

Section de l'Ingénieur

V. URBAIN

LES
SUCCÉDANÉS DU CHIFFON
EN PAPETERIE

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

MASSON & C^{IE}



Digitized by the Internet Archive
in 2015

OTOMMAGE

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Ce volume est une publication de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire; F. Lafargue, ancien élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général, 169, boulevard Malesherbes, Paris.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LES

SUCCÉDANÉS DU CHIFFON

EN PAPETERIE

PAR

V. URBAIN

Ingénieur des Arts et Manufactures
Répétiteur à l'École Centrale

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

CONS

TS

1105

U7

1897

24 ap 97 pub 60 M

PREMIÈRE PARTIE

—

FABRICATION

1. Historique. — Pendant longtemps, le papier fut préparé uniquement à l'aide des fibres textiles de chanvre, de lin, de coton, qui, après avoir été utilisées sous forme de tissus ou de cordages, arrivaient dans les papeteries à l'état de chiffons ou d'étoupes.

Depuis que la consommation du papier a pris l'extension considérable qui s'est accusée surtout pendant ces cinquante dernières années, on dut chercher dans certains végétaux de peu de valeur la matière première pouvant concourir avec le chiffon à la fabrication de la pâte à papier ou même le remplacer complètement.

Ce sont ces substances végétales, plus ou

moins riches en fibres, que l'on désigne sous le nom de *succédanés des chiffons*.

L'idée d'utiliser un grand nombre de plantes à la fabrication du papier est déjà fort ancienne.

Il y a plus d'un siècle et demi que deux français, Guétard et Gleditsch, firent de nombreux essais dans les moulins à papier des environs d'Etampes pour préparer avec différents végétaux de la pâte à papier. — Le Docteur Jacob Christian Schœffer, surintendant et botaniste à Ratisbonne, se livra à des essais analogues et publia en 1765 un volume renfermant des échantillons de plusieurs plantes pouvant servir à la fabrication du papier. Il y indique notamment : le duvet de la semence de peuplier noir, les tiges de houblon, les feuilles d'aloès, les tiges de chardon, la paille de froment et de seigle, la mousse, les tiges de différents bois tels que le mûrier, le bouleau, le saule, le tremble, le pin.

En 1772, il publia un second volume contenant plus de soixante échantillons de papiers obtenus avec ces différents produits.

En 1826, Louis Piette fabriqua des papiers de paille et d'autres plantes. Il a exposé les résultats de ses essais dans un ouvrage *Manuel de pa-*

peterie publié en 1827. — Delapierre, fabricant de papier à Vraichamp (Vosges) présenta en 1829 à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, plus de mille feuilles de papier fabriquées avec différentes plantes et reçut de cette Société une récompense de 6 000 francs.

Malgré toutes ces tentatives, jusque vers 1855, l'emploi des succédanés du chiffon n'avait pas été adopté par l'industrie, le mode de traitement de ces substances n'ayant pas encore été rendu pratique.

CHAPITRE PREMIER

DIFFÉRENTS SUCCÉDANÉS EMPLOYÉS

2. — Théoriquement, toute plante qui renferme des fibres élastiques, minces, faciles à séparer l'une de l'autre, pouvant former une bouillie avec l'eau et conservant après dessiccation une raideur et une force suffisantes, est propre à faire du papier.

Mais pour qu'un végétal puisse être employé avec avantage, il faut qu'on puisse se le procurer en grande quantité et à bas prix, que le rendement en fibres soit assez considérable et qu'enfin l'isolement de ces fibres ne soit pas trop coûteux.

Aussi les seuls succédanés rendant des services importants dans la papeterie sont : la paille, l'alfa ou sparte et le bois de certains arbres. Nous passerons rapidement en revue ces différentes matières premières.

PAILLE

3. — La valeur d'un végétal, au point de vue de son emploi dans la fabrication de la pâte à papier, dépend surtout de la quantité de cellulose qu'il contient, puisque les fibres de cellulose pure peuvent seules fournir un papier blanc de bonne qualité.

Les différentes pailles renferment des quantités variables de cellulose, comme le montre le tableau suivant qui a été communiqué en 1871 par M. C. Schmidt au *Central-Blatt für die deutsche Papierfabrikation* :

DIFFÉRENTES PAILLES

Composition	Paille de Froment	Paille de Seigle	Paille d'Avoine	Paille d'Orge	Paille de Co'za
Principes solubles dans l'eau	7,6	2,8	20,67	11,33	14,8
Principes solubles dans les alcalis	40,43	49,08	31,62	38,24	29,8
Cire, résine, chlorophyle.	0,47	0,52	0,77	0,78	0,50
Fibres cellulosiques . . .	51,5	47,6	46,94	49,65	54,9

Composition	Paille de Maïs	Tiges de Lentilles	Tiges de pois	Tiges de Fèves
Principes solubles dans l'eau .	17,0	27,47	46,6	10,67
Principes solubles dans les alcalis	57,03	34,16	23,24	37,42
Cire, résine, chlorophyle . . .	1,74	1,27	1,51	0,91
Fibres cellulosiques	24,23	37,1	28,62	51,0

D'après des expériences faites récemment en Angleterre par M. Beveridge, les nombres, donnant la proportion de fibres contenues dans

les différentes pailles du tableau précédent, seraient trop forts. Les fibres, obtenues par M. Schmidt, ne représenteraient pas de la cellulose pure.

M. Beveridge, pour obtenir des fibres pures, s'est servi d'une solution de bisulfite de soude, contenant à peu près 2,75 % d'acide sulfureux dont $\frac{45}{100}$ environ étaient combinés avec la soude. La paille a été chauffée dans cette solution pendant 6 à 7 heures sous une pression de 4,2 à 4,9 kilogrammes par centimètre carré.

Des essais ont été faits en employant une lessive plus concentrée, mais les résultats n'ont pas été modifiés. Il ne faudrait pas augmenter la proportion d'acide sulfureux libre sous peine de transformer la cellulose en hydrocellulose.

Différentes pailles, soumises au traitement précédent, ont fourni en fibres pures les rendements inscrits dans ce tableau :

Désignation des Pailles	Fibres sèches
Paille sèche de froment de France. . .	41,5 %
" " de Zélande . . .	40,9
" " de Hollande . . .	40,4
" d'Avoine	41,7
" de Seigle	45,9
" d'Orge	37,9

Il faut observer toutefois que la composition des végétaux n'est pas constante et dépend des conditions de climat, de sol et de culture. Dès lors, les chiffres précédents ne peuvent que donner des indications sur la valeur relative des différentes pailles.

La paille de seigle est la plus employée, parce qu'elle est généralement la moins chère, mais on utilise également celle de froment et d'avoine et dans quelques pays celle d'orge.

L'emploi de la paille pour la fabrication du papier a pris une très grande extension. Beaucoup de papeteries ne fabriquent pas d'autre espèce de papier. La pâte de paille ne sert pas seulement à préparer des papiers communs pour les journaux et pour le pliage, mais mélangée à de la pâte de chiffon, elle entre dans la composition des plus beaux papiers qui servent à l'impression.

Ce nouvel emploi de la paille a eu pour effet d'augmenter la valeur des produits des céréales. On a pu constater que la grande consommation de paille, faite par la papeterie Darblay, a déterminé une hausse sur la valeur des terres à blé dans les environs d'Essonne.

La paille de maïs est employée en assez grande quantité en Autriche, malgré la faible propor-

tion de cellulose qu'elle renferme. 100 kilogrammes de cette paille fournissent 29 kilogrammes de pâte donnant un beau papier. Le catalogue de l'Exposition autrichienne en 1867 était imprimé sur du papier de maïs.

Pour la fabrication du papier, on doit employer la paille bien saine et aussi exempte que possible d'impuretés et de mauvaises herbes, sa purification ultérieure étant toujours une opération délicate et coûteuse. Jusqu'au moment de son emploi, la paille doit être en outre conservée à l'abri des intempéries.

ALFA ET SPARTE

4. — L'alfa (*stipa tenacissima*) et le sparte (*lygeum spartum*) sont des plantes de la famille des graminées qui croissent en abondance, à l'état sauvage, dans les terrains sablonneux du nord de l'Afrique et de l'est de l'Espagne. Elles sont également répandues en Grèce et en Sicile.

Le sparte est employé depuis des siècles pour la confection des sparteries et la fabrication des cordages, mais il n'y a pas plus de 30 ans que l'on s'en sert pour faire de la pâte à papier.

Bientôt on songea à utiliser pour cette industrie l'alfa, qui présente avec le sparte la plus grande analogie, et on trouva que cette plante était d'un emploi plus avantageux, par suite de sa plus grande richesse en fibres. Nous parlerons donc spécialement de l'alfa, mais il est entendu que ce que nous en dirons est applicable au sparte.

L'alfa couvre en Algérie, aussi bien dans le Sahara que dans le Tell, des surfaces considérables, que l'on peut évaluer à plus de 25 millions d'hectares. Ses racines enchevêtrées forment une couche épaisse à la surface du sol.

