparation industrielle du produit est en tous points semblable, avec cette différence que l'éther étant un produit inflammable et cher, on a deux raisons de le récupérer exactement, en se servant d'appareils entièrement clos, qui évitent toute déperdition.

Ce tannin, dit à l'éther, est une poudre amorphe, jaunâtre et légère, de saveur fortement astringente, très soluble dans l'eau, moins dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Les acides minéraux concentrés, plusieurs sels alcalins, le précipitent de ses solutions. Les solutions aqueuses s'altèrent rapidement, absorbent l'oxygène, se colorent, avec formation d'anhydride carbonique et d'acide gallique. Les alcalis activent cette transformation, et celle-ci est surtout rapide sous l'action de certaines moisissures (*Penicillium glaucum*, *Aspergillus glaucum*). On donne le nom de fermentation gallique à ce changement d'état. Le tannin donne des précipités insolubles avec un grand nombre de sels métalliques, d'alcaloïdes, les solutions d'amidon et d'albumine, enfin avec les solutions de gélatine, propriété sur laquelle repose, comme on l'a vu, le tannage des peaux.

On peut rapidement résumer comme suit, cette opération du tannage : les peaux fraîches sont soumises au pelanage, au débourage et au gonflement, opérations préliminaires ayant pour but d'enlever les poils et d'ouvrir les fibres, on les dispose ensuite par couches superposées, séparées par du tan, et on arrose le tout avec de l'eau, dans une fosse. Tous les trois mois, par exemple, on renouvelle le tan épuisé, et le séjour en fosses, suivant la nature des peaux et la qualité du cuir, peut se prolonger de neuf mois à trois ans. Comme chaque fosse ainsi chargée représente une valeur considérable, ce procédé de tannage arrive à immobiliser un capital énorme et donne des produits d'un prix de revient élevé, conditions peu en rapport avec les tendances de l'in-

dustrie moderne ; aussi peut-on dire que l'unique but des améliorations tentées dans cette branche a consisté dans l'abréviation de la durée du tannage. C'est l'emploi des jus tanniques qui a jusqu'à présent donné les résultats les plus positifs dans ce sens. En immergeant les peaux dans des bains tanniques d'abord faibles, puis de plus en plus concentrés, leur séjour étant proportionnel à la concentration des bains, on arrive à réduire à quelques mois ce qui demandait des années.

La qualité du produit, il est vrai, en souffre toujours, surtout à cause de la forte coloration que leur communiquent les extraits tanniques. Mais, pour de nombreux usages, la facilité de remplacement, par le bon marché, prime tellement la qualité des produits que les procédés de tannage aux extraits — d'ailleurs notablement perfectionnés et mis au point — prennent de jour en jour plus d'importance, et que de nombreuses matières premières tannifères sont presque uniquement utilisées sous cette forme peu encombrante et de transport peu coûteux.

Les végétaux tannifères possèdent des teneurs très variables en tannin, suivant les essences, et aussi suivant l'âge, les conditions de végétation et la partie du végétal considérée. C'est ainsi que l'écorce de chêne atteint son maximum de richesse lorsqu'elle provient d'arbres de 15 à 25 ans, ayant crû rapidement. Les matières traitées pour extraits sont les écorces de chêne, de pin sylvestre, de saule, de sapin commun, d'aune, le sumac, les galles de glands de chêne ou valonées, les écorces d'acacia et surtout, en Europe, les bois de chêne et de châtaignier, dont la teneur en tannin varie pour le premier de 3 à 5 %, pour le second de 5 à 6 %. L'extrait de châtaignier, plus coloré, est assez rarement employé seul, on l'associe à d'autres extraits.

De façon générale, la préparation de ces extraits est plus simple. Elle consiste à épuiser par l'eau les bois divisés, autant que possible de façon méthodique et à l'aide d'eau pure. On purifie ensuite le produit obtenu, surtout en lui enlevant l'excès de matières colorantes qu'il contient, par précipitation. C'est la partie la plus délicate de la fabrication, en ce sens qu'elle occasionne une perte notable de tannin ; elle a donné lieu à de nombreux procédés en vue de la perfectionner. La dernière opération consiste à concentrer le jus tannique jusqu'à ce qu'il manque à l'aréomètre 20, 30 ou 35° B., ou même jusqu'à l'état de pâte molle.

Les bois doivent être divisés de façon très parfaite ; on y parvient à l'aide de diverses machines, consistant essentiellement en lames de rabot fixées sur la surface d'un cylindre et devant lesquelles s'avance le bois à débiter, les copeaux pouvant être parallèles au sens des fibres ou faire avec celles-ci un angle plus ou moins ouvert. Les copeaux obtenus sont traités par diverses méthodes que nous examinerons brièvement.

La méthode Gandolo consiste dans l'emploi d'eau légèrement acidulée (6 % d'acide sulfurique) et dans la clarification au moyen du sang de l'extrait obtenu, par coagulation à chaud. Si le produit traité est peu coloré, on commence par la macération à l'acide, on neutralise par un alcali (carbonate de soude), on ajoute

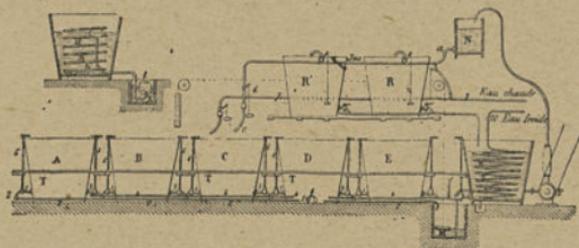


Fig. 14.
Appareil Gandolo.

le sang, l'albumine, le gluten, etc., on coagule, on sépare le précipité et on concentre après filtration. Si au contraire, le produit est riche en couleur, on ajoute directement le sang au bain de macération, dans les proportions de 20 grammes par kilogramme de substance, et on additionne le liquide obtenu de 1 gramme de sel alcalin, carbonate de soude ou autre, et de 15 grammes de sang par litre, en ayant soin d'opérer à une température notablement inférieure à celle où l'albumine se coagule. On brasse le tout en ajoutant par litre 6 décigrammes d'acide sulfurique ; le précipité de sels de chaux et d'albumines du sang entraîne les principes colorants par un véritable collage. Le procédé Gandolo a été ultérieurement perfectionné par son auteur. Au lieu d'eau acidulée, on fait usage d'une solution de bisulfite de soude qui donne du tannate de soude et de l'acide sulfureux. Celui-ci

agit comme réducteur sur les matières colorantes du bain, et donne de l'acide sulfurique qui précipite les sels de chaux.

En ajoutant un excès d'acide sulfurique, on décompose ensuite le tannate. La liqueur obtenue est encore plus complètement décolorée par le sang que l'on ajoute à la masse et que l'on coagule ensuite par la vapeur, en ayant soin de dépasser très peu le point de coagulation. Après filtration et concentration, on obtient un extrait de couleur jaune miel très convenable au tannage. Ces opérations s'effectuent dans un ensemble d'appareils consistant essentiellement en une série de cinq cuves semblables, pourvues d'un robinet d'arrivée des jus, un robinet de décharge et un robinet de vapeur. Le bois est chargé dans l'une d'elles, et traité à l'ébullition par l'eau additionnée de bisulfite, et le jus qui en provient envoyé dans des bacs spéciaux placés au-dessus. On fait une deuxième opération sur le même bois en recueillant de même les jus, puis une troisième, mais, cette fois, le jus faible qui en provient est dirigé sur la deuxième cuve. C'est alors celle-ci qui fonctionne comme la précédente. Le traitement à l'acide sulfurique s'opère dans les bacs supérieurs, enfin la clarification par le sang se fait dans une cuve placée près des premières. L'ensemble est complété par un tuyautage convenable, des pompes de circulation et des filtres formés de copeaux épuisés.

Dans le procédé Coez, on décolore par l'alumine les jus tanniques, en vertu de la propriété qu'a cette base de donner avec les matières colorantes des laques boueuses insolubles. On emploie l'alumine récente, en gelée, et, par hectolitre de jus, privé préalablement de chaux par l'acide oxalique, il faut 250 grammes d'alumine par degré de densité. On peut du reste augmenter beaucoup cette dose. Il ne reste plus qu'à filtrer après repos suffisant et à concentrer. Le procédé Vourloud remplace l'alumine par le noir animal et permet d'obtenir, ce qui était prévu, une décoloration de jus, poussée très loin, mais on perd en même temps une quantité considérable de tannin, ce qui rend le procédé très peu pratique.

Une société ayant pour but la fabrication des extraits tanniques a proposé une solution ingénieuse et très simple du problème, celui de la précipitation mécanique des matières colorantes par filtration et turbinage.

La première opération se fait au filtre-presse à travers un tissu

très serré, la seconde à l'aide d'une turbine spéciale, dans laquelle les dépôts solides, si ténues soient-ils, finissent par s'accumuler en couche continue sur la paroi de la turbine, où ils peuvent être enlevés de façon intermittente.

M. Pictet propose l'acide sulfureux, en solution aqueuse à 8 ou 15 %. L'opération se fait dans des autoclaves doublés de plomb, vers 70 à 80°, sous une pression qui va jusqu'à 6 atmosphères. Le tannin se dissout, et avec lui les matières incrustantes; l'extrait est parfaitement limpide, mais contient une forte proportion de vasculose qui le rend d'emploi difficile. Dans l'esprit des inventeurs, Pictet et Brelaz, le bois épuisé en autoclaves était ensuite transformé en pâte à papier, de sorte que son utilisation était très complète, mais, au moins pour les extraits tanniques, cette perfection ne s'est pas réalisée.

Doutreleau unit les procédés Coez et Pictet en traitant les jus par l'hyposulfite d'alumine. Ce sel se décompose par la chaleur en acide hyposulfureux décolorant, et en alumine qui précipite les matières en suspension. Le procédé David est basé sur l'emploi du chlorure de baryum, par lequel on traite le bois en copeaux. Il se forme du chlore qui prend l'hydrogène des matières colorantes, tandis que l'oxygène, en se portant sur le baryum, donne de la baryte. On fait passer dans le jus ainsi traité un courant de gaz carbonique, qui carbonate la baryte, on laisse déposer et l'on filtre. Cette filtration se fait de bas en haut, dans un appareil tronconique muni de cloisons en chicane, chacune de ces cloisons portant un filtre en étoffe. Dans le procédé Serrières, on utilise certains sels métalliques et surtout le protochlorure d'étain, employé à la dose de 1 décigramme ou 2 par litre et par degré de densité, l'opération se fait simplement dans une cuve munie d'un agitateur.

Le procédé américain de Morand comprend un dispositif spécial et repose sur l'action d'une solution alcaline de caséine, suivie de filtration sur un tissu serré. Le bois découpé en minces copeaux perpendiculaires aux fibres, est aspiré par un ventilateur et tombe dans une auge permettant de le répartir dans une série de cuves à faux-fond perforé. On déverse dans ces cuves par la surface du bois, de l'eau à 90° au moyen d'un tourniquet. Le liquide est repris au fond par une pompe et envoyé sur la cuve suivante, de façon à réaliser un épuisement méthodique et

à laisser toujours une cuve en vidange et déchargement. L'eau

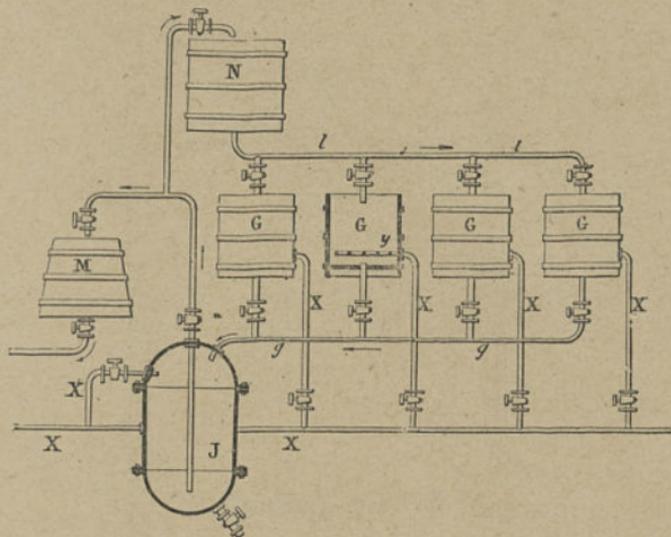


Fig. 15
Appareil Morand.

est additionnée de 0 gr. 5 à 4 grammes d'un acide fort, sulfurique ou chlorhydrique. On procède ensuite à la clarification par la caséine, que l'on extrait du lait, et que l'on alcalinise par 1/50 de carbonate de soude. Cette caséine ajoutée à l'extrait se coagule et entraîne les matières colorantes. On refoule ensuite le liquide dans un filtre-pressé. On peut aussi épuiser le bois par décoction par l'eau acidulée, remplacer la caséine par le sang, de sorte que ce procédé ressemble beaucoup à celui de Gandoio.

M. Villon emploie pour l'épuisement des bois une cuve cylindrique de 2 mètres cubes environ, que divisent deux faux-fonds perforés de trous de 1 centimètre. Le compartiment entre les deux faux-fonds est le plus grand, c'est celui où l'on charge les copeaux. Le compartiment inférieur, qui a 0^m,70 de hauteur environ qui est aux trois quarts rempli d'eau. Un tube de cuivre vertical vient y plonger, à peu de distance du fond, traverse le compartiment médian et débouche en une pomme d'arrosoir au-

dessus du faux-fond supérieur. L'appareil fonctionne comme une

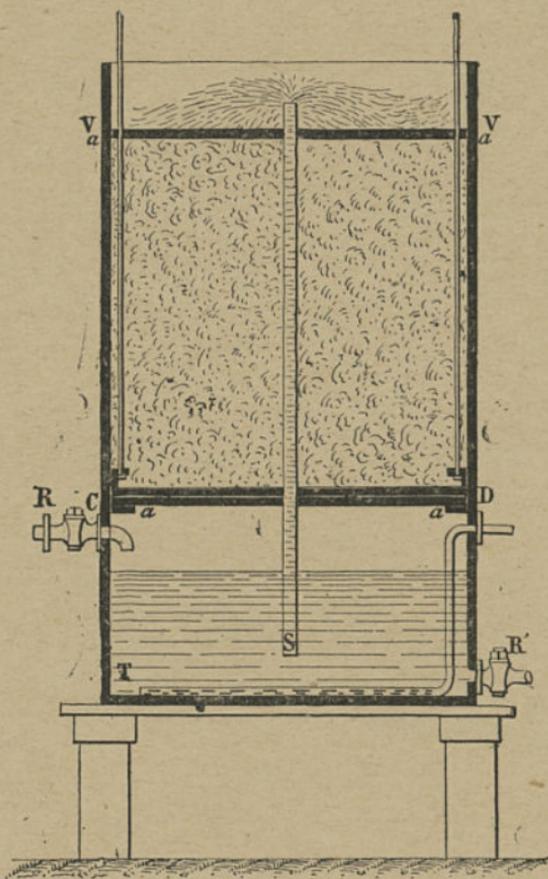


Fig. 46.
Appareil Villon.

lessiveuse domestique lorsqu'on vient à chauffer l'eau à l'aide d'un serpentín de vapeur, mais on peut aussi le disposer en batterie, en envoyant dans une seconde cuve le jus sortant de la

première, et ainsi de suite. Le produit obtenu, par suite de l'absence de pression, n'est pas trop coloré et n'a pas besoin d'être concentré, de nouveau. Il marque 5 à 6° Baumé et contient environ 5 % de tannin.

La troisième opération, concentration des jus tanniques, se fait dans des appareils à vide, assez semblables à ceux qu'emploient les sucreries. Une vaste chaudière cylindrique en cuivre, surmontée d'un dôme plus étroit, est chauffée par la vapeur circulant autour d'un faisceau de 2 à 300 tubes placé dans la moitié inférieure de l'appareil. A la base du dôme se trouve une plaque perforée, supportant un cône tronqué obliquement et placé dans l'intérieur du dôme. Celui-ci porte encore le tuyau de la pompe à air, qui fait un vide partiel dans la masse. L'ébullition donne lieu à beaucoup de mousses, et c'est pour les arrêter qu'intervient l'appareil logé dans le dôme supérieur. Cependant, si elles sont trop abondantes, on les fait tomber en introduisant dans l'appareil un peu de beurre ou de dégras, à l'aide d'un « robinet à beurre » placé latéralement. Deux fortes glaces parallèles, encastrées sur les parois, permettent de voir à l'intérieur du cylindre. Enfin, le tuyau à vide, partant du dôme, ne se rend pas directement à la pompe à air, mais dans un appareil de sûreté. C'est un cylindre en cuivre fermé, portant un large tube intérieur vertical en cuivre, qui s'arrête un peu avant sa base supérieure, et dans lequel on injecte un courant d'eau. La vapeur se condense par refroidissement, et, si par hasard une partie de l'extrait était elle-même entraînée, elle se déposerait entre le tube central et les parois du cylindre. L'appareil est complété par des indicateurs de vide et de liquide, par un robinet à prises d'essai, et un robinet de vidange pour l'extrait concentré.

Lorsque l'on veut faire des extraits en pâte boueuse, dits ex-

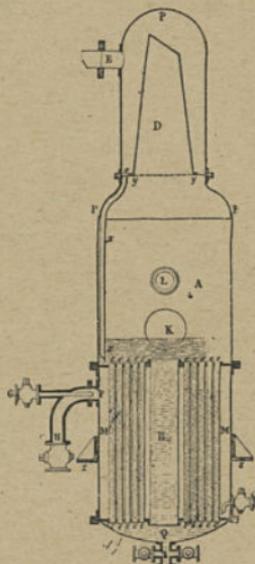


Fig. 17.

Appareil de concentration dans le vide.

traits solides, on emploie d'ordinaire un appareil horizontal rotatif. La vapeur pénètre par un arbre creux dans une sorte de

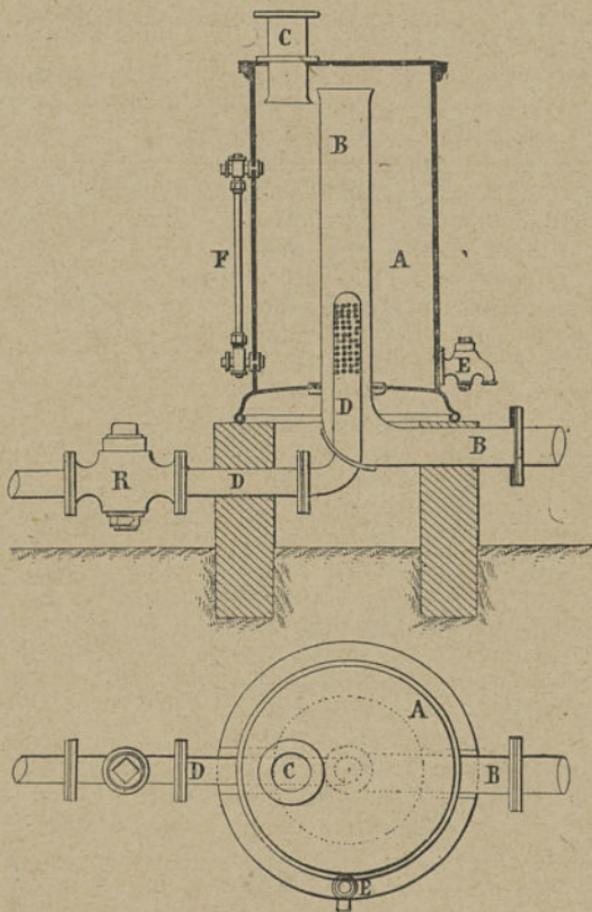


Fig. 48.
Vase de sûreté.

chaudière tubulaire horizontale munie de 100 tubes, et qui peut tourner autour de son axe. Cette chaudière rotative est placée

dans une enveloppe en cuivre, munie d'eau douce et d'un brise-mousses comme l'appareil précédent. La surface de chauffe très considérable permet de pousser rapidement la concentration jusqu'à consistance pâteuse.

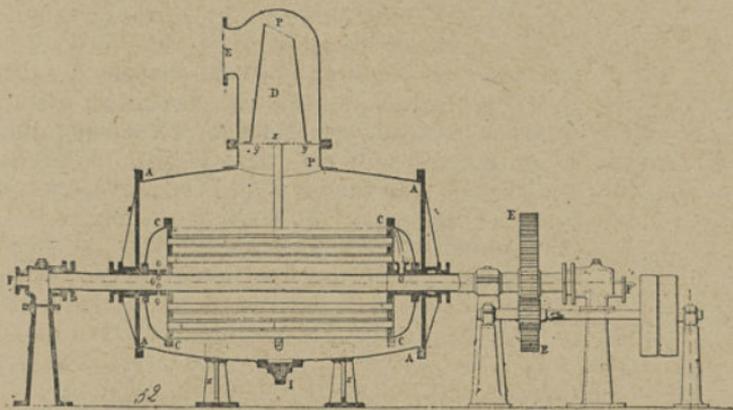


Fig. 19.
Appareil horizontal rotatif.

La valeur commerciale d'un extrait tannique peut se mesurer par la teneur en « tannin assimilable » soluble à froid, ce qu'on désigne sous ce nom étant le tannin pur, que la peau peut absorber pour se transformer en cuir, à l'exclusion de toutes les substances très voisines comme composition, mais qui ne se combinent pas avec la peau. Ces substances sont surtout abondantes dans les extraits préparés sous pression et à chaud, par suite de la dissolution partielle des matières incrustantes du bois.

Tous les procédés de dosage du tannin se ramènent en somme, soit à chercher quelle quantité est absorbée par la peau fraîche, soit à oxyder l'acide tannique. Dans le premier cas, on prend la densité du jus, on le traite ensuite par la peau séchée et pulvérisée, et on reprend la densité. La différence permet de trouver la teneur en tannin. Ce procédé ne donne pas de résultats très précis par suite de l'absorption par la peau de diverses substances étrangères, alors qu'elle cède en même temps des produits solubles au jus à essayer. Les procédés ayant pour but l'oxydation du tannin, emploient le chlorure de chaux, le permanganate de po-

tasse en présence de l'indigo comme indicateur, d'autres le précipitent par l'acétate de fer ou par la cinchomine. M. Vallon emploie la propriété des solutions d'acétate de plomb de précipiter le tannin en jaune. On prépare la liqueur tannique de façon à ce qu'elle contienne environ 2 % de tannin, puis on fait une solution à 1/10 d'acétate de plomb, additionnée de 1/50 d'acétate de soude. On mêle 100 centimètres cubes de chacune des deux liqueurs, et on filtre après quelques minutes. On prend alors la densité des deux solutions, avant leur mélange, et celle du liquide filtré. Au moyen de calculs spéciaux, dans lesquels intervient une constante propre à chaque tannin d'après sa provenance, on parvient à déterminer la teneur en extrait du tannin. Le même chimiste a imaginé un aréomètre spécial ou tannomètre, dont chaque degré représente 0 gr., 10 par 1000 centimètres cubes. Pour les besoins courants de la tannerie, M. Villon a imaginé un autre procédé de dosage, qui consiste à faire absorber le tannin par de l'oxyde de plomb hydraté. On reprend la densité, et la différence entre les deux densités, avant et après l'absorption, donne le poids du tannin disparu, sachant que 1 % de tannin augmente la densité de 0,004. On commence par faire une solution d'extrait à 10 %, à l'aide d'une éprouvette spéciale, graduée à 500 centimètres cubes et portant à sa partie inférieure une boule surmontée d'un tube étroit où l'on a gravé les volumes occupés par 50 grammes d'extrait, suivant qu'il marque de 15 à 30° B. On prend la densité du mélange avec un aréomètre spécial ou tannomètre, dont chaque degré représente 0 gr., 10 de tannin pour 1.000 centimètres cubes. On prend alors 150 centimètres cubes de ce liquide, on y ajoute 30 grammes d'un mélange de 9/10 d'oxyde et 1/10 de sulfate de plomb. On laisse en contact une heure, on laisse déposer, et on prend de nouveau la densité du liquide clair.

Pour doser les matières insolubles, M. Villon se sert d'un tube dans lequel on dilue l'extrait en des proportions connues. Les matières insolubles se rassemblent au fond et sont recueillies dans une partie étroite et graduée du tube, qui en donne par simple lecture le pourcentage.

L'acide sulfurique, fréquemment employé pour la décoloration et qui est nuisible au tannage, peut être déterminé par un titrage alcalimétrique ou à l'état de sulfate de baryte.

CHAPITRE VII

Pâte de bois mécanique.

La fabrication du papier est aujourd'hui, pour l'utilisation de bois, un débouché dont l'importance va chaque jour grandissant. Les chiffons, surtout ceux de toile ou de coton, sont une matière première dont la production n'augmente pas, et tend, au contraire, à diminuer, parce qu'on fabrique de plus en plus des étoffes mixtes, formées de laine et de coton dont les débris sont très peu propres à la fabrication du papier. Le papier de chiffon est donc un produit de luxe, dont s'accommoderaient peu les multiples services que l'on demande aujourd'hui au papier, et qui exigent tout d'abord son extrême bon marché. Aussi s'est-on ingénie à trouver tous les succédanés possibles du précieux chiffon, et l'idée de remplacer celui-ci par les fibres végétales telles que les fournissent les plantes est fort ancienne. On la trouve déjà dans l'Encyclopédie, où elle est d'ailleurs condamnée comme offrant peu de chances d'être pratiquement réalisée, et l'on a, depuis cette époque, songé à bien des végétaux pour en utiliser les fibres. Le problème qui paraît au premier abord fort simple, puisqu'il revient à se servir de fibres brutes, semblables à la matière première elle-même du chiffon, est en réalité compliqué par une condition. Tel végétal, très abondant, très peu coûteux, est inutilisable parce que les traitements qu'il doit subir avant d'arriver à l'état de pâte à papier en augmentent le prix dans des proportions considérables, soit que les fibres perdent une grande partie de leur poids, soit que les opérations exigent un matériel, une main d'œuvre et un temps excessif, soit enfin, que le blanchiment ne puisse être que difficilement réalisé.

La difficulté ne tient pas à la longueur trop faible des fibres végétales ; les pâtes à papier du commerce, à l'état de « raffiné

court» n'ont pas plus de 0^{mm},5 de fibre, le « raffiné long » en a rarement plus de 1^{mm},5, et les fibres végétales excèdent presque toujours ces dimensions. Mais, par contre, il faut que la fibre, pour pouvoir se feutrer, soit mince et allongée, et que le rapport de sa longueur à son diamètre soit environ de 50. Il faut aussi qu'elle soit très élastique et puisse se contourner sans se briser. La ténacité est une qualité plus secondaire, les fibres d'un papier que l'on déchire n'apparaissent pas rompus sous le microscope, mais bien disjointes. Il existe, on le conçoit, de nombreux degrés dans la réalisation de ces qualités. Les fibres longues, fortement nervurées du chanvre et du lin les possèdent au plus haut degré, les fibres rondes et lisses du sparte, du jute, du phormium, du palmier nain, de la bagasse de canne, les fibres plates du coton, de l'agave, du mûrier à papier, du bambou, sont aussi très convenables. D'autres matières, la paille par exemple, traitée par une lessive caustique, donnent une pâte formée de fibres et de cellules; enfin, le bois traité mécaniquement donne un produit dans lequel les fibres sont seulement isolées en faisceaux plus ou moins volumineux très peu propres à se feutrer.

Avant de passer aux traitements que l'on fait subir à ces substances pour les transformer en pâte à papier, nous croyons intéressant de donner quelques détails sur certaines d'entre elles. Les bois et les pailles, en raison de leur importance beaucoup plus grande, seront examinés ensuite.

On a utilisé l'écorce du robinier, vulgairement nommé « acacia ». Cette écorce possède, en effet, un liber très abondant, formé de feuillettes minces qui se détachent très bien par un rouissage convenable et fournissant des fibres grossières pouvant être tordues et tissées. C'est une bonne matière première pour papier, bien qu'elle ne soit pas très employée. L'alfa est beaucoup plus important. C'est une graminée à souche vivace, dont les feuilles dures, très étroites, presque cylindriques, peuvent atteindre un mètre et plus et qui pousse en grande abondance sur tout le littoral méditerranéen, surtout dans les terrains siliceux et secs. L'Algérie, et en particulier la province d'Oran, est un des principaux lieux de production; la plante y couvre au moins 5 millions d'hectares, et la récolte en est réglementée. On ne peut cueillir l'alfa pendant une période de quatre mois, un peu différente selon les régions, mais toujours placée

au commencement de l'année. La province d'Oran exporte environ 400.000 tonnes d'alfa, dont les 9/10 sont expédiés en Angleterre. La tonne, rendue au quai d'embarquement, vaut de 80 à 100 francs; la majeure partie de cette somme représente les frais de transport, de récolte et de manutention. En Tunisie, l'alfa croît aussi en abondance dans la région méridionale, mais il existe en quantité plus ou moins grande dans toute la colonie. Les surfaces exploitées peuvent être évaluées à près de 2 millions d'hectares, représentant 300.000 tonnes exportées. Le reste de la production, soit 1/5 à peine, est utilisé sur place par les indigènes. L'exploitation est libre et se fait à peu près toute l'année. La végétation commence en février ou en mars, mais une touffe porte toujours des feuilles en voie de croissance à divers états, des feuilles mûres, enfin des feuilles desséchées et en voie de décomposition. Il y a donc toujours sur la touffe des parties pouvant être cueillies, et cette pratique de récolte partielle et continue serait apparemment la meilleure, si l'arrachage des feuilles mûres ne causait à la touffe des troubles considérables, en déchirant les gaines et disloquant la souche. L'expérience a montré qu'il est préférable de faire la cueillette à époque fixe, sur des touffes dont on a enlevé toutes les feuilles mûres ou mortes l'année précédente, en laissant seulement les jeunes pousses. Quant à l'époque de la récolte, elle doit être réglée par indications industrielles : la feuille trop verte donne des fibres translucides, un déchet abondant, la feuille trop mûre a fixé en plus grande abondance la silice et le fer du sol, elles sont difficiles à blanchir et les fibres ne se dissocient que par une cuisson prolongée, au détriment de la qualité de la pâte.

La cueillette se fait à la main, par arrachement, grâce à la fragilité des feuilles, à leur insertion sur la souche. Un ouvrier habile récolte environ 100 kilogrammes de plante verte par jour. L'alfa est réuni en bottes lorsqu'il a perdu 40 % environ de son poids et transporté alors au lieu d'embarquement, le plus souvent à dos de chameau. Comme la marchandise occupe un volume considérable, eu égard à sa faible valeur, on soumet d'ordinaire l'alfa à de puissantes presses hydrauliques, de façon à en faire des bottes, que l'on cerce de fer. Grevés des frais de récolte, de transport, de pressage, de fret, les 100 kilogrammes d'alfa reviennent au Havre environ à 14 francs.

Dans les conditions actuelles, l'exploitation de cette matière première est extrêmement peu rémunératrice. Le traitement de l'alfa pour pâte à papier est aujourd'hui entièrement fait en Angleterre, grâce au prix moins élevé de la houille, de la soude et du chlorure de chaux. Le papier obtenu, très blanc et très solide, peut rivaliser avec les meilleurs papiers de chiffons, et il serait tout à fait désirable de voir cette industrie s'implanter près des lieux de production. La valeur de l'alfa sur pied est tellement minime qu'une telle entreprise apparaît aujourd'hui possible, le transport de produits chimiques en admettant qu'il faille les importer étant forcément beaucoup moindre que celui de l'alfa lui-même.

Les fibres libériennes du baobab (*adansonia dégitata*), celles de la canne à sucre après extraction du suc sucré, sont parfois utilisées pour pâte à papier. Dans les deux cas, les matières fortement divisées au pilon dans un courant d'eau, sont mises à macérer avec 1/10 de leur poids de soude caustique, d'abord à froid, puis à l'ébullition. On lave enfin à grande eau, on blanchit au chlorure de chaux, et on lave encore à l'eau pour éliminer le chlore. La bagasse canne est surtout traitée à Maurice.

Les jeunes pousses de bambous, utilisées depuis un temps immémorial par les Chinois, sont très propres à la fabrication du papier. Cette plante dans les pays d'origine, peut donner un rendement de 15 tonnes à l'hectare en produit utilisable. On divise les pousses en rubans étroits, et on les traite par un alcali, de façon méthodique et continue, dans une série de cuves. Les traitements ultérieurs sont les mêmes que pour les matières précédentes. Le bananier peut être traité de la même façon.

Plusieurs chardons, et en particulier l'onoporde acanthe, certaines ombellifères telles que les ferula, fournissent des fibres longues, tenaces, faciles à blanchir et donnant des pâtes d'une grande beauté. Le seul inconvénient capital, à vrai dire, est que ces plantes ne sont pas cultivées et ne sauraient être d'un emploi véritablement industriel.

Le foin et la paille sont au contraire des matières d'un emploi courant. Le foin que l'on utilise est celui des prairies naturelles, formé de graminées, et le meilleur est celui des prairies humides, envahies par le carex, et donnant un produit peu propre à la nourriture du bétail. Nous reviendrons

ultérieurement sur ce sujet à propos des papiers de pailles.

Le genêt peut fournir des fibres tenaces et très blanches, propres à la fabrication du papier. On les isole en faisant macérer dans des fosses, sous l'eau, les rameaux de la plante. On a aussi utilisé les fibres retirées du « gombo » ou (*hibiscus esculentus*), malvacée de Syrie et d'Égypte. Le jute, si employé aujourd'hui comme textile peut donner également de la pâte à papier, on le traite d'ordinaire à l'état de chiffon. Le maïs cultivé sur une très vaste échelle dans quelques régions des Etats-Unis, par exemple, fournit d'excellent papier, beaucoup moins fragile et plus tenace que le papier de paille ordinaire, parce qu'il contient peu de silice. La mousse sèche, dans les contrées où elle est abondante, comme dans l'Europe septentrionale, est une très bonne matière pour papier. L'écorce du mûrier à papier (*Broussonetia papyrifera*) est employée par les Japonais et les Chinois pour fabriquer, à la forme, les beaux papiers que l'on connaît, et qui reçoivent, dans les pays d'origine, les applications les plus variées. Le mûrier blanc, cultivé chez nous, dans les régions à magnaneries, fournit aussi des fibres très belles, faciles à isoler de l'épiderme. On utilise les branches provenant de la taille annuelle des arbres.

On utilise encore pour pâte à papier les zostères qui croissent en si grande abondance sur certains points des côtes et que les tempêtes rejettent. Les cossettes de betterave elles-mêmes sont utilisables grâce à leur prix de revient presque nul.

Les aiguilles de sapin et de pin sèches ou vertes, peuvent avantageusement être traitées. On commence par les ramollir à l'eau ou à la vapeur, puis on les aplatit et on les défile entre des cylindres armés de pointes. On traite alors cette pulpe par un bain de lessive de soude et de savon brun, que l'on renouvelle jusqu'à enlèvement complet des matières résineuses. On achève ensuite la transformation en pâte et l'on blanchit par les procédés ordinaires.

Les variétés de tourbe fournies par les sphaignes, qui ont conservé leur nature filamenteuse et sont d'une couleur rouge-brun, sont propres à faire du papier ; on sait d'ailleurs que cette matière se prête à la fabrication de certains tissus vantés comme hygiéniques. Une plante très abondante dans les contrées marécageuses, la massette (*Typha latifolia*) et que certaines contrées

produisent en quantités énormes donne une pulpe très pure en en traitant les feuilles à chaud par une lessive alcaline, pendant quelques heures. Au sortir de ce bain, sous une pression de 3 atmosphères, les fibres sont désagrégées ; on presse fortement la pulpe et on la lave dans une eau courante, en la plaçant dans des paniers à claire-voie. Elle peut être employée telle quelle pour la fabrication des papiers d'emballage. Les feuilles de Yucca et d'Aloès peuvent être traitées de la même façon.

Nous avons donné cette liste de matières premières pour montrer la variété des végétaux susceptibles d'être convertis en papier. En réalité, le bois est d'une importance autrement considérable et, si nous voulions nous en tenir au titre de ce livre, nous ne parlerions même que de la pâte de bois obtenue par des agents chimiques, en laissant de côté le bois défibré ou « pâte mécanique », mais ces deux ordres de produits sont assez inséparables, ils ont des points de contact nombreux en ce sens qu'on les mélange pour la fabrication, en proportions variables, et que la pâte obtenue mécaniquement doit être elle-même blanchie par des moyens chimiques.