L'alfa se présente sous forme de touffes de feuilles filiformes, roulées sur elles-mêmes, atteignant une hauteur d'environ 1 mètre et une largeur de 1^{mm},5 à 4 millimètres. Quand elles sont vertes, les feuilles sont droites et ouvertes; elles s'enroulent lorsqu'elles commencent à sécher. Elles sont couvertes de poils droits et courts qui leur donnent un toucher rugueux. L'alfa entre en sève vers le milieu de février et sa végétation continue jusqu'à la fin de juillet. Les feuilles nouvelles sont tendres et d'un vert clair, puis se durcissent et prennent une couleur plus foncée en grandissant; elles arrivent à leur développement complet dans le courant de l'été;

ce n'est qu'à la fin de l'hiver qu'elles s'infléchissent et commencent à se décomposer. Sur la même touffe d'alfa, on trouve donc de jeunes pousses non encore enroulées, des feuilles parvenues à maturité d'un vert intense et enfin des feuilles desséchées. Ces touffes ont de 7 à 10 centimètres de diamètre. L'alfa fleurit en avril ou mai; la graine n'est mûre qu'à la fin de juillet.

Lorsqu'elle a été semée, cette plante est sensible au froid pendant les premières années. Sa croissance est excessivement lente. Ce n'est qu'après 12 ou 15 ans qu'elle peut fournir un produit avantageux pour l'industrie. L'alfa ne se rencontre jamais sur des sols argileux; mais les terrains siliceux et ferrugineux, les moins propres à la culture en général, lui conviennent parfaitement, soit au niveau de la mer, soit au sommet des montagnes. Sa résistance aux chaleurs les plus torrides est extraordinaire.

On ne doit pas récolter l'alfa sur le même pied à des époques trop rapprochées; autrement le pied dégénère et les feuilles n'atteignent plus leur longueur ordinaire. D'autre part, les feuilles ne doivent pas être coupées, mais arrachées. Si l'alfa est coupé avec une faucille, comme on le fait quelquefois, la plante ne tarde pas à périr;

le talon, laissé dans la gaine, d'où partait la feuille coupée, s'oppose à la sortie d'une feuille nouvelle. L'arrachage se fait dans les meilleures conditions à l'époque des grandes sécheresses, par exemple de juillet à octobre ; lorsque la plante est en pleine sève, il arrive que l'onglet, par lequel la feuille tient à la tige, est tellement tenace que l'alfa ne se détache que très difficilement et qu'on risque d'arracher complètement le pied.

Il s'ensuit une perte pour les récoltes futures et une dépréciation du produit recueilli, lequel devra être ultérieurement débarrassé des racines qu'il contient.

La récolte de l'alfa devrait donc s'effectuer à certaines époques déterminées. Un arrêté du Gouverneur général de l'Algérie, en date du 14 décembre 1888, règle les conditions de l'exploitation de cette plante : la cueillette en est interdite dans le Tell du 16 janvier au 16 mai et sur les hauts-plateaux du 1^{er} mars au 1^{er} juillet.

Enfin nous ajouterons que lorsque l'alfa doit servir à la fabrication du papier, les feuilles ne devraient être cueillies ni quand elles sont trop jeunes, ni quand elles sont trop mûres : trop jeunes, leurs fibres n'ont pas la consistance con-

venable et donnent un rendement très faible ; trop mûres, elles ont fixé de la silice et de l'oxyde de fer, difficiles à éliminer par les traitements auxquels elles seront soumises.

La cueillette de l'alfa se pratique de la façon suivante : l'ouvrier tient dans sa main gauche un bâton de 2 à 3 centimètres de diamètre et de 40 centimètres de long ; de la main droite, il saisit une poignée d'alfa qu'il enroule autour de son bâton et tire en même temps sur le bâton de la main gauche et sur la poignée de feuilles qu'il n'a pas quittée de la main droite. Toutes les feuilles se détachent de la souche par le collet articulé.

L'ouvrier place cette poignée sous le bras gauche et arrache de même trois ou quatre autres poignées de feuilles et les lie ensemble, en formant un bottillon qu'il dépose à terre. Les bottillons sont abandonnés ainsi pendant une huitaine de jours, temps nécessaire pour leur dessiccation.

Un bon ouvrier peut récolter par jour 100 kilogrammes d'alfa vert, ce qui correspond à 60 kilogrammes d'alfa sec.

La récolte est amenée dans des usines où elle est comprimée au moyen de presses hydrauliques en ballots de 200 kilogrammes environ, et expé-

dée d'Algérie par les ports d'Oran et d'Arzew, d'Espagne par les ports de Carthagène, d'Aquilar et d'Almeria.

L'alfa présente la composition suivante :

Eau	9,62
Huile	1,23
Substances albumineuses	5,46
Dextrine, gomme, sucre	22,37
Matières minérales (cendres)	5,04
Fibres cellulosiques.	56,28

De tous les succédanés, l'alfa est celui qui a donné les meilleurs résultats : sa fibre est longue, souple, régulière, d'un feutrage facile. Le papier qu'elle fournit est très solide.

Ces qualités expliquent la rapidité avec laquelle son emploi s'est répandu : le chiffre actuel d'importation est d'environ 150 000 tonnes ; en 1862, il n'était que de 18 000 tonnes. A cette époque, son prix variait de 50 à 75 francs ; il est aujourd'hui d'environ 200 francs.

La presque totalité de l'alfa produite en Algérie et en Tunisie est exportée en Angleterre. Un dixième à peu près est destiné à l'Espagne. La France et la Belgique n'en utilisent que de très faibles quantités (2 à 3 000 tonnes).

BOIS

5. — Tous les bois pourraient être utilisés pour la fabrication de la pâte à papier, mais certaines considérations font adopter, dans la pratique, quelques essences de bois de préférence à d'autres.

D'abord, la valeur différente du bois dans le pays où l'on doit opérer entre nécessairement en ligne de compte. D'autre part, l'isolement des fibres ne sera pas également facile dans les différentes espèces et enfin celles-ci n'en fourniront pas toutes une égale proportion.

On classe généralement les bois en bois *tendres* ou *blancs* et en bois *durs*. Nous verrons, dans le Chapitre suivant, que les bois durs doivent leurs propriétés spéciales à ce que leurs fibres cellulosiques sont plus fortement incrustées que celles des bois tendres, et aussi que cette lignification augmente avec l'âge de l'arbre.

Il en résulte que le traitement qui aura pour but l'isolement des fibres pures sera plus facile et, par suite, plus économique avec les bois

blancs qu'avec les bois durs et aussi avec les bois jeunes qu'avec les bois anciens.

Au point de vue de la quantité de pâte à papier que pourront fournir les différents bois, nous donnons ci-dessous un tableau, qui est dû à M. Ch. Cresson, de Philadelphie, et qui indique la quantité et la longueur des fibres de différents bois :

Différents bois	Cellulose 0/0	Longueur des fibres en centimètres
Érable vert	21,2	0,075
Cerisier sec	32	0,25
Pin jaune sec	36,5	0,93
Sapin sec	45	0,66
Frêne vert	20,6	0,150
Peuplier vert	30,0	0,04
Peuplier sec	37	//
Sapin résineux sec.	32	//
Cornouiller sec	35,7	//
Sapin blanc sec	32,25	//
Noyer sec	42	//
Chêne vert	20,6	//
Châtaigner vert	25,17	//
Hêtre sec	40	//

Nous devons faire remarquer que les nombres contenus dans ce tableau, indiquant les quantités de cellulose afférentes aux différents bois,

donnent, non pas les proportions de cette substance qu'ils renferment naturellement et qui sont beaucoup plus considérables, mais la quantité de pâte épurée qu'a pu fournir leur traitement.

Ces chiffres n'en présentent pas moins de l'intérêt au point de vue de la valeur relative des différents bois, employés pour la préparation de la pâte à papier.

Enfin, au point de vue de la qualité de la pâte, nous appellerons l'attention sur la différence dans la longueur des fibres que l'on constate dans les différents bois : tandis que les fibres du bois de pin ont jusqu'à 9 millimètres de longueur, celles des bois feuillus sont beaucoup plus courtes ; dans le peuplier, par exemple, elles n'atteignent que 4 millimètres.

Comme les bois résineux donnent un meilleur rendement et de la pâte de qualité supérieure, que, de plus, ils sont plus abondants et plus avantageux comme prix, ce sont eux qui sont les plus employés.

Toutefois, les prix ont assez rapidement monté depuis le développement qu'a pris l'industrie des pâtes de bois.

Une statistique de 1876 indique, pour la France, une superficie de 9 400 000 hectares de forêts,

dont 1 838 000 hectares d'arbres résineux, répartis ainsi :

Sapin	643 000 hectares
Epicéa	276 000 //
Pin sylvestre	413 000 //
Pin maritime.	276 000 //
Mélèze	184 000 //
Pin d'Alep	46 000 //

Mais, pour la fabrication des pâtes de bois, il faut écarter le pin maritime à cause de la forte proportion de résine qu'il contient et qui en rend l'exploitation profitable à un autre point de vue.

En Allemagne, sur 13 900 000 hectares de superficie forestière, plus de 9 millions sont plantés en résineux, qui, à leur tour, se répartissent approximativement en 6 millions pour les pins et 3 millions pour les sapins.

Le pin est l'arbre par excellence des pays pauvres et sablonneux du nord de l'Allemagne. Le sapin est déjà un peu plus exigeant : il réclame un sol plus riche et des conditions climatiques plus favorables ; en revanche, il croît plus rapidement que le pin et produit dans le même espace de temps une quantité de bois plus grande.

Le pin, sur un sol de qualité moyenne, peut

donner, en coupes de 60 ans, une moyenne de $4^{\text{m}^3},4$ par hectare et par an et en coupes de 80 ans, une moyenne de $4^{\text{m}^3},64$ par hectare et par an, tandis que le sapin, dans des terrains intermédiaires entre la deuxième et troisième classe, donne, en coupes de 60 ans, 7 mètres cubes de bois par hectare et par an. Or, un mètre cube de bois de sapin pèse environ 450 kilogrammes ; donc, ces 7 mètres cubes correspondent à 3 150 kilogrammes de bois.

La superficie respectivement occupée en France et en Allemagne par les arbres résineux propres à la fabrication de la cellulose sont donc dans le rapport de 1,5 million d'hectares pour la France et 9 millions pour l'Allemagne. Dès lors, on comprend que la fabrication de la cellulose n'ait pas pris en France le développement qu'elle a pris en Allemagne.

En France, les fabriques doivent avoir recours aux bois importés. Elles reçoivent un quart ou un tiers des 500 000 stères exportés annuellement par la Suède et la Norvège. Le bois arrive dans nos ports en rondins écorcés de $1^{\text{m}},10$ de longueur, au prix de 14 francs environ le stère.

On emploie encore en Amérique pour fabriquer de la pâte à papier : les déchets et les pieds

de jute, qui ne peuvent être utilisés en filature, la bagasse de sorgho, et surtout un roseau sauvage (*arundinaria macrosperba*), dont les tiges ont de 3 à 4 mètres de hauteur, très abondant dans toute la région marécageuse qui s'étend de Norfolk (Virginie), jusque vers Wilmington (Caroline du Nord). Mais ces succédanés n'ont pas jusqu'ici, à beaucoup près, l'importance des précédents.

CHAPITRE II

CONSTITUTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES VÉGÉTAUX

6. Constitution physique des tissus. — Si l'on examine, à l'aide du microscope, la structure intérieure des végétaux, on y remarque trois sortes de tissus : le tissu cellulaire, le tissu fibreux et le tissu vasculaire.

Tissu cellulaire. — Le tissu cellulaire des végétaux consiste en une multitude de cellules ou utricules, remplies en général d'une substance liquide, demi-fluide ou solide.

Tantôt ces petites vésicules sont arrondies et faiblement unies entre elles ; tantôt, et le plus souvent, elles sont si fortement pressées les unes contre les autres, qu'elles s'aplatissent dans les points par lesquels elles se touchent et prennent

une forme polyédrique. Leur union devient en même temps si intime, qu'il est difficile de les isoler, et que les cellules formées par leurs cavités paraissent séparées seulement par des cloisons simples, comme le seraient des cavités creusées dans une masse continue (les cellules d'un gâteau de cire, par exemple).

Les parois des cellules sont d'abord formées par une lame simple, homogène et continue; mais, par le progrès du développement, une nouvelle couche de matière organisée se dépose bientôt sur la surface de la première. Cette couche nouvelle n'est pas continue; elle manque dans quelques points et ce sont ces solutions de continuité qui produisent l'apparence de pores ou de bandes.

Tissu fibreux. — Le tissu fibreux se compose également de cellules, mais qui, au lieu de se développer à peu près également dans tous les sens, comme dans le tissu cellulaire, s'allongent beaucoup suivant une direction, et prennent la forme d'un fuseau effilé.

La structure des fibres est d'ailleurs analogue à celle des utricules du tissu cellulaire. Leur intérieur se remplit plus ou moins par un dépôt de couches nouvelles tantôt continues, tantôt interrompues d'espace en espace.

Tissu vasculaire. — Les vaisseaux sont constitués par des fibres placées bout à bout, dont les cloisons extrêmes se seraient perforées aux points de soudure, de façon à faire communiquer entre elles leurs cavités intérieures et à constituer un canal continu, offrant, d'espace en espace, des étranglements* plus ou moins prononcés, marquant l'emplacement des parois primitives des cellules.

Les cellules, les fibres et les vaisseaux, dont nous venons de parler, sont plus ou moins solidement unis entre eux dans les plantes. Suivant M. Hugo Moll, la matière intercellulaire qui réunit ces organes serait différente de la substance qui les constitue.

Les parois des cellules sont imprégnées de substances diverses qui en modifient les propriétés. Ainsi les fibres du bois sont durcies par le dépôt d'une matière particulière que les botanistes appellent le *ligneux*, et dans la paille, la dureté croissante du tissu est due à l'imprégnation des parois des cellules par de la silice et des sels de chaux. Dans les bois durs, on distingue le plus souvent deux parties : celle qui occupe le centre et qui constitue ce que l'on appelle le *bois parfait*, est dure, compacte et plus fortement colorée par suite de la grande quantité de li-

gneux qui incruste les fibres ; la partie externe, plus blanche, qu'on nomme l'*aubier*, est formée des couches les plus jeunes, qui sont beaucoup moins lignifiées.

Les bois blancs se distinguent des précédents par une moindre incrustation de leurs fibres.

Le tissu fibreux seul ou mélangé au tissu vasculaire, forme le bois ou le liber de nos bois communs, ainsi que l'écorce de plusieurs plantes fibreuses, comme le lin et le chauvre.

Ces deux tissus composés de longues fibres susceptibles de se feutrer sont donc aptes à servir à la fabrication du papier.

Pour trouver un succédané du chiffon, on devra donc s'adresser aux plantes ligneuses ou fibreuses, ou plutôt à leurs tissus fibreux ou fibro-vasculaires, lorsque ceux-ci pourront être facilement isolés et purifiés.

7. Constitution chimique des tissus. — Au point de vue chimique, les tissus végétaux sont constitués par les principes immédiats suivants :

La cellulose, la vasculose, la pectose et la cutose.

La *cellulose* constitue les cellules et les fibres dont sont formés la plupart des tissus végétaux.

La *vasculose* est la substance désignée par les botanistes sous le nom de ligneux, et qui, comme nous l'avons vu précédemment, incruste les cellules et les fibres de la plupart des plantes. Elle forme presque à elle seule certains vaisseaux des végétaux, et c'est de là que lui est venu son nom.

La vasculose est plus abondante dans les bois durs que dans les bois blancs. On en jugera par le tableau suivant :

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

La *pectose* joue dans les végétaux un rôle analogue à celui de la vasculose ; elle relie, notamment, les fibres corticales d'un grand nombre de plantes filamenteuses.

La *cutose* constitue la membrane transparente qui recouvre toutes les parties aériennes des végétaux ; c'est la partie externe de cette pellicule que les botanistes nomment la cuticule. Elle entre, par suite, dans la composition

de l'écorce des arbres. Le liège en renferme jusqu'à 43 %.

Elle recouvre également les fibres corticales de plusieurs plantes textiles, comme le lin, le chanvre, l'alfa, etc.

Nous allons passer en revue les principales propriétés chimiques de ces principes immédiats, en insistant sur celles qui permettent de les distinguer les uns des autres et sur lesquelles devront s'appuyer les traitements, ayant pour but de transformer les substances végétales en pâte à papier.

Cellulose. — Les acides sulfurique, chlorhydrique étendus sont sans action à froid sur la cellulose; à chaud, ils la transforment peu à peu en glucose.

Ces mêmes acides concentrés et froids transforment immédiatement la cellulose en hydrocellulose, puis, si leur action se prolonge, ils la dissolvent et la transforment en une matière soluble dans l'eau, analogue à la dextrine.

Les alcalis, même assez concentrés, n'attaquent la cellulose ni à froid, ni à l'ébullition; leur action sur cette substance est peu sensible, lorsqu'on les fait agir en vase clos à une pression inférieure à trois atmosphères. Mais à des

pressions plus élevées, si l'alcali est concentré, la cellulose est attaquée et donne de l'acide oxalique, avec dégagement d'hydrogène.

Les agents d'oxydation, tels que l'acide azotique, le chlore, les hypochlorites en solution étendue et à froid, n'exercent pas une action appréciable sur la cellulose.

Il en est de même de l'acide sulfureux, des sulfites et des bisulfites, agissant à chaud et sous pression.