L'idée de transformer mécaniquement le bois en pâte à papier paraît avoir été réalisée pratiquement par Keller, dont la machine a été perfectionnée par Vœlter. Cette fabrication est des plus simples ; elle consiste à isoler par frottement contre un corps muni d'aspérités les fibres ligneuses. Celles-ci sont obtenues très courtes, de sorte que le papier qu'elles donnent n'a pas de solidité, les fibres ne se feutrant pas. Par contre, ce papier est d'un bon marché excessif et il est la providence de journaux à un sou.

Cette pâte à papier a encore un inconvénient, tenant il est vrai, à son mode de production. Les usines qui traitent les bois s'établissent autant que possible au centre, ou à proximité des districts boisés, et la pâte qu'elles produisent est exportée. Pour cela, on lui enlève la majeure partie de son eau, dont le poids grèverait lourdement le transport, et on la délaie à l'arrivée pour l'emploi. Ce délayage est difficile à réaliser avec perfection, et il en résulte des « boutons » qui mettent rapidement hors d'usage les caractères d'imprimerie, pendant la durée du tirage quotidien.

Ce sont naturellement les pays forestiers qui ont monopolisé

cette fabrication. La Suède et la Norvège viennent au premier rang, parce qu'elles possèdent des essences très convenables pour pâte à papier, et des chutes d'eau pouvant fournir les forces motrices considérables qu'exige la fabrication. En Autriche, en Suisse, aux Etats-Unis, en France également, cette industrie a pris une grande extension. Tous les bois blancs, le bouleau, le platane, le tremble surtout sont d'un bon emploi, mais certains conifères du nord, le sapin blanc de Norvège par exemple, donnent une pâte beaucoup plus résistante.

La série des opérations peut être la suivante : le bois d'âge jeune ou moyen, ne dépassant pas 25 centimètres de diamètre, abattu en hiver, est débité en morceaux de grandeur convenable, en rapport avec le système de défibreur employé. On lui fait parfois subir alors, soit un lessivage dans une eau légèrement alcaline, soit un étuvage à la vapeur. On extrait ainsi certaines substances telles que les gommés, les résines, les tannins, avec un double avantage ; ces substances sont très nuisibles à la fabrication du papier et surtout à sa blancheur, et elles peuvent avoir une valeur commerciale. On défibre alors par des moyens que nous allons examiner, et on presse la pâte obtenue, de façon à ce qu'elle conserve environ 50 % d'eau. D'autres fois, on fait subir à la pâte une dessiccation à l'air chaud qui lui enlève encore la moitié de cette quantité d'eau. Elle se conserve mieux, mais elle est d'un emploi plus difficile à cause de la difficulté avec laquelle elle se délaie.

La machine primitive, construite par Wœlter en 1865 et encore usitée, consiste en une meule de grès dur, verticale ou horizontale, tournant à la vitesse de 150 tours par minute, dont le diamètre est 1^m,20 et la largeur utile 0^m,40. Cette meule est enfermée dans une enveloppe en fonte, et celle-ci porte, ménagée sur son pourtour, des cases où l'on place le bois préalablement écorcé et en tronçons de 30 à 35 centimètres. Afin que le bois soit toujours en contact avec la meule, des sabots en fonte pressent sur lui de façon régulière, et c'est la meule elle-même, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, qui produit cette pression. De l'eau mouille constamment la surface de la meule, enlève les fibres dissociées et les conduit dans des tamis. Ce sont des tambours tournants garnis de toiles métalliques de plus en plus fines et tournant de moins en moins vite. Ils sont placés dans

des caisses, au milieu de la pâte délayée, et celle-ci pénètre à leur intérieur si elle est assez fine. Cette pâte ainsi puisée par le premier tambour est conduite dans la seconde caisse pour subir l'action filtrante du premier tambour et ainsi de suite. Le dernier ne doit laisser passer que l'eau. Des rouleaux détachent constamment les parties grossières qui adhèrent aux tambours. La pâte insuffisamment moulue, provenant des deux premières caisses, est envoyée au raffineur. C'est un moulin à deux meules horizontales, l'une fixe et l'autre mobile, au sortir desquelles la pâte raffinée retourne aux tambours. Une machine Wœlter à 8 cases, produisant 2,500 kilos de pâte sèche par semaine, absorbe 100 à 120 chevaux-vapeur ; aussi cette énorme force

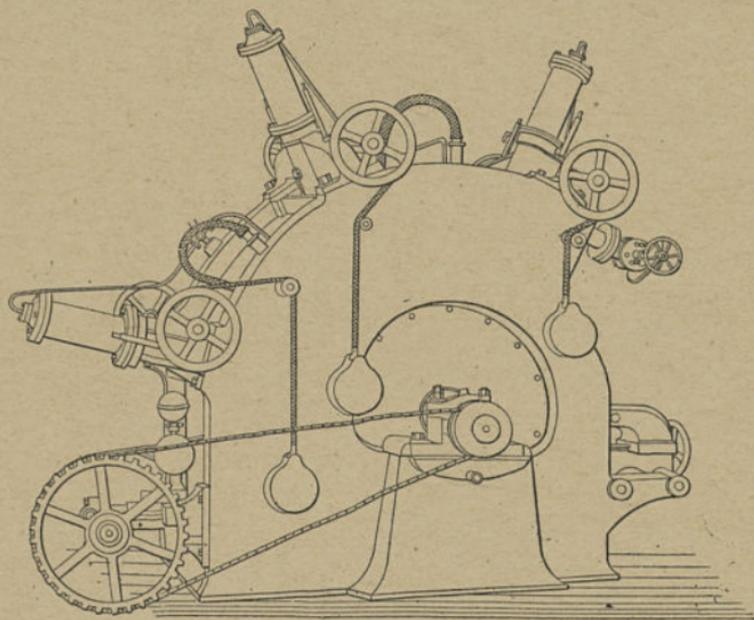


Fig. 20.
Appareil Wœlter à pression hydraulique.

motrice est-elle le principal obstacle à son emploi et ne peut être réalisée que par des chutes d'eau.

L'installation est complétée par un épurateur placé entre le défibreur et le moulin raffineur, servant à arrêter les éclats de bois et à laisser passer la pâte fine en retenant celle destinée au raffinage, et par un presse-pâte transformant le produit humide en pâte à 50 %.

Ces machines ont été perfectionnées surtout au point de vue de la réduction de la force motrice et de la longueur de la fibre obtenue. On a reconnu qu'il valait mieux presser moins fortement le bois contre la meule et l'on a appliqué dans ce but la force hydraulique pour produire la pression. On a augmenté le diamètre des meules jusqu'à 1^m,80, leur largeur jusqu'à 0^m,50. Enfin, on a appliqué aux défibreurs des régulateurs très ingénieux, dont voici le principe : un vase cylindrique, chargé avec le bois à défibrer, reçoit un courant d'eau constant, et perd d'autre part une quantité d'eau proportionnelle à la vitesse du défibreur, la pompe d'extraction étant solidaire de celui-ci. Grâce à cet artifice, le bois fait office de soupape-flotteur et presse d'autant plus contre la meule qu'il y a moins d'eau dans le vase pour le soulever. Or, ce fait se produira si la machine va trop vite et extrait trop de liquide, mais la pression plus forte du bois ralentira aussitôt cette marche. Le contraire se produira si la machine va trop lentement.

Il a été créé, comme on pense, de très nombreux systèmes de défibreurs, modifications plus ou moins heureuses du précédent. Le défibreur tangentiel de MM. Escher et Wyss produit un véritable arrachement des fibres sur le pourtour du tronçon de bois, celui-ci tournant en sens inverse de la meule verticale. Il en résulte la production de fibres longues qui améliorent beaucoup la qualité des pâtes mécaniques. Cette machine est complétée par un assortisseur centrifuge à deux caisses superposées qui classe la pâte par ordre de finesse.

L'appareil Montgolfier se compose d'une meule horizontale en grès, sur la surface plane de laquelle le bois est pressé par des pistons en pierre. Ces pistons sont solidaires et reliés à une barre munie d'un contrepoids d'eau, de telle sorte que l'on peut régler la pression par le simple écoulement de cette eau.

Un courant d'eau entraîne la fibre produite, mais les choses sont disposées de telle façon que la fibre, produite en un point par friction du bois sur la meule, traverse ensuite une case où

elle est pressée entre la meule et une plaque fixe et où elle se

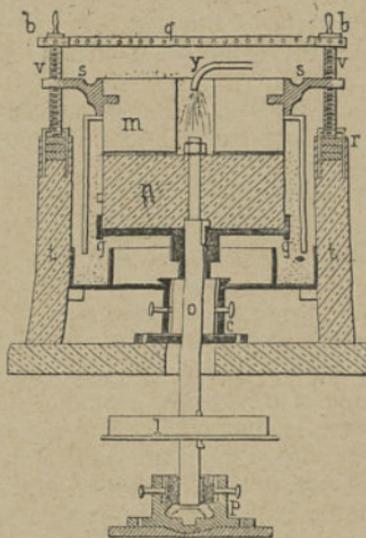


Fig. 21.
Défibreuse Montgolfier.

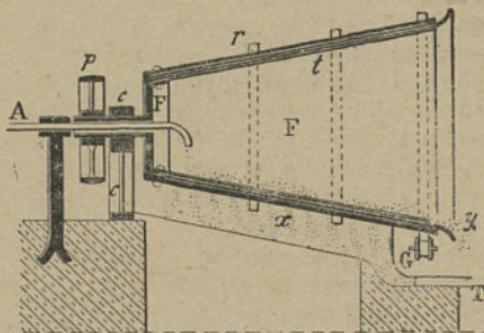


Fig. 21.
Défibreuse Montgolfier.

raffire. Elle sort ensuite par une case libre aboutissant à une

rigole circulaire. Une meule comporte d'ordinaire 4 groupes de 3 cases successives. Par la suite, cet appareil a été notablement modifié. La meule horizontale n'a plus que le rôle de défibreur. Au sortir de là, la pâte arrive dans un épurateur en forme de cône placé horizontalement et dont la surface latérale est en toile métallique. Les parties qui n'ont pu traverser le cône tombent à son ouverture et sont reprises par un moulin raffineur à 2 meules horizontales dont l'inférieure est mobile et qui peuvent se rapprocher à volonté.

Dans l'appareil Voisin, deux meules horizontales servant de raffineur sont surmontées d'un cylindre broyeur. Celui-ci est fixé sur la meule supérieure fixe, sa paroi interne porte des saillies venues de fonte entre lesquelles peuvent passer des causes portées sur un arbre vertical qui est également celui de la meule inférieure mobile. L'appareil Wallary opère un véritable grattage du bois. Il se compose d'une table fixe percée de trous d'alimentation, et d'un disque tournant également horizontal et muni de racloirs à lames coupantes disposées radialement et munies de dents alternées. Le moulin King est surtout relatif au traitement de la sciure de bois de toute grosseur. Il se compose de deux meules dont les faces contiguës sont garnies d'émeri. La meule fixe a la forme extérieure d'une calotte hémisphérique, la meule tournante est un cône à large base, agissant par sa surface latérale et pouvant être rapprochée à volonté de la meule fixe dont la surface triturante a la même forme. On lui substitue avec avantage un « pulp-engine » analogue à celui qui sert dans le traitement des chiffons. Cet appareil consiste en 2 meules de fonte verticales, munies suivant leurs rayons d'un très grand nombre de lames saillantes en acier. L'une est fixe et en son centre débouche un gros tube incliné amenant la matière à traiter. L'autre est mobile, et l'intervalle compris entre les deux meules maximum au centre, devient sensiblement nul à la périphérie. On peut du reste rapprocher à volonté les 2 meules qui sont enfermées dans une caisse commune en fonte. La pâte s'échauffe par la périphérie.

Une société pour la fabrication de la pâte de bois a fait construire une défibreuse dans laquelle le bois à traiter est pressé contre les deux faces parallèles d'une meule verticale. Ce système paraît offrir de réels avantages ; l'usure inégale qui se produit

dans les meules travaillant par leur pourtour est évitée, les fibres produites s'écoulent rapidement au lieu de stagner comme sur une meule horizontale, la pression du bois sur la meule est bien équilibrée.

Le bois peut être par ce moyen défibré dans le sens de la longueur, par arrachement des fibres, ce que ne saurait produire aussi bien une meule à surface courbe, qui creuse dans la bûche une concavité et n'attaque pas de la même façon les fibres en deça et au delà. Enfin, le pourtour de la meule restant libre, peut être cerclé de fer, ce qui s'oppose aux ruptures par excès de vitesse, fréquentes dans les meules de grand diamètre.

Les procédés dans lesquels un traitement chimique précède le défibrage sont également nombreux.

Dans le procédé Aussedat, par exemple, on traite le bois par la vapeur sous pression dans un autoclave vertical pendant plusieurs heures. La vapeur est produite directement dans la région inférieure, séparée du bois par une double grille. Ce traitement facilite beaucoup la désagrégation ultérieure. Si l'on veut obtenir de la pâte pour papier blanc, on remplit d'eau entièrement l'autoclave, en laissant ouvert le robinet d'échauffement, et l'on fait bouillir jusqu'à ce que, par évaporation, le niveau du liquide soit descendu au-dessous de la grille. En fermant alors le robinet, on se replace dans les conditions précédentes et l'on cuit à la vapeur le bois, que ce lessivage a débarrassé d'une grande partie de ses matières colorantes.

On peut d'ailleurs agir plus efficacement en remplaçant l'eau par une lessive alcaline, mais l'appareil ne peut plus fonctionner que plein, car l'évaporation, ayant pour effet de concentrer de plus en plus la lessive, l'action sur la charge de bois serait tout à fait hétérogène.

En parlant de la pâte de bois chimique, nous verrons quels procédés ont été imaginés pour ces traitements. On peut aussi produire la vapeur dans un générateur séparé, comme dans le procédé Meyle et Wœlter.

Dans le procédé Meech, on traite le bois dans un cylindre vertical à agitateur par de l'eau légèrement alcaline, sous pression de 4 à 6 atmosphères. Le bois, introduit en copeaux dans l'appareil, passe ensuite dans un broyeur formé de deux cônes cannelés, accolés par leur base et tournant horizontalement dans

une enveloppe. Au sortir de cette trituration, la fibre est aspirée par une pompe rotative qui la refoule d'autre part dans le haut

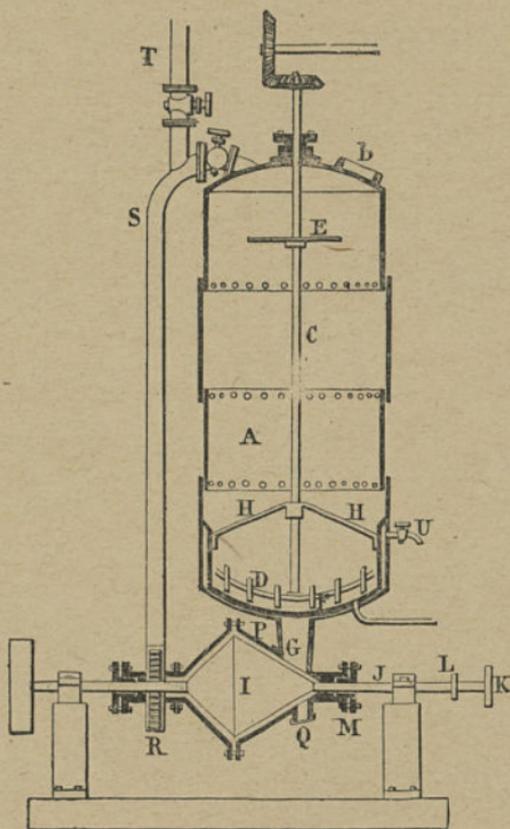


Fig. 22.
Appareil Meech.

du cylindre autoclave. Elle subit une deuxième ébullition, repasse de nouveau dans le concasseur et ainsi de suite. Le même appareil sert ensuite à opérer le blanchiment au chlore liquide.

M. de Angelis emploie l'acide sulfureux. Le bois réduit en

copeaux à l'aide d'un tambour à lames d'acier, est introduit dans une cuve à agitateur, où arrive une solution d'acide sulfureux. Cette pâte blanchie est ensuite raffinée par un cylindre en granit, tournant au contact d'un sommier concave également en granit.

Dans le procédé Mougeot et Bayer, la cuisson préalable à la vapeur a simplement pour but de ramollir le bois, qui est ensuite tranché en disques à l'aide d'une sorte de coupe-mains et broyé à l'aide d'un moulin horizontal.

Les pâtes mécaniques, obtenues par ces procédés sont rarement employées pures, pour les raisons que nous avons données plus haut, mais les papiers à journaux peuvent en recevoir 75 à 80 % et beaucoup de qualités fines de papiers sont améliorées par l'introduction dans leur pâte d'un peu de ce bois défibré, qui, ayant la fibre très courte, joue le rôle de charge en remplissant les intervalles des fibres longues et donne « de la main » au papier. Quelques chiffres donneront une idée de son importance. La Norvège seule possède actuellement plus de 50 fabriques de pâte mécanique, exportant 150.000 tonnes de produit supposé sec.

Ces pâtes brutes sont employées pour quelques usages avant tout blanchiment, mais elles doivent d'ordinaire subir cette opération, que nous décrivons après avoir traité de la fabrication des pâtes chimiques, les moyens de blanchiment étant les mêmes.

CHAPITRE VIII

Pâtes de bois chimiques

Le traitement du bois par les agents chimiques, en vue de la préparation des pâtes à papier, consiste à séparer la cellulose pure en aussi forte proportion que possible, tout en lui conservant la forme qu'elle possède dans le tissu végétal. Cela revient à dire qu'il faut isoler le squelette de cellulose des fibres des matières incrustantes qui s'y sont déposées et que nous avons longuement étudiées dans les premiers chapitres de cet ouvrage. Ces matières sont solubles dans divers réactifs, qui laissent intacte la cellulose pure, mais qui peuvent modifier assez ses qualités physiques, à défaut de sa forme extérieure, pour qu'il faille étudier soigneusement l'action de ces réactifs.

Il sera bon de faire précéder l'action de ces dissolvants de la vasculose par un traitement en liquide neutre, comme l'eau, surtout à chaud, qui dissout un grand nombre de corps contenus dans le bois et permet de les extraire, tout en facilitant le traitement ultérieur.

Les acides minéraux ne sauraient être employés qu'à l'état très dilué, pour parfaire l'action dissolvante de l'eau, car ils transforment rapidement la cellulose en glucose. Il faut en excepter l'acide azotique, oxydant énergique de la vasculose et la transformant en produits solubles dans les alcalis, sans toucher sensiblement à la cellulose. Mais cette action de l'acide azotique est celle de tous les oxydants, et il en est de plus efficaces, tout en étant plus inoffensifs et moins coûteux. Tels sont l'eau oxygénée, le chlore et les hypochlorites, le permanganate de potasse.

Les alcalis agissent de même sur la vasculose non pas à froid comme les corps précédents, mais à 130° et par conséquent en

vases clos. Il en est de même de l'acide sulfureux et des sulfites solubles, qui sous pression, à partir de 110° , oxydent la vasculose sans toucher à la cellulose. Ces corps, surtout le bisulfite de soude, comptent parmi les meilleurs agents de traitement du bois et sont de plus en plus employés.

Le choix des bois n'est pas indifférent, ceux-ci étant d'autant plus faciles à traiter qu'ils contiennent moins de vasculose et de produits extractifs. Les bois blancs non résineux et tendres, peuplier, saule, aune, tilleul sont évidemment à préférer.

Nous décrirons en premier lieu les procédés basés sur l'action des alcalis, comme étant les moins employés aujourd'hui, pour nous étendre davantage sur les procédés aux sulfites.

Le bois est d'abord débité en fragments. L'appareil employé dans ce but peut avoir des dispositions très diverses. Ce peut être une puissante varlope verticale, contre laquelle viendront buter par leur poids des buches, préalablement écorcées et provenant d'un magasin supérieur. Ces copeaux sont en général broyés en morceaux de la grosseur d'une noix entre des cylindres cannelés, avant de subir le lessivage.

Celui-ci s'opère dans une chaudière cylindrique ou sphérique muni d'un trou d'homme, d'appareils manométriques et de sûreté, etc. ; elle peut se fermer hermétiquement et se chauffe à la vapeur, soit par une double enveloppe, soit par un serpentín. La chaudière est souvent disposée de façon à pouvoir basculer sur deux tourillons, ce qui facilite son chargement et sa vidange. On la remplit aux deux tiers avec le bois en copeaux, et on introduit la lessive avec ou sans vide préalable. Cette dernière opération permet à la lessive d'imprégner plus complètement le bois. On chauffe à 130° - 200° , pendant 6-10 heures, la lessive qui ne marque jamais plus de 15° à l'aréomètre. Une fois l'opération terminée, on évacue la lessive, qui s'est fortement colorée, et l'on retire le bois désagrégé sous forme d'une bouillie jaunâtre ou grisâtre.

Cette matière subit alors un lavage abondant, autant que possible dans des appareils méthodiques où la pâte circule dans des eaux de plus en plus pures. L'eau au contraire se charge de plus en plus de l'alcali retenu par la pâte et peut, au sortir du laveur, être dirigée, de même que la lessive elle-même, aux fours à régénérer l'alcali.

La pâte lavée est ensuite désagrégée très complètement dans des moulins divers, que nous décrirons ultérieurement. On obtient finalement une « demi-pâte » que le blanchiment et le raffinage rendront propre à la fabrication du papier. Il y a à ces traitements par les alcalis de graves inconvénients. Les chaudières autoclaves, de grandes dimensions, doivent supporter des pressions considérables, la dépense en combustible est très forte ; enfin, on perd une quantité notable de cellulose, car, si, théoriquement, une température de 130° suffit à oxyder la vasculose, il faut, dans la pratique industrielle, dépasser notablement cette température et cela pendant un temps considérable, de sorte que la cellulose est fortement attaquée et qu'on en perd jusqu'à 50 %. C'est pour éviter en partie ces défauts de la méthode que l'on a cherché à fabriquer des pâtes demi-chimiques, où une partie seulement de la vasculose a été éliminée, mais qui est privée de toutes les matières organiques facilement solubles à 130° dans la lessive, et qui est par conséquent plus pure que la pâte mécanique. Nous allons voir maintenant comment cet aperçu théorique a reçu sa réalisation dans les divers procédés industriels.

Dans le procédé Deininger, on utilise une lessive très faible de soude, marquant 1° Baumé seulement, portée à 80°, et que l'on force à pénétrer dans le bois par la pression d'une pompe. Le traitement dure 10 heures et donne une pâte demi-chimique très peu attaquée, avec un bon rendement. Le procédé Keegan est assez analogue, la soude caustique employée marque environ 2° B, elle est injectée dans le bois débité en minces plaquettes et placé dans un autoclave cylindrique et rotatif. La pression est donnée par une presse hydraulique à raison de 4 atmosphères, pendant 30 minutes. On soutire alors la lessive, et on soumet le bois dans l'appareil, à l'action de la vapeur surchauffée à 150°, vapeur qui arrive dans la double enveloppe de l'appareil.

Le procédé Ungerer consiste en un lessivage méthodique du bois dans une série d'autoclaves communicants, au nombre de 9. Ceux-ci sont préalablement remplis de bois râpé, et une tuyauterie spéciale permet d'isoler à volonté un seul ou un groupe quelconque d'autoclaves. On isole donc les 3 derniers, soit 7, 8 et 9, et on fait arriver dans le premier autoclave la lessive sous une pression de 6 atmosphères. Cette lessive traverse successivement les 6 premiers appareils, et arrive dans le sixième avec

une pression beaucoup plus faible, $1/2$ ou 1 atmosphère par suite de la chaleur qu'elle a cédée. On ouvre le robinet de vidange de

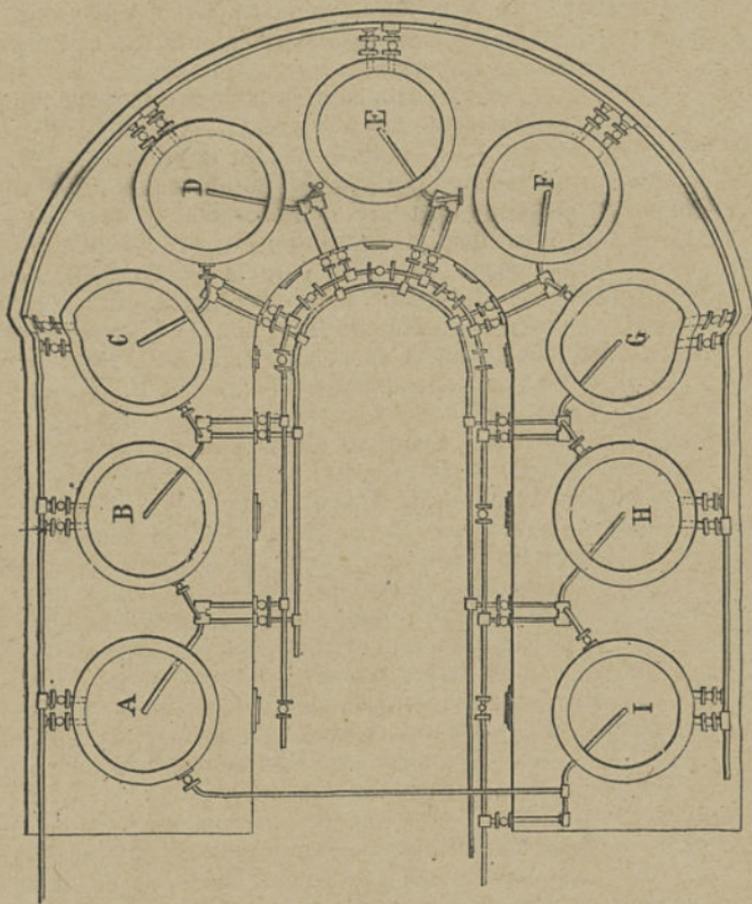


Fig. 23.
Appareil Ungerer.

l'autoclave 6 et on soutire environ son volume de lessive épaisée.

On ferme alors le robinet, et on déplace par de l'eau la lessive contenue dans l'autoclave 1. Cette lessive passe dans l'autoclave 2, tandis que le n°1 ne contient plus que de l'eau. On isole ce dernier. Par ce refoulement, l'autoclave 6 qui venait d'être vidé s'est rempli ; on injecte alors la lessive à 6 atmosphères dans l'autoclave 2, et on fait entrer dans la série l'autoclave 7. C'est celui-ci que l'on soutire ensuite, on déplace de même la lessive de l'autoclave 2, qui se remplit d'eau, et qu'on isole, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le n° 9 soit enfin traité. A ce moment, le contenu de l'autoclave 1 a subi 3 lavages à l'eau pure par refoulement successif, on peut le vider et le recharger de bois. Cet autoclave devient alors le dernier de la série. Mais l'eau de lavage, qui après avoir parcouru 1, 2 et 3, serait refoulée dans le n° 4 est trop impure, on la soutire, et on refoule par l'autoclave n° 2 de nouvelle eau. Le cycle continue ainsi indéfiniment, de sorte que pendant une opération, qui dure 6 à 7 heures, on a 5 à 6 chaudières en lessivage à des pressions décroissantes deux à trois autres en lavage et une en chargement, dont on vient de recueillir le produit lessivé et lavé. La série des 9 autoclaves est disposée en fer à cheval, ces appareils sont munis d'une enveloppe isolante en bois et d'un foyer pour éviter et les déperditions de chaleur, et le refroidissement trop rapide. La pâte que l'on obtient est déjà très décolorée ; on peut la blanchir dans le même appareil par un deuxième lessivage sans pression, puis un traitement au chlorure de chaux suivi de lavages à l'eau pure.

Les procédés Blyth et Southby, Armittage, sont des modifications du procédé Keegan, consistant comme celui-ci, à imprégner le bois d'une lessive alcaline qu'on égoutte, puis à le traiter par la vapeur surchauffée. Les différences portent sur la concentration de la lessive et la température d'attaque.

Dans le procédé Meyle et Wœlter, le traitement par la soude est précédé d'une injection de vapeur à 3 ou 4 atmosphères. Les matières extractives sont dissoutes et l'air chassé. Si l'on vient ensuite à condenser la vapeur par l'introduction d'une lessive alcaline, celle-ci pénétrera dans tous les pores du bois. On chauffe alors par la vapeur sous pression pour opérer la désagrégation du bois. On soutire la solution, qui peut servir à plusieurs opérations avant d'être régénérée, et le bois imprégné de lessive est envoyé à des broyeurs où la pâte est en même temps lavée.

Le procédé Houghton est basé sur l'emploi de deux autoclaves accouplés, le second étant chauffé au début par la vapeur détendue provenant du premier, de façon à économiser le combustible. Les autoclaves sont de grands cylindres horizontaux,

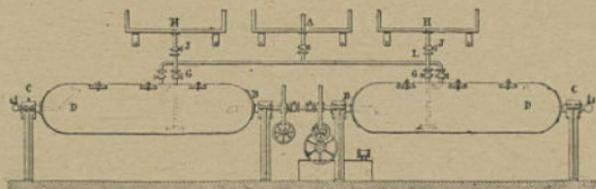


Fig. 24.
Appareil Houghton.

recevant la vapeur par un tube recourbé vers le haut qui traverse l'un des tourillons. Des barres placées à l'intérieur servent à brasser le contenu de la chaudière. On chauffe la lessive jusqu'à 15 atmosphères dans le premier autoclave, et on le fait alors communiquer avec le second, chargé de la même façon, jusqu'à équilibre de pression. Le deuxième autoclave est alors isolé, la pression complétée par adduction de vapeur. L'excès de vapeur que contient encore la première sert alors à réchauffer la lessive dans le réservoir où elle est contenue. On vide enfin cette chaudière, on la charge de nouveau, et c'est elle qui à son tour reçoit l'excès de vapeur de son opposée. On peut opérer avec 4 chaudières au lieu de 2.

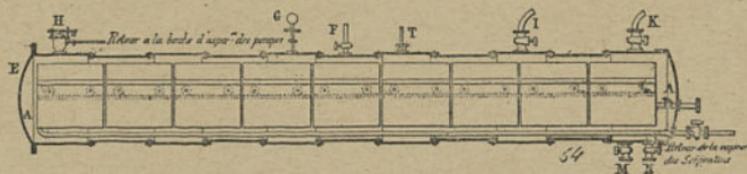


Fig. 25.
Appareil Farinaux et Dehemptine.

MM. Farinaux et Dehemptine se servent d'un vaste autoclave

horizontal, long cylindre semblable à ceux qui servent pour l'injection des bois. A l'intérieur, 2 rails servent à recevoir des paniers perforés remplis du bois à traiter. On ferme l'appareil lorsqu'il a reçu sa charge, et on le remplit entièrement de lessive. On comprime celle-ci jusqu'à 15-20 atmosphères, et l'appareil est disposé de telle façon que, à cette pression, le liquide retourne constamment à la pompe d'injection, de façon à circuler. On chauffe à l'aide d'un serpentín, jusqu'à 250 ou 300° pendant 2 heures. A ce moment, on soutire la lessive, et on la remplace par de l'eau pure, sous la même pression. Cette première eau est traitée en même temps que la lessive pour récupérer l'alcali. On retire la cellulose qui doit subir encore un ou plusieurs lavages à l'eau pure avant d'être blanchie. Comme le retour aux pompes de la lessive ou de l'eau se fait par l'intermédiaire d'une soupape de sûreté, on évite tout danger d'explosion. Les cylindres auto-claves sont du reste essayés à 30 atmosphères au moins.

Le procédé Dahl emploie pour le lessivage une solution complexe contenant du sulfate de carbonate, de l'hydrate de soude et de sulfure de sodium. On cuit le bois pendant plusieurs heures dans cette lessive, sous pression de 5 à 10 atmosphères, et on traite la cellulose comme dans tout autre procédé. La lessive soutirée est concentrée jusqu'à évaporation complète et son résidu calciné. Celui-ci est semblable à du coke, et il suffit de le traiter par l'eau pour régénérer la solution, car on a eu soin de mélanger ce résidu de calcination à un sel obtenu en cuisant une solution de sulfate de soude avec 20 % de chaux vive. Toutes ces opérations, assez compliquées, se font dans un four spécial, qui permet en outre de brûler les gaz dégagés.

Cette question capitale de la régénération des lessives alcalines est d'ailleurs l'objet d'un grand nombre de brevets spéciaux, et ce n'est pas une des moindres causes qui ont fait peu à peu renoncer à ces méthodes de traitement du bois. M. Lespermont, qui a imaginé un grand nombre d'appareils ingénieux dans l'industrie du papier, a proposé un four spécial pour l'évaporation des lessives. C'est une modification de l'appareil bien connu sous le nom de four Porion et qui est généralement employé. Celui-ci consiste en une sole sur laquelle la lessive est projetée par des palettes, de façon à opérer l'incinération en même temps que l'évaporation, dans deux régions différentes du four. Mais

comme les lessives provenant du traitement des bois sont très chargées, l'évaporation va plus vite que l'incinération, les matières pâteuses s'accumulent sur la sole et l'on doit arrêter la marche du four. Le procédé Lespermont a pour but de ralentir l'évaporation, en diminuant la température des gaz qui la produisent, par injection d'air, ce qui a en même temps pour effet de rendre plus active l'incinération. Un récupérateur de chaleur, placé entre les soles à incinérer et la galerie d'évaporation, complète le dispositif, et les hydrocarbures odorants, provenant des lessives régénérées et solides, sont envoyés sous la grille pour y être brûlés, ce qui supprime toute odeur.

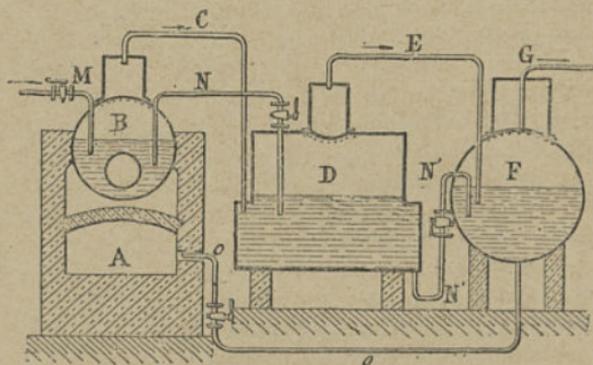


Fig. 26.
Appareil Størmer.

Dans le procédé Størmer, qui a le même objet, comprend trois chaudières, dont une seule est chauffée par un four à réverbère, on les remplit convenablement de lessive à évaporer, qui leur arrive ensuite de façon continue. Les vapeurs de la première passent dans la seconde, de là dans la troisième. En même temps, la lessive passe d'une chaudière à l'autre, et lorsqu'elle s'est concentrée très fortement dans la troisième, elle est enfin envoyée sur la sole du four à réverbère, où elle est calcinée. La concentration rapide dans les chaudières successives est due à la décompression que subit la lessive en passant de l'une à l'autre, dans une vapeur de plus en plus détendue. Cette vapeur, sortant de la

troisième chaudière, peut encore être utilisée à divers usages dans l'usine, jusqu'à ce qu'elle ait abandonné tout sa chaleur.

Dans le procédé Sinclair, on a simplement cherché à utiliser le mieux possible la chaleur en concentrant la lessive dans un véritable générateur multitubulaire à tubes d'eau inclinés, très ingénieusement construit, de telle sorte que toutes ses parties sont indépendantes et peuvent se dilater isolément.

On a cherché à tourner d'autre façon ce problème de la régénération des sodes, en employant d'autres alcalis. Les procédés Knab et Cahen, celui de la Société de la fabrication des pâtes de bois, le procédé Meyle et Wœlter emploient l'ammoniaque facile à régénérer par un lait de chaux, et cela d'autant plus complètement que la solution n'a pas besoin d'être très concentrée, et n'exige pas d'appareils distillateurs compliqués comme pour l'obtention de l'ammoniaque commerciale. Les corps gras, les huiles essentielles, la résine, ne sont pas décomposés par la solution ammoniacale, mais ils fondent sous l'action de la chaleur et sont aisés à séparer de la fibre. Le procédé Fiotié emploie le monosulfure de sodium. La régénération exige l'addition dans le four du sulfate correspondant au sulfure. Le procédé Blitz emploie de même un sulfhydrate de sulfure alcalin. On régénère les lessives par un courant d'hydrogène sulfuré. Dans le procédé Dufay, on a recours à la chaux. Comme les sels organiques de chaux, résultant du traitement du bois, sont insolubles, on traite la fibre dissociée par une solution d'acide chlorhydrique faible, puis on lave pour enlever toute trace d'acide.