Le réactif ammoniaco-cuivrique de Schweitzer (oxyde de cuivre ammoniacal), permet de distinguer dans les végétaux trois variétés de cellulose :

Tantôt la substance se dissout immédiatement dans ce réactif : telle est la cellulose qui forme la presque totalité des poils de la graine du cotonnier et le tissu utriculaire de certains fruits, comme la pomme. C'est la *cellulose proprement dite*.

Tantôt la substance ne se dissout dans la liqueur cuivrique, qu'après avoir subi l'action de certains réactifs, par exemple après ébullition avec de l'acide chlorhydrique très étendu ; telle est la cellulose qui forme les cellules épidermiques des feuilles, ainsi que le tissu des racines. C'est la *paracellulose*.

Enfin, tantôt la substance cellulosique est complètement insoluble dans le réactif ammoniaco-cuivrique, même après l'action des acides ; c'est la *métacellulose*.

Cette dernière variété est beaucoup plus rare que les précédentes ; elle n'a été rencontrée que dans quelques végétaux acotylédons, les champignons et les lichens.

Les deux premières variétés de cellulose existent ensemble dans la plupart des tissus végétaux, par exemple dans les différents bois.

Vasculose. — La vasculose est une substance de couleur jaunâtre, complètement insoluble dans tous les dissolvants neutres, ainsi que dans le réactif de Schweitzer, même après ébullition avec l'acide chlorhydrique étendu.

Elle n'éprouve aucune altération lorsqu'on la fait bouillir avec les acides sulfurique, chlorhydrique étendus et, en général, avec tous les acides ne pouvant pas, en se décomposant, céder facilement de l'oxygène.

Lorsqu'on la met en contact pendant un certain temps à froid avec de l'acide sulfurique concentré, la vasculose perd de l'eau et se colore en brun foncé. C'est à la présence de la vasculose dans le bois qu'est due la coloration noire

que prend cette substance lorsqu'on la plonge dans l'acide sulfurique.

La vasculose est facilement attaquée par tous les agents d'oxydation. L'acide azotique, même étendu de plusieurs fois son volume d'eau, mis au contact de la vasculose à la température ordinaire, en détermine rapidement l'oxydation.

Suivant la concentration de l'acide et le temps pendant lequel on a laissé la réaction se produire, on donne naissance à différents acides, dont la composition diffère de celle de la vasculose par une certaine quantité d'hydrogène en moins et une certaine quantité d'oxygène en plus. Ces acides forment avec les alcalis des sels solubles dans l'eau.

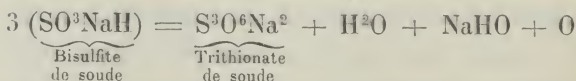
Le permanganate de potasse, les hypochlorites alcalins font éprouver à la vasculose les mêmes altérations.

La vasculose n'est nullement modifiée lorsqu'on la fait bouillir avec des solutions même concentrées de potasse ou de soude. Mais si on la chauffe sous pression, vers 130° , avec une solution de ces alcalis, elle ne tarde pas à être dissoute. La liqueur brune que l'on obtient ainsi, saturée par un acide, laisse précipiter une matière floconneuse noire; ce sont des acides provenant de la déshydratation de la vasculose.

Ces mêmes acides peuvent encore être préparés en soumettant la vasculose à l'action de la potasse en fusion dans un creuset d'argent. Ce sont eux que Braconnot a obtenus en traitant de la même manière de la sciure de bois et qu'il a désignés sous le nom d'acide ulmique.

On peut encore obtenir la dissolution de la vasculose en soumettant cette substance à l'action de l'acide sulfureux ou plutôt des bisulfites, sous pression, à une température de 110° ou supérieure. Dans cette réaction, l'acide sulfureux ne joue pas son rôle ordinaire d'agent réducteur ; on ne constate pas, en effet, de production d'acide sulfurique, mais, au contraire, la formation de soufre, d'acide hyposulfureux, en petites quantités, et surtout d'acide trithionique.

Or la transformation des bisulfites en trithionates est accompagnée de la mise en liberté d'oxygène et d'alcali, comme le montre la formule ci-dessous :



Cet oxygène pourra donc se porter sur la vasculose et la transformer en ces acides résineux, solubles dans les alcalis, dont nous avons parlé précédemment.

En réalité, la réaction est plus complexe : l'opération terminée, on trouve uni à l'alcali un acide dans la constitution duquel entre du soufre, mais cet acide, qui est incristallisable, n'a pu encore être isolé à l'état de pureté.

La *pectose*, sous l'influence de l'acide chlorhydrique très étendu, à la température de l'ébullition, se transforme en *pectine*, soluble dans l'eau et précipitable par l'alcool. Lorsqu'on la fait bouillir, au contraire, avec une solution alcaline, elle se change en *acide pectique*.

C'est de beaucoup le plus facilement altérable, le moins stable des principes constituants des végétaux.

La *cutose* résiste complètement à l'action des différents dissolvants neutres, de l'ammoniaque, du réactif de Schweitzer, des acides chlorhydrique et sulfurique même concentrés.

L'acide azotique l'oxyde facilement et la transforme en acides résineux, dont les sels de potasse et de soude sont solubles. Les agents d'oxydation, le chlore, les hypochlorites, etc., agissent de même.

Si on fait bouillir la cutose avec de l'acide azotique, on obtient de l'acide subérique.

Les dissolutions alcalines et même à la longue

les solutions de carbonates alcalins] dissolvent la cutose, sans qu'il soit nécessaire d'employer la pression, comme pour la vasculose, et la changent en une sorte de savon qui est soluble dans l'eau, mais insoluble soit dans un excès d'alcali, soit dans les dissolutions salines. Sous l'influence des alcalis, la cutose s'est dédoublée en deux acides, l'un solide, l'acide stéarocutique, l'autre liquide, l'acide oléo-cutique.

Le tableau ci-dessous indique la composition de ces différents principes immédiats ⁽¹⁾, sauf la pectose qui n'a pu être isolée à l'état de pureté.

Composition	Cellulose	Vasculose	Cutose
Carbone	43,658	59,341	68,424
Hydrogène	6,407	5,494	8,677
Oxygène	49,935	35,165	22,899

(1) FRÉMY et URBAIN. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. T. XCIII, p. 926 (1881) — t. XCIV, p. 108 (1882) — t. C, p. 19 (1885).

CHAPITRE III

FABRICATION DE LA PÂTE A PAPIER

PRINCIPES SUR LESQUELS DOIT REPOSER LE TRAITEMENT RATIONNEL DES VÉGÉTAUX

8. — Lorsqu'on se propose de préparer de la pâte à papier à l'aide d'un végétal quelconque, on doit soumettre celui-ci à un traitement, ayant pour but de le débarrasser des principes qui soudent, incrustent ses fibres, afin d'isoler ces dernières à l'état de pureté. Autrement dit, il faudra faire intervenir des agents chimiques capables d'éliminer la vasculose, la pectose et la cutose que peut renfermer le végétal en question, mais n'ayant pas d'action sur la cellulose.

Or, il résulte de ce que nous avons dit précédemment des propriétés chimiques de ces prin-

cipes immédiats, que les alcalis, notamment la soude caustique, permettent d'obtenir le résultat cherché.

En effet, la cutose se dissout si on la fait bouillir avec une solution de soude; dans les mêmes conditions, la pectose se transforme en pectate de soude soluble. En opérant sous pression, à une température de 130° environ, la vasculose sera elle-même dissoute, tandis que la cellulose n'est pas attaquée d'une manière sensible.

On voit donc qu'en chauffant des tissus végétaux avec une lessive de soude étendue, dans un autoclave, à une pression d'environ 3 atmosphères, la cellulose seule résistera, les autres principes, plus ou moins modifiés, se dissoudront dans la liqueur alcaline.

Au lieu d'une lessive de soude, on pourra également employer des solutions de bisulfites alcalins ou alcalino-terreux. Les bisulfites employés sous pression, à la température de 110°, n'ont pas d'action sur la cellulose, et déterminent comme nous l'avons vu, la dissolution des autres substances qui l'accompagnent.

Enfin les corps oxydants, principalement l'acide azotique, le chlore et les hypochlorites, en solution très étendue et à froid, n'agissent

pas non plus sur la cellulose, mais attaquent les autres principes. Ils oxydent la vasculose et la cutose et les transforment en acides, que l'on pourra dissoudre ensuite à l'aide d'une liqueur alcaline.

De là, trois méthodes rationnelles de traitement pour les succédanés du chiffon :

Traitement par la soude sous pression.

Traitement par les bisulfites sous pression.

Traitement par les corps oxydants, puis par les alcalis sans pression.

La pratique seule pourra faire connaître, dans chaque cas particulier, quel est celui de ces traitements qui devra être préféré.

Nous allons décrire avec quelques détails la fabrication des pâtes de paille, d'alfa et de bois.

FABRICATION DE LA PÂTE DE PAILLE

9. — C'est un Français, M. Mellier, de Paris, qui indiqua le premier un mode de traitement pratique, permettant de préparer avec la paille de la pâte à papier. Son procédé, qui fait l'objet d'un brevet pris le 7 août 1854, est encore celui que l'on emploie aujourd'hui.