Le lavage des pâtes au sortir des lessiveurs fait perdre une assez grande quantité de cellulose entraînée. Dans le procédé Red, on remplace le lavage à l'eau courante par un bain faible d'acide chlorhydrique à $\frac{2,5}{1.000}$. L'opération se fait dans un cylindre tournant. L'excès d'alcali est neutralisé, et la pâte, après passage à la presse hydraulique, peut aller directement au blanchiment.

On peut résumer ainsi les traitements que subissent actuellement dans les usines les pâtes venant des lessiveurs. On emploie souvent pour ceux-ci une disposition permettant de faire circuler le liquide caustique sur le bois, comme dans le procédé Houghton, mais avec des lessiveurs verticaux. Ceux-ci sont mu-

nis d'un double fond perforé et incliné, en avant duquel, à la partie la plus déclive, se trouve l'orifice de sortie de la pulpe de bois. Ce diaphragme est traversé par un tube vertical qui

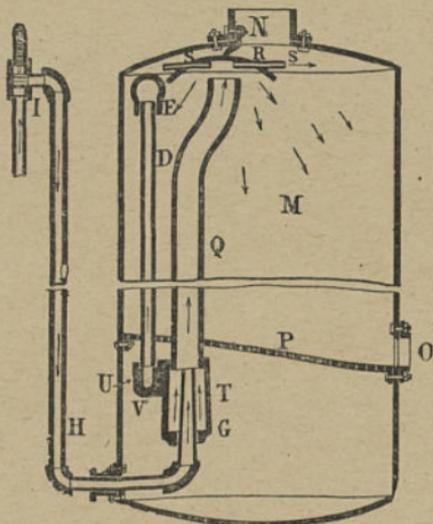


Fig. 27.
Lessiveur autoclave Charpentier.

aboutit à l'extrémité supérieure du cylindre, où il est surmonté d'un disque d'arrosage, permettant au liquide projeté de s'étaler en nappe et de se répandre en gouttes sur la matière à traiter. A sa partie inférieure, le tube vertical est vissé dans une boîte en fonte qui sert d'injecteur de vapeur. Elle porte en son centre, dans ce but, une buse conique qui termine le tuyau de vapeur venant du générateur, et sa base est percée de deux trous par lesquels la lessive située sous le diaphragme est aspirée et projetée par le tube. Pour que cette vapeur introduite dans le lessiveur ne produise pas un excès de pression à la partie supérieure, un second tube, parallèle au premier et terminé par une crépine perforée, prend cette vapeur dans la partie supérieure de l'appareil, et la conduit sous le diaphragme, où elle vient barboter

dans la lessive par deux tubes latéraux. Une soupape placée dans le tube d'amenée s'oppose d'ailleurs à tout retour de vapeur accidentel au générateur. La circulation du liquide est ainsi très active, sous pression et à chaud, et l'opération est rapidement terminée. On retire la pâte par l'orifice de décharge, et on l'envoie aux appareils chargés de la diviser. Ceux-ci peuvent être très divers : piles hollandaises, meules, pulp-engines, etc.

Les piles raffineuses diffèrent peu des piles ordinaires à effilo-cher telles que les emploie la préparation des chiffons. Elles comprennent une cuve elliptique munie d'une cloison médiane, de sorte que leur capacité est en forme de couronne allongée. Dans une des moitiés, au milieu, se trouve un gros cylindre dont le pourtour est armé de lames en acier ou en bronze, disposées par groupes de trois et faisant légèrement saillie. Le fond de la pile

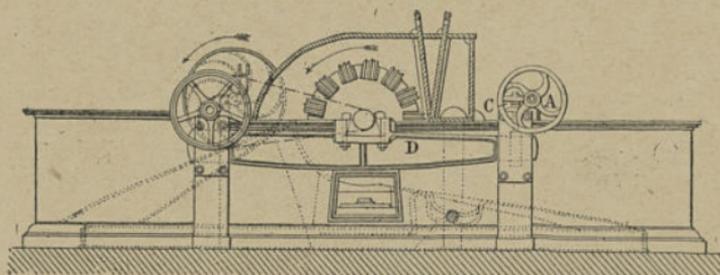


Fig. 28.
Pile Raffineuse.

se relève par un plan incliné, puis courbe, de sorte, qu'il existe un très petit espace entre la surface du cylindre et la portion de courbe du fond. De l'autre côté du cylindre, le fond de la pile s'abaisse de nouveau en plan incliné mais plus rapide. Le cylindre peut se soulever très légèrement ; à cet effet, son axe est supporté par des bielles dont une extrémité repose sur deux vis verticales, que l'on peut faire tourner à l'aide d'une vis sans fin. Le fond relevé de la pile porte dans le plan vertical du cylindre, une platine en fonte, portant de 8 à 14 lames, semblables à celles du cylindre, séparées par des coins en bois. L'intervalle entre les lames du cylindre et de la platine est très faible, il peut être

rendu variable par le soulèvement du cylindre, comme nous l'avons expliqué, ou par le soulèvement de la platine. Il suffit de monter celle-ci sur une pièce de fonte à base oblique, sous laquelle se trouve un coin mobile à l'aide d'une vis, et que l'on pourra par suite enfoncer ou retirer plus ou moins. Dans quelques piles, les lames de la platine sont elles-mêmes montées sur deux crémaillères dont les dents opposées glissent l'une sur l'autre comme autant de coins. On peut ainsi élever à l'aide d'une vis chaque lame à mesure qu'elle s'use. Un autre système de crémaillères analogues, mais placé latéralement, permet de serrer les lames à la place qu'on leur a donné. La platine n'est pas parallèle au cylindre, elle fait avec lui un très petit angle, et la partie de la platine la plus avancée est située du côté de la paroi externe. On la dispose ainsi parce que, dans le courant d'eau que produit la rotation du cylindre, la vitesse est toujours plus grande le long de la cloison médiane. Le cylindre fait de 100 à 200 tours par minute, il est surmonté d'un capuchon muni en avant de fines toiles métalliques qui s'opposent à la projection de parcelles de pâtes. Enfin, dans la seconde moitié de la cuve, se trouve un tambour laveur, également en toile métallique, qui laisse passer l'eau seulement. Ce laveur tourne sous l'action du courant, et l'eau qui arrive constamment dans la pile, après avoir lavé la pâte, est puisée dans ce cylindre par un tube en vis d'Archimède qui tourne avec lui.

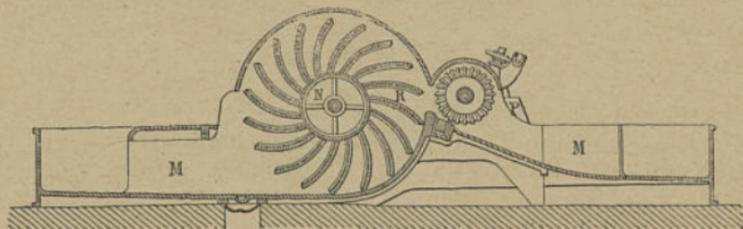


Fig. 29.
Pilo Debié.

On a beaucoup modifié ces piles raffineuses. Dans la pile Debié, Granger et Pasquier, le mouvement de la pâte, au lieu d'être produit par le cylindre, doit l'être par un élévateur à aubes courbes tournant très lentement. La pâte est ainsi élevée de façon

continue devant le cylindre, celui-ci tourne à une vitesse de 2 à 300 tours et l'excès de pâte qui ne peut trouver passage entre lui et la platine se déverse par une rigole latérale et retourne à la cuve. On évite ainsi la circulation plus active le long de la cloison médiane, en même temps que l'on brasse la pâte.

Nous avons décrit, à propos des pâtes de bois mécaniques, un pulp-engine destiné au traitement des sciures. Le raffinage des pâtes chimiques s'opère avec avantage dans des appareils analogues, disposés seulement pour un travail plus fin. Le pulp-engine Montgolfier, par exemple, se compose d'une meule mobile tournant verticalement entre deux meules fixes. L'écartement peut être réglé à volonté entre la meule mobile et la meule

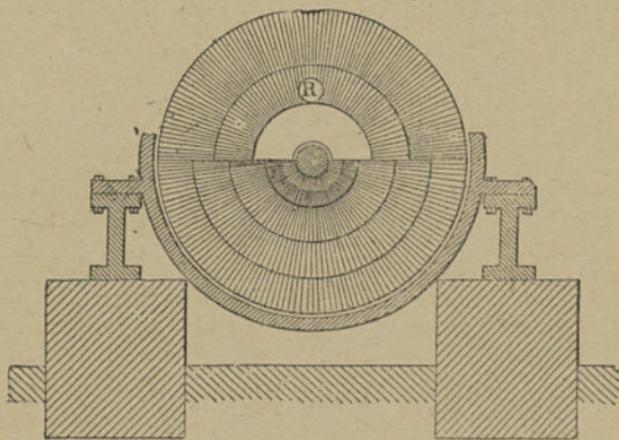


Fig. 30.
Meules de pulp-engine.

antérieure ; l'espace compris entre elles est plus grand au centre où arrive la pâte par un large tube, qu'à la périphérie. Au contraire, l'espace compris entre la meule mobile et la meule postérieure croît du centre à la circonférence. La pâte sort par cet espace où est ménagé un tuyau qui traverse la meule. Les trois disques sont en fonte et les lames en acier qu'ils portent sont extrêmement nombreuses. La face antérieure de la meule mobile en porte 500 et sa face postérieure 300. Ces lames sont disposées

radialement, et leur saillie décroît de l'avant à l'arrière de l'appareil, au point d'être presque nulle dans la région où la pâte sort du pulp-engine. A raison de 300 tours par minute, une machine produisant 2.000 kilos de pâte par jour absorbe environ 15 chevaux.

Un autre excellent appareil de raffinage est celui de la Société de Thode. Il se compose de deux meules horizontales en grès, dont l'inférieure est fixe. La meule supérieure est mue par un

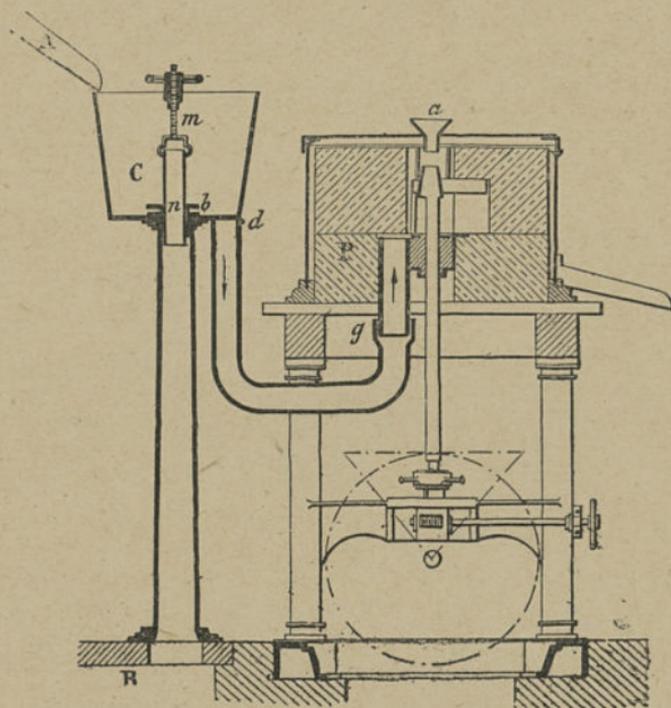


Fig. 31.
Raffineur de Thode.

mécanisme inférieur de façon à faire environ 120 tours par minute. Les surfaces frottantes des deux meules sont évasées

légèrement au centre, pour faciliter l'introduction de la matière à broyer, tandis que leur pourtour est très finement piqué et ne laisse passer la pâte à la périphérie que si elle est suffisamment raffinée. On peut d'ailleurs régler l'écartement de façon très précise en soulevant l'axe de rotation et la meule supérieure. L'alimentation du raffineur est automatique. A côté du moulin se trouve un bac supporté par une colonne creuse. L'ouverture par où la colonne s'ouvre dans le bac est occupée par un presse-étoupes, où se meut un tube vertical servant de trop-plein. Suivant que ce tube sera plus ou moins élevé au moyen de la vis qui le commande, le bac retiendra plus ou moins de pâte. Un second orifice, percé dans le fond du bac, conduit la pâte entre les meules par un tube en caoutchouc. A cet effet, la meule inférieure est traversée par un tube en fonte qui affleure sa surface. Comme le niveau de la pâte dans le bac est plus élevé que celui de la surface triturante, la pâte afflue continuellement entre les meules, est broyée par elles et s'échappe à la périphérie. Sa vitesse et par suite la capacité d'absorption du raffineur étant données, il suffit de régler en conséquence le tube de trop-plein par quelques tâtonnements, et de laisser arriver la pâte dans le bac. Le surplus s'écoulera par la colonne creuse et l'appareil fonctionnera régulièrement.

On peut installer quatre raffineurs commandés par un même arbre, la machine prenant beaucoup moins de force que les piles hollandaises. Elle tient aussi assez peu de place, on peut en installer quatre dans 30 mètres carrés, en tenant compte de l'espace nécessaire pour enlever les meules supérieures et les réservoirs de dépôts, citernes à fond demi-cylindrique avec agitateur horizontal. Une autre citerne sert à recevoir la pâte raffinée.

La pâte est alors dirigée vers un agitateur destiné à séparer les impuretés. C'est une boîte dont le fond est en forme de trapèze et dont les angles sont arrondis. Dans la partie la plus étroite se trouve un agitateur vertical dont les bras sont disposés en hélice. La pâte éprouve ainsi un mouvement lent vers la partie la plus large de l'appareil, où la pâte s'écoule dans les appareils laveurs. Ceux-ci consistent essentiellement en un agitateur horizontal qui permet à la pâte de flotter alors que les impuretés tombent dans les rigoles où une chaîne sans fin les entraîne. Les parties impures plus légères et flottantes sont retenues à la par-

tie supérieure du liquide par des planches inclinées. De là, la pâte est lavée sur un sablier, et, comme elle est très aqueuse, on l'épaissit au moyen de tambours laveurs semblables à ceux des piles raffineuses. Elle passe ensuite dans un cylindre armé de dents en bois ou en métal fixées en hélice sur sa surface latérale, puis sur un deuxième sablier, et enfin dans des canaux munis de rigoles plus profondes, dans un troisième sablier, jusqu'à ce qu'elle atteigne, parfaitement pure et lavée, les caisses de décan-tation ou les piles à blanchir. La condition essentielle pour la bonne marche de ces opérations est une énorme quantité d'eau très pure.

Voici quelques chiffres indiquant les quantités de pâte sèche (à 50 %) fournies par 100 kilos de matière brute :

Marronnier	39	Noyer	27
Tilleul, saule	38	Phormium	46
Peuplier du Canada, d'Italie, peuplier blanc	37	Alpiste, seigle, froment	44
Sapin, tremble, bambou	35	Roseaux, carex	42
Aulne, acacia, bouleau .	34	Maïs	40
Frêne, sapin rouge, orme	32	Orge, avoine, houblon .	35
Noisetier, pitchpin, hêtre	31	Asperge (tigé)	33
Osier, rotin, chêne . . .	29	Genêt, bananier	32
		Canne à sucre, chiendent	28
		Ortie	22

Le prix de revient de la pâte sèche obtenue par les alcalis ne peut être établi de façon ferme, le bois, l'alcali, le charbon, étant sujets à des fluctuations dans leur cours. En comptant par tonne de pâte sèche 2 tonnes 1/4 de bois sec, 500 kilos de soude à 60° B, 800 kilos de charbon, en déduisant comme soude régénérée 50 % de celle employée, on trouve environ 400 francs. Nous verrons que ce chiffre est notablement abaissé par l'emploi des sulfites alcalins.

Avant de passer à l'examen de ces procédés aux sulfites, nous en décrirons sommairement quelques autres, où l'on emploie d'autres corps oxydants.

Dans le procédé Schmidt et Granville, on traite le bois par une solution de chlore en opérant de la façon suivante : la solution, qui marque environ 5° B, est divisée en deux parties ; dans l'une, on fait digérer le bois en copeaux pendant 48 heures, puis

on l'en retire et on le fait bouillir, pendant 1 heure 1/2, dans la deuxième moitié du liquide. On prépare d'autre part une lessive de cendres à raison de 10 kilos par 100 kilos de bois, et on ajoute graduellement cette lessive au cours de l'ébullition, sans interrompre celle-ci. On lave ensuite à grande eau, et l'on envoie le bois aux appareils broyeurs.

Dans le procédé Fyfe, on introduit les copeaux minces de bois dans un autoclave rotatif où l'on fait le vide. Puis on y fait arriver de l'eau, qui imprègne rapidement le bois, et l'on chauffe à la vapeur sous faible pression, pendant 3 heures. On fait alors écouler l'eau. On refait le vide dans l'autoclave, et on y introduit alors une solution de chlorure de chaux à 10° B. On soutire le bain après une heure d'immersion. On refait le vide une troisième fois pour aspirer le gaz chlore resté dans les pores du bois et on refoule ce gaz dans la solution soutirée, que l'on a additionnée de chaux, afin de récupérer le chlore. On lave les copeaux à l'eau chaude, puis à l'eau froide, puis avec une faible lessive de cendres, que l'on porte à l'ébullition pendant deux heures, on égoutte et on lave.

On recommence une deuxième fois toutes les opérations à partir du bain de chlorure de chaux. Enfin la fibre est envoyée aux broyeurs.

Dans le procédé Noad, Martin et Pernell, le bois, débité en minces rondelles obliques, est mis à bouillir pendant quatre heures dans une solution faible de chlore. Il est alors défibré par un cylindre armé de couteaux à dents de scie, et on fait couler constamment sur le bois, pendant cette opération, une solution faible de chlorure de chaux. Enfin, les fibres produites sont traitées dans une chaudière avec un hypochlorite alcalin, que l'on chauffe sans pression. Elles s'y blanchissent, puis on les lave abondamment, et on les envoie aux broyeurs.