Ce procédé consiste en résumé à hacher la paille, à la ramollir et à la laver à l'eau chaude, puis à la lessiver en la chargeant dans une chaudière rotative, pourvue d'un ou de plusieurs serpentins chauffés par la vapeur, et contenant une lessive de soude. La quantité de soude caustique que l'on emploie pour préparer cette lessive correspond à environ 16 % du poids de la paille en traitement. La chaudière doit être chauffée jusqu'à ce que la pression s'y élève de 3,75 à 4,25 atmosphères.

Voici maintenant quelques détails complémentaires sur l'opération :

La paille doit être employée très propre, exempte de tout corps étranger. Si elle ne remplit pas cette condition, il faut tout d'abord la trier. Ce travail est fait par des femmes, qui séparent à la main les plantes à tiges ligneuses, les chardons, etc., qui peuvent se trouver mélangés à la paille.

La paille est ensuite passée entre deux cylindres pour en écraser les nœuds, puis portée au hache-paille, qui la divise en fragments de 3 à 4 centimètres de long. La paille hachée est blutée pour la débarrasser du sable et autres matières étrangères, et enfin on la laisse tremper dans l'eau bouillante durant plusieurs heures.

On l'introduit alors dans le lessiveur avec une solution diluée de soude caustique.

On peut se servir, à cet effet, d'une chaudière en tôle de fer sphérique, mobile autour d'un axe horizontal. Cet axe est creux ; la vapeur pénètre par l'une des extrémités, traverse un serpentín, dont les spires sont très rapprochées de la paroi de la chaudière, et s'échappe par l'autre extrémité de l'axe, en même temps que l'eau de condensation.

Cette disposition est préférable à celle qui consiste à faire barboter la vapeur dans la solution alcaline, car, dans ce dernier cas, cette solution s'affaiblit de plus en plus, l'eau de condensation de la vapeur s'ajoutant continuellement à celle de la solution.

La lessive de soude employée marque 2 à 3° à l'aréomètre de Baumé, c'est-à-dire que son poids spécifique varie de 1,013 à 1,020. On introduit 318 litres de cette solution par 45 kilogrammes de paille environ.

Lorsque la chaudière est chargée, on la ferme hermétiquement et l'on fait arriver la vapeur dans le serpentín.

La pression doit être élevée jusqu'à 3,75 atmosphères et même au-delà. Un manomètre, adapté à la chaudière, permet de reconnaître

le moment où la vapeur a atteint le degré de tension nécessaire.

En même temps, on imprime à la chaudière un mouvement lent de rotation autour de son axe, environ un tour par minute. Une rotation plus rapide aurait l'inconvénient de trop désagréger la paille et d'occasionner des pertes lorsqu'on lavera le produit, par suite de la difficulté de recueillir toutes les fibres déliées que l'eau entraîne avec tant de facilité.

On peut remplacer ces chaudières rotatives par des chaudières fixes, dont la construction est plus simple et par suite plus économique à condition d'établir dans ces chaudières une bonne circulation.

On obtient ce résultat soit au moyen de cloisons judicieusement disposées dans la chaudière et en utilisant les courants qui tendent à se produire dans un liquide chauffé par la partie inférieure, soit en employant une pompe rotative qui aspire la lessive de soude à la partie inférieure de la chaudière et la déverse constamment à la partie supérieure.

Une chaudière cylindrique d'environ 5 mètres de hauteur et 1^m,80 de diamètre peut traiter à la fois de 1100 à 1400 kilogrammes de paille finement hachée.

Les chaudières fixes ont été adoptées par MM. Cowau et C^{ie} dans leur usine située près d'Édimbourg.

10. — On emploie pour le traitement de la paille une liqueur alcaline plus ou moins riche en soude, suivant la qualité de la pâte que l'on veut obtenir, et aussi suivant le temps que devra durer l'opération, suivant que la pression dans la chaudière est plus ou moins élevée et enfin suivant que la circulation dans la chaudière est plus ou moins assurée.

Une pression plus forte et une plus grande durée du lessivage peuvent compenser l'emploi d'une lessive plus faible.

Ordinairement, pour le traitement de 100 kilogrammes de paille, on emploie une quantité de soude caustique, renfermant de 10 à 15 kilogrammes d'alcali anhydre.

La quantité d'alcali paraît même devoir varier avec la nature de la paille que l'on traite. Ainsi dans une usine importante, tandis que l'on emploie 17 à 19 kilogrammes de soude caustique à 60 % par 100 kilogrammes de paille de froment, on se contente de 15 kilogrammes de la même soude pour la même quantité de paille d'avoine, la pression de la

chaudière étant, dans les deux cas, de quatre atmosphères effectives et la durée de l'opération de trois heures.

Au lieu d'acheter de la soude caustique, les industriels ont évidemment intérêt à préparer leur lessive alcaline, en caustifiant une dissolution de carbonate de soude.

Pour caustifier 100 kilogrammes de carbonate de soude à 48 % d'alcali anhydre, la quantité de chaux théoriquement nécessaire serait de 43 kilogrammes mais comme la chaux n'est jamais pure, qu'elle est toujours plus ou moins carbonatée, on prendra de 60 à 100 kilogrammes de chaux.

Pour préparer la lessive de soude, sachant, d'après le poids de paille que renferme la chaudière, la quantité d'alcali anhydre nécessaire à l'opération, connaissant, d'autre part, le titre alcalimétrique du carbonate de soude dont on se sert, on calculera la quantité de ce carbonate que l'on devra prendre pour obtenir le poids d'alcali dont on a besoin ; on dissoudra ce carbonate dans le volume d'eau que doit contenir le lessiveur, on y ajoutera le poids de chaux voulu pour sa caustification, que l'on facilitera en y faisant barboter de la vapeur ; enfin la lessive sera prête à être employée, dès qu'elle se sera éclaircie par le repos.

Lorsque la pression a été maintenue dans le lessiveur durant le temps que l'on s'est fixé, ordinairement de quatre à six heures, l'opération est terminée.

Avant de vider la chaudière, il faut faire tomber la pression et par suite donner issue à la vapeur.

Quand il existe un autre lessiveur dans le voisinage de celui dont nous parlons, on met à ce moment les deux chaudières en communication, afin que la vapeur qui s'échappe de l'une serve à chauffer l'autre.

Si ce cas ne se présente pas, on pourra utiliser la vapeur sortant du lessiveur à la préparation de la lessive qui doit servir à l'opération suivante, ou encore à chauffer l'eau dans laquelle on fait macérer la paille avant de la soumettre au lessivage.

Aussitôt que la pression est tombée, on ouvre le trou d'homme de la chaudière, et son contenu tombe dans une bêche, munie d'un double-fond percé de trous et garni d'une toile métallique très fine.

La liqueur alcaline, qui a pris une couleur brune très-foncée, traverse la toile métallique et se rend dans un réservoir placé à un niveau inférieur, tandis que les fibres de la paille restent

sur cette toile sous forme d'une masse filamenteuse.

Le produit est alors lavé à plusieurs reprises jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit à peu près incolore.

M. Mellier fait ensuite séjourner les fibres pendant une heure dans de l'eau acidulée avec une quantité d'acide sulfurique atteignant en poids environ 2 % de celui des fibres soumises au traitement, et lave finalement la matière de nouveau à l'eau froide. Mais ce passage à l'acide n'est pas indispensable et a été supprimé dans beaucoup d'usines. Il pourrait être d'ailleurs, avantageusement pratiqué dans la pile.

Certains fabricants font passer le produit sortant des lessiveurs dans des épurateurs, qui sont destinés à retenir toutes les parties incomplètement désagrégées, les nœuds de la paille, les plantes étrangères qui ont échappé au triage, etc. Ceci permet de ne pas pousser le lessivage à fond, c'est-à-dire de ménager la soude, la pression et le temps.

D'autres se contentent de broyer la matière, au sortir de la chaudière, soit au moyen de meules, soit au moyen de piles broyeuses.

Le blanchiment de la pâte de paille se fait par le chlorure de chaux, comme pour le chiffon.

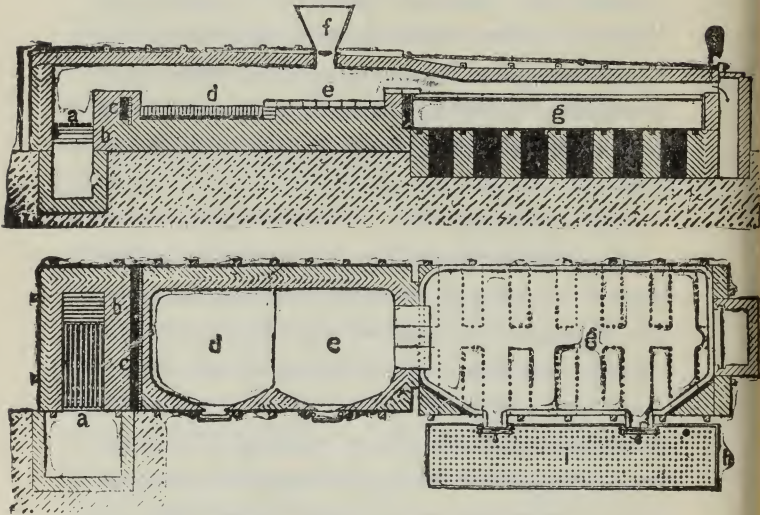
Après avoir été blanchie, la pâte est lavée avec soin et égouttée dans des caisses dont le fond est muni de briques perforées, quand on doit l'employer dans l'usine même, ou bien elle est passée soit dans le presse-pâte, soit dans l'essoreuse, si elle doit être expédiée. Le presse-pâte laisse 50 % d'eau dans la pâte et l'essoreuse 70 %. Le presse-pâte a l'inconvénient de sécher complètement certaines parties de la masse, ce qui rend le travail difficile pour le fabricant de papier.

11. — Nous avons vu que, lorsqu'on vide le lessiveur, il en sort, en même temps que la pâte, une liqueur fortement colorée. Il y aurait, en général, avantage pour l'industriel à se débarrasser de ce liquide, si son usine se trouvait à proximité d'un cours d'eau, pouvant le recevoir sans inconvénient. Mais comme il n'en est pas ainsi d'ordinaire, on se trouve forcé d'évaporer ce liquide dans un four Porion; on reforme ainsi, en calcinant le résidu, du carbonate de soude, qui, traité par la chaux, pourra permettre de régénérer de la soude caustique.

Le four Porion (*fig. 1*) est une sorte de four à réverbère très long, ayant deux soles : l'une de petite dimension, *d e*, placée immédiatement après

le foyer, l'autre beaucoup plus grande, *g*, faisant suite à la première, ayant la forme d'une cuvette. C'est dans cette cuvette que l'on fait arriver le liquide brun alcalin, sortant du lessiveur, et qu'il

Fig. 1



s'agit d'évaporer. Plusieurs agitateurs à palettes, en tournant, projettent et divisent le liquide dans le courant d'air chaud et de fumée qui traverse le four. Dans ces conditions, l'évaporation est très rapide et elle est obtenue à peu de frais. On peut admettre que l'on évapore de 11 à 13 litres d'eau par kilogramme de houille brûlée sur la grille. Lorsque le produit dans la cuvette est

à peu près sec, on l'en retire et on le place sur la petite sole. Là, par suite de la température élevée à laquelle il est porté, les matières organiques qu'il renferme sont rapidement décomposées et en partie brûlées. Le résidu est alors retiré du four et mis en tas : le carbone achève de brûler au contact de l'air. Quand la matière est refroidie, on la traite par l'eau afin de dissoudre le carbonate de soude et le séparer des cendres grisâtres qui l'accompagnent.

On compte qu'il faut brûler 2^{kg},500 de houille dans le four Porion par kilogramme de sel régénéré.

La calcination, sur la petite sole du four Porion, du résidu de l'évaporation du liquide provenant du lessivage de la paille, donne lieu à un dégagement d'odeurs excessivement désagréables, qui peuvent être pour l'industriel une cause d'ennuis très graves. Ces odeurs sont dues aux produits résultant de la décomposition des matières organiques, qui ne peuvent brûler, parce qu'ils se trouvent refroidis, dès qu'ils arrivent au-dessus de la cuvette, au contact des gouttelettes de liquide projetées dans cette partie du four par les agitateurs.

On peut remédier à cet inconvénient en forçant les produits de la calcination à traverser

une chambre de combustion, disposée au-dessus de la sole d'incinération, avant de pénétrer dans la galerie d'évaporation. A cet effet, au-dessus de la petite sole du four Porion, on construit une voûte à 50 centimètres environ au-dessous de celle du four; l'espace compris entre ces deux voûtes, mûré à ses deux extrémités et divisé en deux parties égales par une cloison longitudinale, constitue la chambre de combustion. Une ouverture, ménagée dans la cloison, vers la partie voisine du foyer, établit une communication entre les deux parties de la chambre. En outre, l'un des compartiments de cette chambre communique avec la petite sole placée en dessous, l'autre avec la grande sole d'évaporation. Il en résulte que les gaz provenant de l'incinération pénètrent dans la chambre de combustion et la parcourent deux fois dans toute sa longueur avant d'entrer dans la galerie d'évaporation. Dans ces conditions, ils se mélangent mieux avec l'air, sont maintenus assez longtemps à une température élevée; par suite, leur combustion peut s'effectuer dans de bonnes conditions.

M. Lespermont obtient le même résultat par le moyen suivant : Il emploie une partie de la chaleur, produite par l'incinération des matières

organiques sur la petite sole du four Porion, à chauffer de l'air, qu'il fait arriver à travers l'autel qui sépare cette sole de la grille du foyer. Grâce à cette introduction d'un excès d'air à température élevée, on peut obtenir la combustion complète des produits de la calcination et dès lors supprimer toute odeur gênante.

Suivant M. Lespermont, cette disposition aurait un autre avantage ; c'est de refroidir suffisamment les gaz, avant leur entrée dans la galerie d'évaporation, pour que la matière desséchée ne puisse s'y enflammer. Cette combustion se produit quelquefois dans le four Porion ordinaire et elle a l'inconvénient de nécessiter un arrêt et un nettoyage de l'appareil.

12. — Lorsqu'on récupère la soude en évaporant le liquide provenant du lessivage de la paille à l'aide du four Porion, on peut employer pour ce lessivage des lessives plus concentrées, ce qui permettra d'employer une pression moins élevée et de faire durer l'opération moins longtemps.

D'autre part, on devra faire en sorte de n'avoir à évaporer que des liqueurs concentrées. Or, il n'en serait pas ainsi, si on ajoutait, au liquide sortant de la chaudière, l'eau provenant du la-

vage de la pâte, opéré comme nous l'avons indiqué précédemment. Aussi, doit-on se servir pour ce lavage du *laveur Lespermont*. Cet appareil permet d'extraire la presque totalité de l'alcali avec une quantité d'eau très minime, en produisant deux courants inverses, l'un de l'eau de lavage, l'autre de la pâte à laver. Dans ce parcours, la pâte reçoit successivement dix fois l'action de l'eau de lavage de plus en plus propre, tandis que cette eau de lavage agit dix fois et successivement sur de la pâte de plus en plus chargée de liqueur noire. Pour produire ce résultat, l'appareil comporte deux séries de six tamis coniques, garnis de toiles métalliques très fines, et mis en mouvement par deux arbres parallèles actionnés par des engrenages; chacun de ces tamis est disposé au-dessus d'une auge en maçonnerie, permettant de recueillir à part le liquide qui filtre à travers la toile et la pâte retenue sur les tamis. En outre, chacun d'eux porte en tête deux tuyaux courbes, appelés *danaïdes*, destinés à puiser la pâte remise en suspension dans le liquide. Entre ces deux rangées de tamis, se trouve un arbre portant des palettes en hélice et dont la vitesse est triple de celle des arbres des tamis. Ces palettes sont destinées à remettre en suspension dans l'eau

la pâte recueillie et rejetée par chaque tamis.

Le liquide qui sort du laveur Lespermont a une teneur en soude qui n'est que d'un cinquième inférieure à celle de la lessive sortant de la chaudière. On a constaté que dans 1 kilogramme de pâte passée au laveur Lespermont et complètement desséchée, il ne restait qu'une quantité d'alcali correspondant à 2^{gr},60 de carbonate de soude. Si l'on admet que 100 kilogrammes de paille fournissent 50 kilogrammes de pâte sèche et que le traitement de ces 100 kilogrammes de paille a exigé une quantité d'alcali égale à celle contenue dans 25 à 28 kilogrammes de carbonate de soude, on peut conclure que la perte en alcali est réduite, par l'emploi de ce laveur, à un demi pour cent de la soude employée pour le lessivage de la paille.

La pâte, en sortant du laveur Lespermont, se présente sous forme de petites boules, semblables à des œufs de poisson, par suite du mouvement de rotation auquel elle a été soumise dans les tamis, mais cet état ne nuit en rien à la fabrication du papier : ces boules sont facilement détruites dans les piles blanchisseuses, où l'on porte la pâte, par l'action de la roue à ailettes et du tambour laveur, dont ces piles sont munies.

Suivant la nature de la paille et suivant que

le lessivage et l'épuration de la paille ont été poussés plus ou moins loin, le rendement en pâte sèche varie de 40 à 50 0/0. Dans l'importante usine de M. de Naeyer et C^{ie} à Willebroeck (Belgique), on considère 40 0/0 comme le rendement moyen sur lequel on peut compter.

La pâte de paille est rarement employée seule ; elle donne un papier trop sec. On lui donne du corps, en France, avec de la pâte de chiffon, en Angleterre avec de la pâte d'alfa. Les fibres de la paille sont courtes et faibles, mais en même temps rigides et lisses ; par suite, elles sont aptes à donner la rigidité qui manque au papier fabriqué avec les fibres du coton, mais elles ne peuvent convenir pour le papier qui doit présenter une grande ténacité.