Dans le procédé Younez et Petigrew, on traite le bois par un acide oxydant, azotique ou azotique, en solution à 20% ; on chauffe à l'ébullition pendant 40 minutes en ayant soin de condenser les vapeurs acides. On écoule ensuite le liquide, on lave la fibre, et on la traite par une solution basique à 5 % de soude caustique, que l'on porte à l'ébullition à l'air libre ou en vases clos. On régénère l'alcali par les procédés ordinaires, et l'on peut aussi recueillir la liqueur acide provenant de plusieurs traite-

ments successifs. Elle contient une notable proportion d'acide oxalique.

Ces procédés ne paraissent pas s'être répandus dans l'industrie. Il n'en est pas de même de ceux aux bisulfites, basés sur l'action de l'acide sulfureux naissant sur la vasculose. Nous avons dit antérieurement que cet acide agissait à 110° soit à une pression de 1 atm 1/2, beaucoup moins forte que celle exigée par les alcalis, et que la vasculose seule était attaquée, laissant la cellulose intacte. Le rendement est plus fort et les chances d'explosion moindres. Par contre, le traitement par les sulfites ne peut se faire que dans des vases résistant aux acides, complètement émaillés dans toutes les parties en contact avec le liquide, et d'un prix assez coûteux.

Les opérations se suivent dans l'ordre suivant : Préparation mécanique du bois, cuisson à 110° dans un autoclave inattaquable à l'acide sulfureux, lavage de la cellulose à l'eau pure ou alcaline, désagrégation du bois dans des appareils *ad hoc*, enfin, régénération du réactif employé. On peut évidemment, avant tout traitement chimique, étudier à la vapeur et dans le vide pour extraire du bois le plus de principes solubles qu'il est possible.

Les lessiveurs autoclaves où se fait le traitement sont en fonte. Par suite de leurs grandes dimensions, on les construit en plusieurs pièces, réunies par des boulons avec interposition de joints de plomb.

L'émail devant recouvrir toutes les parties en contact avec le liquide intérieur est appliqué, non seulement sur la surface interne des tronçons, mais sur leurs joints et dans les ouvertures destinées aux boulons de serrages, de sorte que les garnitures de plomb sont comprises entre deux couches d'émail. Pour appliquer cet enduit protecteur, les pièces sont d'abord très soigneusement décapées et rincées, plongées dans un lait de chaux et séchées. On nettoie la surface avec une éponge et on applique, comme une peinture, une couche d'émail qu'il importe de sécher rapidement. On porte ensuite au four à moufle, l'émail entre en fusion et adhère solidement à la surface. Après refroidissement, on applique une seconde couche semblable à la première, l'émail est de composition variable, une bonne formule est la suivante :

Chaux.	6	Sable blanc . . .	50
Spath	10	Litharge	50
Sel de Soude. . .	5	Borax	20

On fond ensemble ces matières, on les projette à l'état pâteux

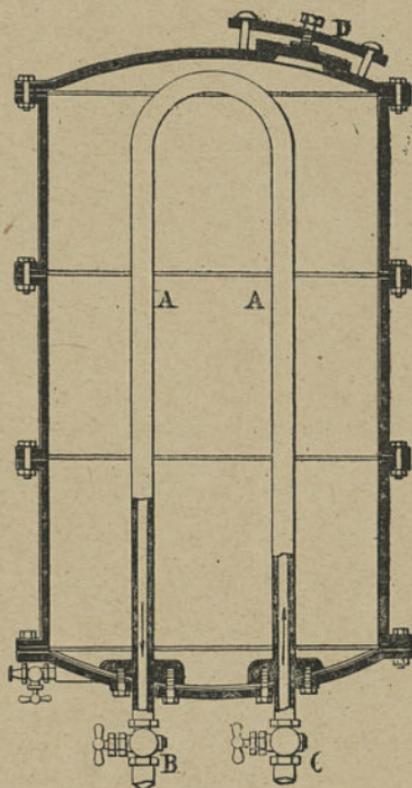


Fig. 32.
Autoclave lessiveur à sulfites.

dans l'eau froide pour commencer leur pulvérisation, et on achève celle-ci jusqu'à obtention d'une poudre impalpable, pouvant être délayée dans l'eau.

Le lessiveur est souvent vertical, terminé par deux calottes sphériques. A la partie supérieure est pratiqué un trou d'homme, à la partie inférieure sont ménagées les ouvertures d'entrée et de sortie de la vapeur. Celle-ci traverse simplement un gros tube en V renversé, émaillé extérieurement et fixé au fond de l'autoclave par des joints en plomb sur émail.

Les solutions que l'on emploie sont variables avec les procédés, dont nous décrirons quelques-uns.

Dans le procédé Mitscherlich, on se sert d'une solution d'acide sulfureux obtenue par réaction de l'acide chlorhydrique sur le sulfite de chaux, et contenant un grand excès de sulfite de chaux en suspension. La cuisson à 110° dure quatre heures.

Dans le procédé Weibel, le bois en rondelles est traité par une solution de bisulfite de chaux. Celle-ci est obtenue en faisant circuler, dans une tour, de l'acide sulfureux sur de la craie humectée, soit par barbotage de l'acide dans un lait de chaux. L'acide sulfureux est obtenu lui-même par le grillage des pyrites. On cuit à 108° tant qu'il se dégage de l'acide sulfureux. Au sortir de l'autoclave, la bouillie ligneuse traverse un concasseur qui la débarrasse des parties dures. Si l'on veut employer du bois moins finement divisé, on étuve préalablement à la vapeur dans le même autoclave. Cet étuvage facilite beaucoup l'action du bisulfite.

Le bisulfite de magnésie est employé dans le procédé Eckmann. L'autoclave est ici rotatif et entouré d'une enveloppe de vapeur. On ne le remplit pas tout à fait de la solution, on élève très graduellement la température et par suite la pression, de façon à atteindre 5 atmosphères après sept heures de cuisson. Celle-ci peut d'ailleurs, suivant les essences traitées, atteindre 7 atmosphères et durer 10 heures. On peut traiter la solution de bisulfite pour en extraire les gommés, les résines et autres principes dissous. La cellulose est assez blanche pour être employée telle quelle pour les papiers communs.

M. Allégot charge l'autoclave de bisulfite de chaux et de sulfate de soude, qui donnent par leur réaction du bisulfite de soude et du sulfate de chaux. D'après son auteur le procédé aurait l'avantage de ne point charbonner la cellulose, inconvénient qu'il reproche aux autres sulfites alcalins.

M. Raoul Pictet, qui s'est fait, pourrait-on dire, l'apôtre de

l'acide sulfureux et en a fait connaître de multiples utilisations, a imaginé avec M. Brelaz un procédé basé sur l'emploi de cet acide en solution concentrée pour le traitement du bois.

Celui-ci étant chargé dans l'autoclave, on y fait le vide et on introduit la solution acide. Celle-ci peut être obtenue de diverses façons : on peut, par exemple, dans l'autoclave rempli d'eau en quantité suffisante, injecter de l'acide sulfureux liquéfié, on y refoule du gaz sulfureux conservé dans un gazomètre à huile jusqu'à ce que le liquide en contienne 100 et jusqu'à 150 grammes par litre.

On fait alors arriver de la vapeur détendue, de façon à ne pas dépasser 80 à 90°. La pression, à cette température, s'élève, en effet, à 5 ou 6 atmosphères, par suite du gaz sulfureux qui sature la solution.

Au bout d'un temps de cuisson déterminé, on transvase la solution dans un deuxième autoclave, semblable au premier et dans lequel on vient de faire le vide. On traite ce deuxième appareil comme le premier, en complétant le titre de la solution, tandis qu'on vide le premier appareil. Préalablement, on envoie par une tuyauterie spéciale les vapeurs qu'il renferme dans un gazomètre où elles sont recueillies.

La pulpe sortant de l'autoclave est pressée, et le liquide que l'on en extrait est traité pour l'extraction des résines et tannins. La cellulose est ensuite livrée à des piles ou des broyeurs et blanchie ultérieurement. Ce procédé a le grand avantage de permettre la complète dissolution des matières incrustantes sans dépasser 90° et en évitant par suite la production des matières goudroneuses qui se produisent plus ou moins à 110° et gênent le blanchiment.

En Allemagne, on se sert de solution d'acide sulfureux dans l'eau additionnée de sulfite de chaux et d'une densité de 1,008 à 1,08.

La Suède compte de nombreuses fabriques de pâte chimique de bois, qui comptent parmi les plus importantes de ce genre d'industrie.

On y traite le sapin ordinaire qui arrive à l'usine sous forme de bûches de 1^m,80 sur 0^m,15 de diamètre moyen. Elles sont coupées en tronçons de 0^m,60, écorcées mécaniquement et transformées en menus copeaux obliques par des disques rotatifs

armés de couteaux. Les rondelles obtenues sont alors visitées par des femmes et des enfants qui les débarrassent des nœuds, des larmes de résine et des fragments d'écorce. Malgré la main-d'œuvre qu'exige ce triage, la fabrication y gagne tellement en régularité qu'il est avantageux de le faire.

Les lessiveurs sont horizontaux, construits en tôle d'acier et doublés de plomb. Ils ont 12 mètres de long, 2 mètres de diamètre et peuvent recevoir une charge de 13 mètres cubes de bois et 10 mètres cubes de bisulfite de chaux. Ces chaudières sont en outre disposées pour pouvoir tourner sur leur axe longitudinal, et reçoivent la vapeur par leurs extrémités. Elles font environ 5 tours par minute. La pression est de 5 atmosphères et la cuisson dure 10 heures. Une fois qu'elle est terminée, on lâche la vapeur et on lave le bois par une grande quantité d'eau froide. C'est une opération qui fatiguerait beaucoup des chaudières émaillées par suite du brusque refroidissement, et que rend possible la garniture de plomb. Mais celle-ci a par contre l'inconvénient d'être plus attaquable, et il faut la visiter soigneusement à chaque opération. Une fois l'appareil refroidi, on le vide, ce que deux ouvriers font facilement en s'introduisant dans la chaudière. La pâte est alors envoyée aux piles défileuses et aux bassins de lavage. Ceux-ci sont construits en pierre et ont des dimensions très grandes, 20 mètres cubes environ.

Le bisulfite est préparé dans l'usine dans une tour en briques de 30 mètres de hauteur où l'on charge de la pierre à chaux. A la partie inférieure sont les fours à pyrite, et une pluie d'eau tombe constamment sur la charge calcaire. Il en résulte une solution concentrée de bisulfite de chaux que l'on rassemble dans deux bassins de 60 mètres cubes environ; elle marque 4° 5 B. Dans les conditions, particulièrement économiques il est vrai, où fonctionnent ces usines, la tonne de pâte ne revient pas à plus de 100 francs. En y ajoutant même les frais d'amortissement, d'entretien, de main-d'œuvre, ce prix serait de moitié au moins inférieur à celui des procédés à la sonde.

L'Amérique possède également des usines très considérables pour cette fabrication. Elles sont installées de façon très moderne et produisent également à très bas prix. Les usines de la Duncan Company, à Méchanicoville, sur l'Hudson, consomment par tour 75 troncs de peuplier et 45 troncs de sapin, provenant

des forêts du Canada et de l'Adirondack. Elle fournit journellement 40 tonnes de papier et 35 tonnes de pâte. Le traitement est mixte : le peuplier est traité à la soude caustique et le sapin aux sulfites. On corrige ainsi les défauts inhérents à la pâte de sapin au sulfite, qui manque d'élasticité et de liant. La pâte de peuplier à la soude, mélangée à la première, permet d'obtenir des qualités variables de bon papier d'impression.

Le peuplier est réduit en copeaux après avoir été préalablement fendu. Les bûches arrivent par une pente de 30° contre un disque armé de lames, tournant à 300 tours par minute et débitant des copeaux minces, en diagonale. Un élévateur les transporte à la partie supérieure de l'usine, où des cribles oscillants enlèvent la sciure et les impuretés. Un tablier sans fin, long de 20 mètres, les amène dans un magasin placé au-dessus des digesteurs. Chemin faisant, des ouvriers éliminent les morceaux trop gros qui auraient accidentellement traversé la raboteuse.

Les digesteurs sont en fer, hauts de 8 mètres, avec un diamètre de 2^m,50. On les remplit de lessive caustique préparée sur place par le carbonate de soude et la chaux, et de leur charge de bois, et l'on cuit à la vapeur pendant 9 heures, sous pression de 5 à 6 atm. On décante le liquide pour récupérer l'alcali, et on extrait la pulpe, que l'on conduit dans des laveurs, en recueillant toujours les liqueurs alcalines. La pulpe est alors exprimée à la presse, puis transportée à la pile blanchisseuse.

La récupération de la soude se fait au moyen de l'appareil Yaryan, analogue au triple-effet des sucreries et fonctionnant comme ceux-ci à l'aide du vide produit par une pompe à air. Les liquides débarrassés ainsi de 90 % de leur eau sont traités alors dans un cylindre tournant placé dans un foyer. Le produit visqueux se dessèche, puis les matières organiques qu'il contient sont brûlées et l'on obtient un charbon mélangé du carbonate de soude régénéré, dans les proportions de 50 % d'alcali caustique, 15 % de charbon, et 1 % d'impuretés minérales provenant du bois. Un lessivage méthodique suivi d'une caustification, permet de recouvrer la soude.

Pour le traitement aux sulfites, le bois traité mécaniquement comme plus haut arrive dans les digesteurs. Ceux-ci sont des cylindres verticaux en tôle d'acier, hauts de 12^m,50, sur 5 mètres

de diamètre. Ils sont doublés intérieurement de plomb ; les rivets des tôles ne font pas saillie à l'intérieur. Un second revêtement en terre réfractaire double lui-même la cheminée de plomb, de sorte que le cylindre arrive à peser 125 tonnes. Il est porté par quatre colonnes, mais peut en outre être placé horizontalement, grâce à des poutres verticales entre lesquelles il est porté sur des tourillons.

La solution sulfureuse est préparée en dirigeant de l'acide sulfureux provenant de la combustion du soufre dans un lait de chaux contenant 45 % de magnésie. On facilite cette absorption par un vide partiel dans les barboteurs.

Le bois est chauffé dans cette solution au moyen de la vapeur, sous pression de 2 à 3 atm. C'est la vapeur elle-même qui produit l'agitation de la masse. La cuisson dure de 9 à 12 heures. Une fois qu'elle est terminée, on recueille les vapeurs sulfureuses pour récupérer la solution de bisulfite, et l'on vide la bouillie ligneuse, qui possède à ce moment un bel aspect transparent. Quand elle bien égouttée dans des fosses à double fond perforé, on la dirige sur des bacs laveurs, puis dans une série d'épurateurs, formés d'abord de tamis horizontaux à secousses, de plus en plus fins, séparés par des réservoirs de repos, enfin dans des épurateurs cylindriques en cuivre à surface perforée dans lesquels la pâte est fortement lavée, tandis que le trop-plein s'écoule par une lame intérieure en spirale formant noria. La pâte est ensuite décolorée dans des piles blanchisseuses.

On a essayé récemment l'électricité pour la préparation des pâtes de bois chimiques. Ces essais reviennent à l'emploi d'une solution de chlore, avec cette particularité que cette solution est obtenue par le passage du courant dans un bain de sel marin qui imprègne le bois et dans lequel celui-ci est immergé. Comme la soude et le chlore, agissant l'un comme dissolvant, l'autre comme agent de blanchiment, se produisent chacun à une électrode, on renverse de temps en temps le courant. Ces essais, faits en Autriche, ne sont pas encore concluants. Ils simplifieraient beaucoup le traitement, en ce que celui-ci pourrait être fait sur place, en fosses ouvertes, sans autoclaves et sans générateurs.

Les pâtes de bois, soit chimiques, soit mécaniques, peuvent souvent être employées telles quelles, pour les papiers n'ayant

pas besoin d'être très blancs, et à plus forte raison pour le carton et les papiers d'emballage. Lorsqu'on veut procéder à leur blanchiment, on se heurte à de grandes difficultés, qui tiennent surtout à l'inégalité de structure physique des matières employées. Les pâtes du commerce sont, en effet, obtenues surtout du bois des conifères. Même sur les copeaux en apparence les plus blancs, on constate par comparaison avec du papier fin, une forte teinte jaunâtre, dont l'intensité est beaucoup plus forte, comme on sait, sur le bois d'automne, qui rend si caractéristique la structure concentrique du bois des conifères. Ce bois coloré est formé de cellules beaucoup plus petites, à parois épaisses et fortement incrustées, où les réactifs pénètrent plus difficilement et qui résistent beaucoup plus au blanchiment. On risque donc de prolonger trop longtemps l'action chimique sur les parties tendres et peu colorées du bois, si on pousse jusqu'au bout la décoloration de ces cellules foncées. Cette décoloration, du reste, est fort difficile à obtenir par le chlore et les hypochlorites. Ceux-ci n'aboutissent souvent qu'à l'obtention d'une teinte jaune plus ou moins intense, même après destruction d'une portion notable de la cellulose la plus attaquable. C'est surtout la pâte mécanique qui se montre rebelle au blanchiment. La pâte chimique s'y prête beaucoup mieux, surtout lorsqu'elle a été obtenue par les bisulfites, et c'est là encore une des causes de succès des méthodes basées sur leur emploi. A vrai dire, l'acide sulfureux laisse à la fibre une légère teinte jaunâtre, mais il attaque toutes les parties du bois, et donne par suite une masse homogène. La coloration jaunâtre qu'il laisse est recherchée pour beaucoup d'usages, et peut être enlevée à peu près totalement par les hypochlorites, ou même par simple neutralisation du bain sulfureux acide par un alcali ou du savon. D'ailleurs, le papier fabriqué avec ces pâtes reçoit très fréquemment une « charge » minérale, kaolin, sulfate de baryte, sulfate de chaux, qui contribue à le blanchir. C'est dans le même but qu'on l'azure au bleu de Prusse, au bleu d'aniline ou d'outremer. Il faut dire du reste que la nature du bois influe beaucoup sur la facilité du blanchiment. On recommande, par exemple, de couper les arbres au moment de la sève, et d'enlever toutes les branches à l'exception d'un bouquet terminal. On laisse l'arbre à terre jusqu'à ce que ce bouquet soit mort. A ce mo-

ment, une grande partie des matières extractives de la sève a disparu et ce simple artifice facilite beaucoup les traitements ultérieurs.

Quoi qu'il en soit, le blanchiment des pâtes de bois s'opère soit dans des piles blanchisseuses, soit dans des caisses d'égouttage.

Les piles employées sont de grandes cuves ovales à cloison médiane pouvant contenir 500 à 1.000 kilos de pâte sèche. Une grande roue à palettes, faisant 2 à 300 tours par minute, est fixée sur l'une des moitiés, et le fond de la pile est relevé en avant de ses palettes jusqu'à s'en rapprocher beaucoup. Une enveloppe de toiles métalliques très fines recouvre cette roue. En avant d'elle est un laveur cylindrique à toile métallique, muni intérieurement de cloisons courbes ou d'un vis d'Archimède, et destiné à enlever le trop-plein de la solution qui circule dans la pile. Celle-ci se compose, pour 100 kilos de pâte, de 25 à 30 kilos de chlorure, et de 1.500 litres d'eau. On facilite le dégagement du chlore par addition d'un acide, soit l'acide carbonique gazeux, soit les acides sulfurique et chlorhydrique.

Les caisses d'égouttage sont construites en ciment ou en briques, et munies d'un double fond perméable en briques creuses perforées. On charge la pâte dans ces caisses, elle se tasse en abandonnant de l'eau. On l'arrose alors avec la solution de chlorure, avec ou sans addition d'acide, et on lave ensuite dans la caisse elle-même pour faire disparaître le chlore. Le blanchiment est moins uniforme que dans la pile.

Le blanchiment peut aussi se faire au chlore gazeux. La pâte égouttée est alors disposée sur des tablettes en bois ou en ciment superposées sur plusieurs rangs dans de grandes chambres en maçonnerie, enduites de ciment. Le chlore arrive par le sommet et s'échappe par le bas.

Les pâtes sont souvent égouttées à l'aide d'un presse-pâte. Cet appareil se compose d'une toile métallique sans fin amenant la pâte entre deux rouleaux, de sorte que celle-ci se convertit en un carton épais. Ce carton, façonné en rouleaux, est facile à blanchir en cet état; on dispose les rouleaux debout dans les caisses à chlore, ou on les empile sans les tasser.

Comme il importe de ne pas laisser de chlore libre dans la pâte, on fait suivre le blanchiment de lavages répétés jusqu'à

disparition de toute réaction acide et de toute coloration d'un mélange d'iodure de potassium et d'amidon. On complète parfois ces lavages par l'action d'un « anti-chlore » tel que l'hyposulfite de soude, le sulfure de calcium, le protochlorure d'étain. Mais ces agents ne détruisent le chlore qu'en produisant des acides sulfurique et chlorhydrique, de sorte qu'il vaut mieux ne pas y avoir recours et éliminer le chlore directement par des lavages soignés. Si l'on veut employer un anti-chlore, on se servira du mélange de Payen, sulfite et carbonate de soude, le second neutralisant l'acide chlorhydrique produit par le premier.

Un grand nombre d'agents de blanchiment ont été proposés, tels sont l'hypochlorite d'alumine, les hypochlorites de chaux et de baryte en mélange avec le sulfate de zinc, la « chlorozone » qui se produit en faisant passer l'acide hypochloreux gazeux mélangé d'air dans une lessive caustique. C'est un produit décolorant très énergique lorsqu'on l'emploie à l'état acide, mais qui ne peut guère se transporter et que l'on doit préparer sur place. Cette préparation est d'ailleurs fort simple et se fait comme il suit. On décompose un hypochlorite ou un chlorate par un acide, de façon à produire de l'acide hypochloreux. Cet acide sature successivement la soude de deux barboteurs, et son passage à travers ceux-ci est déterminé par un aspirateur d'air. L'air traverse en premier lieu l'appareil producteur d'acide, qu'il entraîne avec lui à travers les barboteurs. Cette disposition a de multiples avantages : on produit sûrement de l'acide hypochloreux, et non du chlore, en attaquant dans un courant d'air un hypochlorite par un acide ; la pression intérieure dans les appareils est réduite à son minimum, et toute explosion est impossible. Comme le premier saturateur reçoit le maximum et le second le minimum d'acide, on obtiendra dans le premier du chlorate, dans le second de l'hypochlorite de soude. La saturation terminée, on vide simultanément les deux barboteurs dans la pile à blanchir. L'action blanchissante est presque instantanée, et, comme elle est due surtout à l'action de l'oxygène naissant, elle n'est nullement destructive. On évite en même temps l'emploi des sels de chaux, qui se fixent sur la fibre et qu'on a beaucoup de peine à éliminer. C'est sur un principe analogue que repose le blanchiment électrolytique Hermite, qui consiste à décomposer par le courant électrique du chlorure de magnésium, et

qui été aussi appliqué au blanchiment des pâtes à papier.

Après blanchiment, les pâtes chimiques et mécaniques sont raffinées et affleurées. Ce sont les dernières opérations qu'elles subissent avant d'être conduites à la machine à papier, et c'est au cours de ces traitements qu'elles sont mélangées avec les pâtes de chiffons, et aussi qu'elles reçoivent les matières destinées au collage, les colorants et les charges.

Le raffinage s'opère dans les piles raffineuses que nous avons déjà décrites, et dont les plus employées sont celles du système Debié, Granger et Pasquier, avec roue élévatrice à aubes courbes et tambour à lames de faible diamètre, l'excès de pâte non engagé se déversant dans une rigole latérale pour retourner à la cuve.

L'opération précédente a surtout pour but de régler la longueur de la fibre en vue de la qualité de papier à fabriquer. L'affleurage qui vient ensuite se pratique en maintenant le cylindre dans une position telle par rapport à la platine que l'action des lames n'exerce plus qu'un simple étirage sur les fibres. C'est dans cette pile d'étirage que l'on ajoute la fécule, l'alun, le résinate de soude destinés au collage en pâte, les charges minérales telles que le kaolin, le sulfate de chaux, les colorants tels que les bleus. Elle passe alors à la machine à papier, que nous n'avons pas à décrire.

CHAPITRE IX

Autres emplois chimiques du Bois

Nous avons à décrire rapidement encore quelques modes d'utilisation chimique du bois, d'importance variable, qui sont la fabrication du gaz d'éclairage, la transformation en alcool, et la fabrication de l'acide oxalique. Les deux premières industries n'ont qu'une importance très faible; la distillation du bois pour l'éclairage n'est guère faite que pour quelques usines d'Allemagne et de Suisse, et la transformation du bois en alcool, n'est pas véritablement entrée dans l'industrie. Le bois est, au contraire, à peu près l'unique source de l'acide oxalique, consommé dans les arts chimiques, et l'économie domestique en quantité notable.

La fabrication du gaz d'éclairage au bois est une idée de Philippe Lebon, qui fit breveter en 1798, son « thermo-lampe », destiné à fournir tous les produits de distillation du bois.

L'idée, abandonnée parce qu'elle était imparfaite, fut reprise par Pettenkoffer, qui montra la possibilité d'obtenir du bois, un gaz de grande intensité lumineuse, et c'est Riedinger, également de Munich, qui résolut industriellement le problème.

Il faut que le bois, pour donner le maximum d'hydrocarbures gazeux éclairants, soit distillé rapidement à haute température, parce que les produits condensables, s'ils se trouvent soumis à l'incandescence de la masse chauffée, se dissocient en grande partie pour augmenter la proportion des produits volatils non condensables.

Les bois résineux sont ceux qui fournissent le plus de gaz éclairants. Ils doivent être étuvés, au préalable, par la chaleur des fours, pour les débarrasser de leur eau hygrométrique, qui

réduirait le pouvoir éclairant du gaz en fournissant de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone libres.

La distillation peut très bien s'effectuer dans les cornues ordinaires à gaz, à condition de mener l'opération rapidement à l'aide de combustible à longue flamme et de grilles à large surface. La tourbe convient très bien dans ce but.

La condensation commence dans un barillet horizontal, demi-cylindrique et clos, où viennent barboter les gaz venant des cornues. Le barillet est refroidi par un courant d'eau circulant autour. L'acide pyroligneux, qui vient surnager le liquide, s'écoule du barillet par un trop-plein, et les produits goudronneux sont soutirés par le fond.

Du barillet, le gaz passe dans une série de tuyaux en U renversé, reposant sur une caisse cloisonnée qui oblige le gaz à les traverser tout en se lavant dans l'eau de la caisse. En même temps, par suite du refroidissement des gaz, une quantité notable de produits condensables, méthyliques et acétiques, s'amassent au fond de la caisse et s'écoulent à l'intérieur par un siphon.

Un épurateur à coke vient à la suite. C'est un large cylindre, divisé en deux, verticalement, sauf à sa partie supérieure, rempli de coke concassé et arrosé d'un filet d'eau. A la sortie, le gaz traverse des caisses où il se filtre sur de la chaux éteinte, divisée par de la sciure de bois, qui absorbe les acides carboniques et acétiques, ainsi que divers phénols. Cette épuration est méthodique, le gaz traversant de la chaux de moins en moins épuisée. C'est en effet ce dernier corps qui augmente notablement le prix de revient du gaz, devant être employé en quantité considérable (100 kilos pour 100 mètres cubes de gaz) pour priver le gaz du grand excès d'acide carbonique qu'il contient.

La composition de ce gaz est la suivante :

Oxyde de Carbone	25 à 40 %
Hydrogène	30 à 50
Gaz des marais	30 à 35
Hydrocarbure divers	7 à 9

Sa densité est plus grande que celle du gaz de houille, son

intensité lumineuse notablement plus grande, en outre, il ne renferme point de principes sulfurés. 1,000 kilos de bois peuvent donner plus de 350 mètres cubes de gaz, de sorte que la fabrication de celui-ci peut être, dans certain cas, où le bois est de valeur très faible, suffisamment rémunératrice pour qu'on le substitue au gaz de houille, pour l'éclairage et la force motrice.

La fabrication de l'alcool, au moyen du bois, avait été tentée d'abord par MM. Bachot et Machard, puis abandonnée à la suite de leur insuccès, reprise enfin par M. Dangevillé, en 1881, sans résultats très brillants, semble-t-il. Il faut exclure de la fabrication, les bois résineux, dont la composition chimique se distingue nettement de celle des bois de plantes phanérogames, et donnent des sucres non fermentescibles.

Les bois blancs, convenablement divisés en minces copeaux ou en sciures, sont imprégnés d'une solution à 15° B d'acide chlorhydrique. La masse est alors introduite dans des cylindres horizontaux tournants, inattaquables à l'acide, que le gaz chlorhydrique traverse successivement. On donne aux cylindres une vitesse telle que la matière soit toujours suffisamment divisée. Les cylindres sont refroidis extérieurement et l'introduction du gaz acide réglée de façon à ce que la température ne dépasse pas 30°. Après 12 heures de contact, on délaie la masse par une certaine quantité de liquide provenant de lavages antérieurs, puis on vide dans des caisses filtrantes, où a lieu un lavage méthodique, jusqu'à ce que le liquide sortant ne soit plus acide. Les premières portions, qui renferme la glucose formée par réaction de l'acide sur la cellulose, ainsi que les matières gommeuses dissoutes, sont évaporées dans un appareil à vide. C'est un vase sphérique doublé de plomb, surmonté d'un dôme dans lequel on maintient le vide à l'aide d'un tube vertical de 11 mètres de long, s'ouvrant à l'intérieur et plongeant par le bas dans un réservoir. Le vide préalable est fait par une pompe à air ; la condensation des vapeurs, provenant du liquide à évaporer, s'effectue à l'aide d'acide chlorhydrique froid et à 15° Baumé, qui traverse le dôme sur des plateaux et s'écoule par l'entonnoir du tube barométrique.

La masse visqueuse extraite de l'appareil est étendue de 5 volumes et maintenue à 100° pendant quelques heures, pour convertir en glucose, grâce aux traces d'acide, les matières

gommeuses dissoutes. On sature enfin, par la chaux, le liquide très dilué, et l'on peut faire fermenter la solution de glucose ainsi obtenue, pour distiller ensuite et obtenir de l'alcool. On peut, paraît-il, obtenir un rendement de 25 à 30 litres d'alcool par 100 kilos de bois.

La principale nécessité de cette fabrication est la récupération de l'acide chlorhydrique employé, à l'état gazeux. Pour cela, les liquides contenant cet acide à des degrés divers de dilution, sont amenés au contact d'acide sulfurique concentré, qui font s'en dégager le gaz chlorhydrique. L'acide sulfurique, que dilue constamment l'eau de ces liqueurs acides, est de même constamment concentré dans un récipient chauffé, et circule de façon continue entre ce récipient et le premier, où se fait la réaction.

L'acide oxalique peut s'extraire, à l'état de sels de soude ou de chaux, des varechs et des lichens, à l'état de sel de potasse acide des oxalidées, mais il peut être produit industriellement par l'oxydation d'un grand nombre de matières organiques, alcool, sucre, amidon, cellulose, glycol, etc., dont il constitue le degré ultime d'oxydation. Pratiquement, on traite, soit les mélasses et cassonnades, par l'acide nitrique, soit la cellulose à l'état de sciure de bois par les alcalis, potasse ou soude, en fusion. Cette dernière réaction, source de la presque totalité de l'acide oxalique, a été pour la première fois réalisée à Manchester, en 1856, par MM. Dale et C^{ie}.

La sciure de bois est d'abord traitée par les alcalis en solution, de façon à être transformé en une sorte de pâte chimique de bois. Elle est alors mélangée avec une solution caustique, marquant 37 à 38° Baumé, composée d'une partie de potasse et de deux parties de soude, dans la proportion de 100 d'alcalis réels pour 30 à 40 de sciure. Si, au lieu d'acide oxalique, on veut seulement obtenir de l'oxalate de potasse, ou sel d'oseille, on emploie uniquement de la potasse caustique dans l'opération.

La réaction s'opère dans un cylindre tournant, placé dans un four et chauffé au rouge sombre. Une vis d'Archimède se meut dans le cylindre, en sens inverse de celui-ci; elle conduit la masse à traiter, d'une extrémité à l'autre de l'appareil, et le produit sort sous forme d'une matière solide poreuse, composée surtout d'oxalates. Les gaz dégagés pendant la réaction, formés en grande partie d'hydrogène, sont brûlés sous le foyer.

La masse provenant de l'opération est traitée par l'eau à 16°, qui dissout les oxalates. On décante et on évapore le liquide à sec. On dissout de nouveau le résidu, puis on traite cette solution bouillante par un lait de chaux, qui transforme les oxalates en sels de chaux insolubles. Ce précipité, bien lavé, est décomposé par l'acide sulfurique faible. La solution d'acide oxalique qui résulte du traitement, est décantée, évaporée et mise à cristalliser dans des vases de plomb. On purifie les cristaux par une seconde cristallisation.

Le traitement à l'eau froide de la masse retirée du four, donne un résidu que l'on calcine. Le mélange de sels de potasse et de soude obtenu est caustifié par la chaux, et sert à une nouvelle opération. On récupère également l'alcali provenant de la décomposition par la chaux des oxalates. Ces produits caustiques, servent surtout au traitement préparatoire de la sciure.

Le rendement est considérable, 50 à 60 % de bois employé, mais, il faut en moyenne, pour un kilo d'acide obtenu, 40 kilos de houille.

On a quelque peu modifié le procédé précédent, en lessivant à l'eau bouillante, par exemple, la sciure à traiter. Dans le procédé Gouley, qui procède ainsi, le cylindre est fixe, et l'on recueille du traitement, non seulement l'acide oxalique, mais encore l'acide méthylique, le pyroligneux, le tannin et même le gaz d'éclairage, en utilisant, comme plus haut, les gaz combustibles sous la grille du foyer.

Bien qu'il s'agisse là de deux emplois chimiques assez indirects des fibres végétales; nous dirons quelques mots de deux produits offrant l'un et l'autre un grand intérêt. L'un est le « celluloid », qui a pour base la cellulose nitrée, unie au camphre, l'autre est la « soie artificielle » préparée aussi, au moyen d'une cellulose nitrée, dissoute et étirée en fils.

Bien que le celluloid soit d'emploi relativement moderne, sa découverte remonte à 1855, où l'anglais Parkes inventait une matière à base de pyroxyline, qu'il appela « parkésine », mais ce sont les frères Ayatt, deux américains de New-Jersey, qui fondèrent, à la suite de recherches approfondies sur cette substance, une grande usine pour la fabrication du celluloid. L'usine de Stains, près de Paris, encore aujourd'hui la plus importante de l'Europe, est sortie en 1876 de l'usine américaine.

D'autres fabriques existent à Londres, à Edimbourg, à Mannheim, à Leipzig

Tout le monde connaît le celluloïd, et la facilité avec laquelle il s'enflamme. Il se ramollit d'abord vers 90°, dégage ensuite d'abondantes vapeurs nitreuses et brûle vers 195°. Si l'on éteint la flamme du fragment allumé, il fuse et continue à brûler avec d'épaisses vapeurs de camphre. Sa combustion laisse très peu de cendres, lorsqu'il est transparent, 1 à 1,5 %, il ne détone pas par le fulminate de mercure. Les acides minéraux le dissolvent à chaud ; un mélange d'alcool et d'éther le dissolvent à froid et la solution épaisse obtenue, peut servir à coller le celluloïd à lui-même ou aux autres matières. L'éther seul ne dissout que le camphre et aussi un peu la pyroxyline.

La fabrication du celluloïd, très longue et très minutieuse, consiste à mélanger intimement la cellulose convenablement nitrée, le camphre et l'alcool, et à donner ensuite au produit les formes convenables pour ses emplois.

La nitration de la cellulose consiste à la traiter par un mélange d'acides azotique et sulfurique. Il existe de multiples celluloses nitrées, suivant les conditions où se fait cette réaction. Dans le cas particulier, où l'on cherche à obtenir une pyroxyline non explosive, soluble dans le mélange d'alcool et d'éther, on emploie les proportions suivantes :

Acide sulfurique concentré, à 65°8 Baumé, 5 parties.

Acide azotique, à 41° Baumé, 2 parties.