13. — Récemment, M. Beveridge a installé en Angleterre une fabrication de pâte de paille.

Il opère dans des lessiveurs sphériques avec une solution de soude contenant 11,7 0/0 d'oxyde de sodium Na²O. Il emploie une pression de 4 à 6 atmosphères et fait durer l'opération de quatre à quatre heures trente.

La masse lessivée est lavée et égouttée par pression, puis est envoyée dans des piles dont le cylindre a des lames émoussées. On l'y mélange

avec une solution clarifiée de chlorure de chaux et au bout d'une ou deux heures on la conduit dans des caisses d'égouttage. Au bout de douze heures, on lave la pâte.

M. Beveridge a appelé l'attention sur la proportion assez notable de soude qui est employée à saturer la silice existant dans la paille.

La quantité de silice varie dans les différentes pailles, comme l'indique le tableau ci-dessous, et, par suite, variable aussi est la quantité de soude nécessaire à la saturation.

Sorte de paille	Proportion de SiO ₂	Na ₂ O fixé
Froment de France	4,40 %	4,55
" de Zélande	6,24	6,45
" de Hollande	5,17	5,30
Avoine.	2,35	2,45
Seigle	0,92	0,95
Orge	2,06	2,15

Étant donné que la paille de froment de Hollande, par exemple, donne 40,4 % de cellulose, pour préparer 100 kilogrammes de pâte avec cette paille, il faudra en employer 247^{kg},5.

La quantité de silice contenue dans cette paille étant de 5,17 % et nécessitant pour for-

mer du silicate de soude 5,3 de Na^2O , les 247^{kg},5 de paille renferment 12^{kg},8 de silice, qui fixeront 13^{kg},2 d'oxyde de sodium. Comme on emploie pour le traitement de 100 kilogrammes de paille de froment, 11 kilogrammes d'oxyde de sodium, pour obtenir 100 kilogrammes de pâte, il faudra opérer sur 247^{kg},5 de paille, sur lesquels on fera agir 27^{kg},25 d'oxyde de sodium, dont 13^{kg},2, c'est-à-dire 48 0/0 seront employés à saturer la silice.

Ces 13^{kg},2 d'oxyde de sodium peuvent être considérés comme perdus, au point de vue de la régénération de la soude.

M. Beveridge fixe comme il suit la consommation de vapeur qu'exige la préparation d'une tonne de pâte de paille sèche :

Pour le lessivage	2 975 kilogrammes
Pour le fonctionnement des machines.	3 500 //
Pour le séchage	1 370' //
Total	<u>7 845</u> kilogrammes

Partant de là, on peut calculer la consommation de combustible. Si on admet que le générateur donne 7 kilogrammes de vapeur par kilogramme de houille brûlée, il faudra par tonne de pâte sèche 1,12 tonne de houille.

FABRICATION DU PAPIER DE PAILLE

14. — Non seulement la paille, traitée comme nous venons de l'indiquer, fournit une pâte blanche qui, avec la pâte de chiffon, concourt à la fabrication du papier ordinaire, mais elle peut encore, après une simple macération avec de la chaux, donner un défilé coloré, qui est directement employé à la fabrication de certains papiers de pliage, dits papiers de paille.

Cette dernière industrie est déjà ancienne dans le centre de la France et surtout dans le Limousin. Le Limousin compte quarante à cinquante usines, principalement dans la Haute-Vienne et dans la Corrèze, dont quelques-unes peuvent fabriquer jusqu'à 4 000 et 5 000 kilogrammes de papier par vingt-quatre heures, alimentées presque exclusivement par la paille du pays.

La paille employée de préférence et donnant les meilleurs résultats est celle de seigle, que l'on récolte en abondance sur les plateaux du Limousin, où la culture du blé ne donne pas d'aussi bons résultats. Les pailles de blé et de seigle sont les moins cassantes et donnent un papier beaucoup plus solide que les autres ;

mais la paille de blé donne un papier moins jaune et d'un moins bel aspect que celle du seigle, c'est pourquoi cette dernière est préférée.

Nous allons décrire sommairement les opérations qui permettent d'obtenir la pâte qui sert à fabriquer le papier de paille.

La paille, débarrassée de toute matière étrangère, est d'abord coupée à l'aide d'un hache-paille ordinaire à volant porte-lame. Le modèle ordinairement employé a un volant de 1^m,20 à 1^m,40 de diamètre, portant quatre lames et faisant 250 tours par minute; il prend une force d'environ cinq à six chevaux et peut couper 2 000 à 2 500 kilogrammes à l'heure, par longueurs de 30 à 40 millimètres; la paille ainsi coupée pèse environ 75 à 80 kilogrammes le mètre cube.

Le coupe-paille est généralement placé au-dessus des fosses à macérer, de façon que la paille coupée tombe immédiatement dans ces fosses par une trappe s'ouvrant dans le plancher portant le hache-paille.

Les fosses sont bien étanches, et à mesure que la paille coupée y arrive, on l'arrose avec un lait de chaux, préparé dans un cuvier placé au-dessus de ces fosses, afin que l'arrosage soit produit facilement à l'aide d'un tuyau partant du fond du cuvier.

Ce lait de chaux contient environ 1 % de chaux en poids, et le volume que l'on emploie correspond à une quantité de 20 à 25 kilogrammes de chaux par 100 kilogrammes de papier fabriqué. Chaque fosse contient de 8 à 10 mètres cubes de paille.

La chaux agit sur les matières autres que la cellulose contenues dans la paille et forme avec elles une sorte de pâte gluante qui sert de colle au papier. La cellulose n'est pas altérée, à condition toutefois que la macération ne dépasse pas le temps convenable.

La macération exige donc une grande surveillance et une certaine habitude pour reconnaître le moment où elle doit être arrêtée. La durée de l'opération ne peut pas en effet être fixée d'une façon générale; elle varie avec la qualité de la paille et aussi avec la température. En été, un jour est quelquefois suffisant, tandis qu'en hiver, il faut laisser souvent la paille huit à dix jours dans les fosses.

Dans quelques usines de l'Isère et des Pyrénées, on abrège la durée de la macération et on la rend moins variable en faisant arriver dans le fond des fosses un jet de vapeur, ce qui permet en même temps d'employer un lait de chaux plus faible que celui indiqué plus haut. Dans

ces conditions, l'opération dure de un à deux jours, mais elle exige au moins autant de soin que la méthode précédente. En outre, on reproche à la macération par la vapeur de fournir un papier dont la couleur est moins belle.

Lorsque l'on juge la macération terminée, on ouvre une bonde placée au fond des fosses et on fait écouler le liquide. On retire la paille et on la met en tas durant quelques jours pour achever l'égouttage. Enfin on procède au broyage.

Le broyage se fait à l'aide de meules en pierre, analogues à celles employées dans la fabrication de l'huile, des ciments, etc. L'appareil est formé de deux meules roulantes, maintenues par un essieu horizontal et tournant sur une meule fixe ou gîte, scellée à plat; cette meule fixe est entourée d'une cuvette en fonte ou en tôle, dans laquelle on place la paille macérée. L'essieu, reliant les meules, traverse un arbre vertical, qui reçoit un mouvement de rotation à l'aide d'engrenages et entraîne ainsi les meules roulantes à une vitesse moyenne de quinze à seize tours par minute. Les meules ont 1^m,45 à 1^m,50 de diamètre, sur une épaisseur de 450 à 500 millimètres. La charge de paille macérée que l'on jette à la fois sur les meules est d'environ 100 à 120 kilogrammes, pouvant produire 25 à 30 ki-

logrammes de papier ; la durée du broyage d'une charge est en moyenne d'une heure. Dans ces conditions, il faut une force de quatre à cinq chevaux pour entraîner une paire de meules.

Afin d'activer le broyage et de simplifier le travail de l'ouvrier chargé de la surveillance de l'appareil, lorsque les meules passent sur la paille en l'écrasant et l'étalant sur le gîte, le relevage se fait automatiquement pour la ramener dans le chemin des meules. A cet effet, un bras fixé à l'arbre vertical passe entre les deux meules et porte une feuille de tôle, appelée attiseuse, râclant sur le gîte, en poussant la paille devant elle, de façon à la faire glisser sous la meule qui suit. Cette attiseuse a pour but de ramener la paille chassée à la circonférence ; quant à celle qui est envoyée vers le centre, elle est également repoussée sous les meules par une seconde attiseuse fixée également à l'arbre vertical, mais à l'opposé de la première. Enfin une troisième raclette en tôle, appelée ramasseur, permet de retirer rapidement la pâte broyée, sans arrêter les meules, lorsque l'opération est terminée.