On laisse refroidir le mélange jusqu'à la température de 30° environ, et l'on y plonge la cellulose. Celle-ci est employée sous forme de papier très fin et très pur, sorte de papier à cigarettes, fabriqué exprès et aussi sous forme de coton, qui est préalablement dégommé à la soude dans une lessiveuse autoclave. Ce coton est ensuite blanchi aux hypochlorites, puis bien lavé et séché à l'étuve. Le papier est également séché; pour ne pas affaiblir le bain acide, le papier séjourne environ 12 minutes dans le bain acide, le coton plus longtemps. On apprécie d'ailleurs la marche de l'opération par des essais rapides. On traite ainsi 2 kilos de papier ou 5 kilos de coton, dans des bacs contenant 170 kilos de bain acide. Ces bacs sont en lave ou en verre, ou simplement en tôle forte qui n'est pas très sensiblement attaquée par le bain acide. Une fois la nitration terminée, on verse

la matière dans uneessoreuse, qui expulse le liquide acide, et on jette la pyroxyline dans l'eau froide, où elle séjourne 24 heures.

Il faut maintenant lui enlever la couleur jaunâtre qu'elle possède, par un blanchiment approprié. Pour cela, on commence par la triturer très finement dans une pile à papier et blanchie aux hypochlorites, après un premier traitement au permanganate. Celui-ci s'opère dans un cuve en bois, munie d'un revêtement de tuiles perforées et d'un agitateur ; on ajoute à la pulpe délayée dans l'eau, la solution de permanganate de potasse. Celui-ci oxyde les matières colorantes et donne de l'oxyde de manganèse qui se dépose sur la fibre en un enduit noir. On lave énergiquement dans la cuve avec une solution d'acide sulfurique à 1 % qui dissout cet oxyde et celui de fer provenant des appareils. On laisse égoutter et on blanchit dans la cuve au chlore ou aux hypochlorites. On lave très longtemps pour enlever l'excès de chlore, on égoutte, et on termine par un essorage qui laisse à la pyroxyline 40 % d'eau environ.

Quant au bain acide qui a servi à la nitration, on le titre après qu'elle s'est éclaircie par le repos, on détermine la proportion d'acides sulfurique et azotique qu'il faut ajouter pour le ramener à la teneur primitive; il ne faut pas que le mélange renferme plus de 3 % de vapeurs nitreuses, sans quoi il donnerait une pyroxyline impropre à la fabrication.

La pyroxyline humide est broyée dans un moulin avec du camphre préalablement laminé et les matières colorantes convenables, si l'on désire en ajouter. On broie longuement pour obtenir un mélange homogène, puis on moule la masse à la presse hydraulique, de façon à avoir des plaques de 8 à 10 millimètres d'épaisseur. Ces plaques, enveloppées dans des toiles, puis dans du gros papier non collé, sont passées 12 à 15 fois à la presse, en changeant à chaque fois les papiers. On enlève ainsi l'excès d'eau qu'a retenu le produit. Les plaques réduites à l'épaisseur d'un fort carton, sont concassées en fragments et mises à macérer dans l'alcool, pur et additionné de toluène. Pour le produit fin, destiné à faire, par exemple, des fleurs artificielles, on emploie 50 kilos de camphre, 50 kilos d'alcool, 100 kilos de pyroxyline, pour le produit commun, la proportion de camphre descend à 18 ou 20 kilos, et le reste est remplacé par 40 à 42

kilos de toluène. Le produit obtenu est plus facile à étuver et sa dessiccation plus complète jusqu'au centre des feuilles.

Pendant cette macération, on peut ajouter au celluloïd une matière colorante convenable, si l'on veut que le produit soit transparent et coloré. Au sortir de là, on le lamine entre des cylindres chauffés à 50° jusqu'à parfaite homogénéité. On obtient ainsi des feuilles de 12 millimètres d'épaisseur. On peut souder ces feuilles en un bloc homogène, à l'aide d'une pression de 300 kilos par cm², obtenue à la presse hydraulique pendant 24 heures. Les plateaux de la presse sont maintenus à 80° par un courant de vapeur. C'est ce bloc que l'on peut débiter en feuilles d'épaisseur variable. C'est une opération qui demande des appareils d'une très grande puissance à cause de la résistance qu'offre le celluloïd. On colle le bloc sur la table de la machine à l'aide d'une solution de celluloïd dans l'alcool et l'éther. Les feuilles obtenues, qui ont de 0^m/_m,2 à 30 millimètres, s'enroulent sur elles-mêmes après tranchage. Pour les rendre planes, on les chauffe à 100° entre les plaques d'une puissante presse qui, pour des plaques de 1^m,50 sur 0^m,40, peut exercer une pression de 1,200 tonnes.

Le produit obtenu doit être ensuite étuvé dans une salle ventilée, chauffée à 60-65°. L'étuvage demande de huit jours à trois mois, suivant l'épaisseur des feuilles. On comprend qu'on puisse colorer le produit transparent ou opaque, de plusieurs couleurs, et mélanger les masses unicolores, de façon à obtenir des marbrures. On peut aussi obtenir des baguettes et des tubes avec le produit ramolli par la chaleur et soumis à une presse de disposition convenable. Enfin, le celluloïd, mélangé à une certaine proportion d'huile de ricin, devient beaucoup plus souple. C'est ce produit qui sert à la confection du linge « américain », auquel on donne le grain voulu, par compression, entre des pièces de toile, ou encore on introduit une bande de toile entre deux lames de celluloïd, coloré au blanc de zinc.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les multiples applications de ce produit, qui sert à fabriquer depuis des dentiers jusqu'à des « bijoux », imitant le corail et l'ambre avec un succès relatif.

La fabrication de la soie artificielle consiste à imiter, autant que possible, le ver à soie, qui transforme en ce précieux textile

la feuille de mûrier. Faute de pouvoir imiter les actions chimiques qui se passent dans l'estomac et les glandes de la chenille, on s'est borné à reproduire, dans la mesure du possible, ses procédés mécaniques de filage et il a fallu des années d'efforts opiniâtres, de la part d'un inventeur, tel que M. de Chardonnet, le créateur de cette industrie, pour aboutir à quelque chose rappelant — de très près, il est vrai — l'imperceptible fil du ver à soie.

La matière première est la cellulose pure, quelle que soit sa provenance. C'est dire que l'on peut utiliser le bois, à condition que ses fibres soient parfaitement privées de vasculose. A l'usine de Besançon, on emploie surtout le coton cardé. Le principe de la fabrication consiste à transformer cette cellulose en pyroxyline, ou coton-poudre, soluble dans un mélange d'alcool et d'éther, à étirer en fils ce collodion, et à le dénitrer ensuite pour le retransformer en cellulose. Nous allons voir quelle série de problèmes délicats il a fallu résoudre pour atteindre ce but.

La nitration, qui transforme le coton en pyroxyline se fait à l'aide d'un acide renfermant 15 parties d'acide azotique monohydraté, de densité 1,52, et 85 parties d'acide sulfurique ordinaire. Ce dernier, très hygrométrique, oblige à modifier légèrement les proportions du mélange, suivant l'état d'humidité de l'atmosphère. On traite dans des pots en grès, 4 kilos de coton sec par 35 litres du mélange acide, il se produit un dégagement abondant de vapeurs nitreuses que l'on enlève par une énergique ventilation, puis on ferme les bœaux par un disque de verre pour empêcher ce dégagement et arrêter l'humidité atmosphérique qui affaiblirait le bain. Suivant cet état hygrométrique, suivant aussi la température ambiante, la durée de la nitration dure de 4 à 6 heures. C'est une opération extrêmement délicate, car la moindre différence dans la qualité de la pyroxyline se répercute sur la fabrication tout entière, et ce corps a précisément une tendance fâcheuse à se transformer en dérivés nitrés très semblables en apparence, mais de composition et de propriétés différentes. Il faut, pour se guider, faire des prises d'essai nombreuses et les examiner optiquement. C'est M. de Chardonnet qui a découvert et appliqué cette délicate méthode d'analyse. On sait que le coton-poudre se présente sous un aspect extérieur qui ne diffère du coton ordinaire que par son

toucher plus rude et sa fragilité plus grande. On peut en outre déterminer la composition du produit en mesurant le nombre de centimètres cubes d'oxyde azotique que dégage un gramme de pyroxylyle. C'est ainsi que la cellulose tétranitrique dégage dans ces conditions 110 c. c. de gaz, la cellulose hexanitrique, de 110 à 145 c. c., la cellulose heptanitrique, de 160 à 180 c. c., les cellules octo et décanitriques, 180 c. c. et au-dessus. Or, il se trouve qu'en examinant, à la lumière polarisée, ces diverses celluloses, on trouve qu'elles ont une coloration différente ; d'abord grisâtre, elles passent au gris clair, au jaune paille, au jaune orangé, au violet, au bleu foncé et au bleu clair à mesure qu'augmente la quantité d'acide nitrique fixé. C'est cette teinte bleuâtre que doivent présenter uniformément les fibres destinées à la soie artificielle.

Une fois ce résultat atteint, le coton nitré est pressé pour séparer l'acide, que l'on recueille pour le rectifier en vue d'opérations ultérieures. Quant au coton obtenu en galettes serrées, on le lave avec grand soin dans une pile laveuse, à raison de 40 mètres cubes d'eau pour 40 kilos de coton. L'excès d'eau retenu par le produit, est enlevé par une compression à 300 atmosphères dans une presse hydraulique. La matière obtenue, complètement ininflammable, retient environ 36 % d'eau, elle est travaillée en cet état.

On traite cette pyroxylyne par un mélange d'alcool à 95° et d'éther à parties égales, à raison de 22 kilos de coton pour 100 litres de mélange. La dissolution se fait dans des autoclaves horizontaux tournant autour de leur axe, pendant 15 à 20 heures. On a reconnu que la cellulose de bois donnait beaucoup plus facilement un mélange homogène avec un meilleur rendement. On filtre la masse sur un tissu de coton épais pour éliminer toute parcelle non dissoute, et on dirige le collodion épais, ainsi obtenu, dans des bacs de dépôt. Il reste là un temps que peut seule préciser la pratique de la fabrication, et il s'opère sans doute dans sa masse des réactions qui le parachèvent, car cette opération du « vieillissement » est indispensable.

Il faut maintenant filer ce collodion. On le charge dans des cylindres en acier d'où partent des tubes qui se subdivisent pour se rendre aux filières, dont chacune peut être fermée par un robinet. Sous une pression de 40 à 50 atmosphères (les réci-

pients sont essayés à 100 atmosphères), le collodion, après avoir traversé une toile fine, sort à travers les filières sous forme d'un imperceptible fil. Les tubes de verres par où sort le fil, n'ont en effet que 8 centièmes de millimètre de diamètre, ils sont choisis parmi les tubes les plus fins que livre l'industrie, et une équipe d'ouvrières est occupée à en vérifier le diamètre au microscope. Ces tubes choisis ne sont employés que pour l'extrémité de la filière, le reste est fait de bouts de tubes soudés, un peu plus larges, montés dans une garniture métallique, à l'usine également.

Dans les premiers temps de la fabrication, la sortie du fil avait lieu dans un bain à 0,5 % d'acide nitrique monohydraté, où avait lieu seulement sa solidification. C'était un des points les plus défectueux de la fabrication que le filage à sec a beaucoup simplifié. On comprend que le fil obtenu soit très régulier ; il est en même temps très brillant, très élastique et très tenace, puisqu'il supporte 20 à 25 kilcs par millimètre carré de section, avant de se rompre. Comme pour la soie naturelle, il faut, en raison de leur finesse, réunir les brins suivant la grosseur des fils que l'on veut obtenir, depuis 10 jusqu'à 36 brins. Ces fils s'enroulent sur des bobines, au nombre de 100 par métier, — ce qui fait, par conséquent, 3.600 ajutages, dont celui-ci doit être pourvu — et ces bobines subissent ensuite dans un autre atelier, les diverses opérations de retordage et de moulinage qui en font le fil, propre à être mis en œuvre.

Mais ce fil contient encore de l'alcool et de l'eau. On les lui enlève par dessiccation dans un local fermé, maintenue à 45°. où les bobines sont constamment en mouvement, et où l'air est de fulmi-coton en fil de cellulose non combustible, et pour cela le dénitrer, sans que toutefois ce dénitrage lui enlève son aspect et ses propriétés. Le réactif dénitrant est un sulfure alcalin, dont la nature est tenue secrète, et qui est soigneusement titré avant l'emploi. Au sortir de ce bain, le fil est devenu complètement ininflammable, mais il est un peu coloré en jaune. Il faut, pour lui enlever cette teinte, la blanchir au chlorure de chaux. Le bain de blanchiment se compose, pour 16 kilos de soie sèche, de 400 gr. de chlorure et 800 gr. d'acide chlorhydrique dans 700 litres d'eau. On lave et l'on sèche à l'essoreuse. C'est la dernière manipulation pour la soie ordinaire. Reste maintenant à teindre

le fil, condition indispensable pour le rendre d'un emploi courant. On est arrivé, en teignant le fil aux couleurs basiques d'aniline après le dernier séchage, à lui faire prendre très bien toutes les couleurs, avec des teintes aussi belles que celles de la soie.

Il faut maintenant titrer le fil d'après sa grosseur. Le plus fin, filé à 14 brins, mesure au kilogramme 220.000 mètres, soit 3,000 kilomètres de fil simple. Le fil est ainsi livré au commerce par 2 kil. 500.

On voit, par les détails qui précèdent, que peu d'industries accumulent autant de difficultés de tout ordre. Aux multiples questions qu'il fallait tout d'abord résoudre se joignait, pour faire entrer le nouveau produit dans l'industrie, la nécessité de former un personnel ayant l'habileté technique nécessaire, y compris le maniement d'instruments aussi peu usuels que le microscope polarisant. Et tous ces efforts eussent été vains cependant, si la nouvelle soie n'eût pas trouvé sur le marché une place à un prix rémunérateur. En présence de la prime accordée aux soieries indigènes, pour leur permettre de supporter la crise causée par les soies d'Orient, importées à bas prix, la soie artificielle ne pouvait lutter, frappée qu'elle était de la taxe de l'alcool employé dans la fabrication. M. Trincano, le directeur actuel de l'usine de Besançon, a pu obtenir de l'État le dégrèvement sur ce point. Actuellement, cette industrie est prospère, la soie artificielle ayant trouvé d'avantageux débouchés dans la passementerie, l'ameublement, et même les étoffes pour vêtements. Un signe certain de cette vitalité est du reste les efforts faits à l'étranger pour s'approprier les procédés de Chardonnet, qu'une muraille de brevets ne défend qu'approximativement. De nombreuses formules de soie artificielle, ont vu le jour, surtout en Allemagne, des usines se sont fondées en Suisse, en Angleterre, en Allemagne, mais il ne semble pas que les concurrents de l'usine française, soient arrivés à produire la même qualité de fil, surtout comme légèreté. Comme le dit M. Ménégau, à qui nous empruntons nombre de détails sur ce point, il est à souhaiter que son succès à l'étranger donne le courant à un produit français et fasse définitivement adopter chez nous le fruit des efforts persévérants de M. Chardonnet.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

Généralités sur la formation, la structure et la composition chimique des bois	5
--	---

CHAPITRE II

Utilisation du bois comme combustible et des cendres comme source de sels de potasse.

CHAPITRE III

Distillation des bois

Généralités.	36
Appareils permettant de recueillir les produits volatils	39

CHAPITRE IV

Produits de la distillation.

Pyroligneux	60
Acétates	60
Acides acétiques	63
Acétone.	71
Chloroforme	73
Iodoforme.	73
Méthylènes.	74
Obtention et essais	75

CHAPITRE V

Produits secondaires.

Goudrons, créosotes, gâïacol, etc	80
Traitement des produits résineux : essence de térébenthine, résines, huile de résines.	81

CHAPITRE VI

Extraits tanniques.

Extraction	93
Clarification	97
Concentration	101
Essai	101

CHAPITRE VII

Pâte de bois mécanique.

Généralités	105
Appareils défibreurs	111
Appareils combinés à traitement mécanique et chimique	116

CHAPITRE VIII

Pâtes de bois chimiques.

Généralités	119
Procédés aux bases caustiques	121
Procédés aux sulfites	136
Blanchiment	139

CHAPITRE IX

Autres emplois chimiques du bois.

Gaz d'éclairage au bois	147
Alcool de bois	149
Acide oxalique	150
Dérivés de la cellulose	150
Celluloïd	151
Soie artificielle	154

VIENT DE PARAÎTRE

Petite Encyclopédie pratique

DU

BATIMENT

Publiée sous la Direction de

L.-A. BARRE, * O. I. *

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur à l'Association polytechnique.

Collection complète en 12 volumes illustrés.

Prix du volume broché : **1 fr. 50** — La collection complète : **15 fr.**

NOMENCLATURE DES VOLUMES DE LA COLLECTION

1. Terrassements, fondations, échafaudages.
2. Matériaux de construction.
3. Maçonnerie en général.
4. Charpente en bois.
5. Menuiserie en bois.
6. Charpente en fer.
7. Serrurerie et menuiserie en fer.
8. Peinture, vitrerie, décoration, carrelages.
9. Fumisterie, chauffage, ventilation, éclairage, électricité.
10. Distribution d'eau, assainissement.
11. Couverture, plomberie, zincage.
12. Lois et règlements concernant la construction.

Prix de chaque volume, broché : **1 fr. 50**, relié pleine toile : **2 fr.**

La collection des 12 vol. brochés **15 fr.** — **20 fr.**



MAÇONNERIE & FUMISTERIE INDUSTRIELLE
TÉLÉPHONE 402-61

ENTREPRISE GÉNÉRALE
De Construction et d'Installations
d'Usines

MIN DÉROCI

Cheminées en Briques et en Tôles
FOURNEAUX DE GÉNÉRATEURS
FOURS pour toutes industries
MASSIFS DE MACHINES
SPÉCIALITÉ de RÉSERVOIRS en ciment

21, Rue Labois-Rouillon — PARIS
Devis sur demande.

LIBRAIRE E. BERNARD & C^{ie}
PARIS. — 29, Quai des Grands-Augustins. — PARIS

Cl. de LAHARPE

NOTES ET FORMULES

DE L'INGÉNIEUR, DU CONSTRUCTEUR-MÉCANIC
DU MÉTALLURGISTE ET DE L'ÉLECTRICIEN

Par un Comité d'Ingénieurs, sous la direction de

CH. VIGREUX

Ingénieur des Arts et Manufactures, Répétiteur à l'École centrale
ET

CH. MILANDRE

Secrétaire du Comité de rédaction

12^e ÉDITION

Revue, corrigée et considérablement augmentée, contenant 1.130
suites d'un

VOCABULAIRE TECHNIQUE EN ANGLAIS, FRANÇAIS & ALLEMAND
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1