Sa forme est telle que la pâte est prise sur le gîte, chassée à la circonférence, et enfin poussée hors de la cuvette par un orifice garni

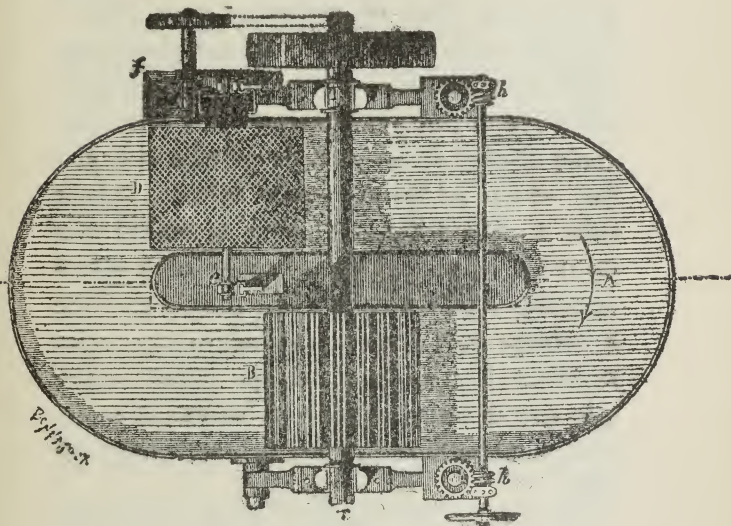
d'une portière à coulisse. Pendant le broyage, le ramasseur est relevé et ne fonctionne pas ; il est abaissé seulement lorsqu'on veut vider la cuvette.

Le broyage sous les meules a eu pour effet d'écraser les nœuds de la paille et de réduire la longueur de ses fibres. Il faut encore déterminer la séparation des fibres, de manière à les rendre aptes au feutrage. C'est là le but du raffinage qui est obtenu au moyen de la pile.

Cette pile (*fig. 2*) est construite comme les appareils du même genre servant à la fabrication du papier ordinaire. Elle se compose d'une cuve en fonte de forme allongée. Une cloison de même hauteur que les côtés de la cuve, règne au milieu de la largeur sur une longueur à peu près égale à celle des faces droites, sans rejoindre les extrémités. Un cylindre, garni de lames en acier, B, occupe une des moitiés de la cuve et son arbre affleure à peu près les bords, de sorte que le cylindre plonge à moitié dans la cuve. Les lames sont disposées suivant les génératrices du cylindre, en saillie de 4 à 6 centimètres et frottent sur une platine encastrée dans le fond de la cuve. La platine est formée d'une série de 10 à 15 lames également en acier et se trouve surélevée par rapport au fond qui vient rejoindre en pente douce le niveau supérieur des lames ; de

l'autre côté de la platine, le fond se prolonge suivant une courbure légèrement excentrique par rapport au cylindre, de façon à s'élever à environ 5 centimètres du bord ; puis, par un

Fig. 2



plan incliné, il descend rejoindre le niveau inférieur qui existe dans l'autre moitié de la cuve sur toute sa longueur. Une poulie, placée à l'extrémité de l'arbre du cylindre, reçoit le mouvement d'une transmission animée d'une grande vitesse. Le cylindre doit faire environ 250 tours par minute.

La pâte broyée étant introduite dans la pile en même temps qu'une quantité d'eau convenable, le mélange est entraîné dans le rapide mouvement de rotation du cylindre qui produit l'effet d'un véritable élévateur en relevant la pâte sur le saut, d'où elle redescend pour faire le tour de la cuve et repasser continuellement sous l'action du cylindre. Il s'établit ainsi une circulation rapide pendant laquelle la pâte revient un grand nombre de fois entre le cylindre et la platine, où elle est énergiquement triturée, et pour aider à cette trituration, pour la rendre plus régulière, un ouvrier active la circulation par un spatulage répété, à l'aide d'une palette en bois ; il mélange ainsi et ramène au centre du courant la pâte du fond et des parois qui circule moins vite que le reste par suite du frottement contre la cuve. Le raffinage s'opère de la sorte en 50 minutes.

Les paliers dans lesquels tourne l'arbre du cylindre reposent d'habitude sur deux leviers qui peuvent monter ou descendre à l'aide d'un mouvement de commande par vis sans fin, et permettent, au fur et à mesure que l'opération s'avance, d'abaisser le cylindre et de le rapprocher de la platine pour achever le raffinage. Quand l'ouvrier juge l'opération terminée, ce

que l'habitude lui fait reconnaître à l'aspect du mélange liquide, il relève le cylindre et ouvre une soupape placée au fond de la cuve, par laquelle la pâte s'écoule dans un cuvier mélangeur.

Les cuviers mélangeurs servent à réunir la plus grande quantité possible de pâte provenant de différentes opérations, afin d'alimenter la machine à papier avec un produit homogène. On comprend, en effet, que, pour obtenir une feuille de papier d'épaisseur uniforme, il faut fournir à la machine une pâte de densité régulière.

Ces cuviers mélangeurs sont généralement en bois ; ils ont 3 à 4 mètres de diamètre sur 2 mètres de hauteur et peuvent contenir une quantité de pâte donnant 300 à 400 kilogrammes de papier. Ils sont pourvus d'un agitateur, faisant de 4 à 8 tours par minute, qui, en tournant dans la pâte, la maintient continuellement en mouvement et empêche les parties lourdes de se déposer au fond.

Des cuviers mélangeurs, la pâte arrive d'une façon continue dans la caisse de l'épurateur de la machine à papier.

On conserve généralement au papier de paille sa couleur jaune naturelle. Cependant on le teint quelquefois en brun ou en vert. Pour obtenir

du papier brun, on ajoute à la pâte 6 à 10 % de sulfate de fer ; par suite de la chaux qui reste dans la pâte, il se forme du sulfate de chaux et de l'oxyde de fer. Pour préparer le papier vert, on introduit dans la pâte 3 % d'extrait de campêche et 3 % de sulfate de cuivre.

La paille rend en moyenne 75 % de son poids en papier. Aussi le prix de revient est-il assez bas.

On compte qu'il faut traiter 133 kilogrammes de paille pour obtenir 100 kilogrammes de papier. En prenant pour prix de la paille, 4^{fr},50 les 100 kilogrammes, on arrive à un prix de revient de 17 francs pour les 100 kilogrammes de papier de paille.

FABRICATION DE LA PÂTE D'ALFA ET DE SPARTE

15. — La fabrication de la pâte d'alfa est absolument la même que celle du sparte ; par suite, ce que nous dirons de la première de ces plantes est applicable à la seconde.

Le traitement que l'on fait subir à ces plantes ne diffère pas de celui que nous avons décrit pour la paille. Seulement il est plus facile ;

aussi peut-on diminuer la quantité de soude, ainsi que la pression dans le lessiveur.

L'alfa est d'abord trié avec soin ; on coupe les racines qui ont pu être arrachées avec les feuilles. Dans certaines usines, on broie les feuilles en les faisant passer entre des cylindres cannelés. On procède ensuite au lessivage. Pour cette opération il est préférable d'employer des chaudières fixes plutôt que des lessiveurs rotatifs. Avec ces derniers, comme les fibres de l'alfa sont plus longues et plus flexibles que celles de la paille, le mouvement de rotation agglomère les fibres sous forme de petites boules, qu'il est très difficile de désagréger complètement au moment du raffinage de la pâte.

Souvent la pression dans la chaudière ne dépasse pas 1 atmosphère et demie. La lessive que l'on emploie renferme 10 kilogrammes de soude caustique par 100 kilogrammes d'alfa. L'opération dure de six à huit heures.

Dans une grande usine près Sunderland (Angleterre), on a installé, pour le lessivage de l'alfa, une batterie de six chaudières fixes, pouvant communiquer les unes avec les autres. La dissolution de soude caustique, qui a été introduite dans l'une d'elles, passe successivement dans les cinq autres avant d'être rejetée, afin

d'épuiser son action. L'alfa, contenu dans une de ces chaudières, est donc traité successivement par des liqueurs alcalines de plus en plus concentrées, et en dernier lieu par une lessive neuve. Par ce moyen, on arrive à économiser la soude, on en réduit la proportion à 5 d'alcali, supposé anhydre, pour 100 d'alfa ; c'est-à-dire que l'on caustifie, pour préparer la lessive, 10 kilogrammes de carbonate de soude à 50 % par 100 kilogrammes d'alfa.

La disposition de chaudières, dont nous venons de parler, permet également d'opérer le lavage de la pâte d'une façon méthodique. Lorsque le lessivage est terminé dans une chaudière, on remplace la lessive, que l'on a fait passer dans la chaudière suivante, par de l'eau. Cette eau traversera successivement les cinq autres chaudières avant qu'on la fasse écouler au dehors.

Dans certaines usines, aujourd'hui, le traitement par l'alcali s'effectue à la pression ordinaire, dans des lessiveurs à aspersion, semblables à ceux qu'on emploie pour le lessivage des chiffons. La vapeur d'une chaudière arrive à la partie inférieure du lessiveur, fait monter avec une assez grande vitesse la lessive dans un tuyau vertical ménagé au centre de l'appareil. Le liquide, parvenu à la partie supérieure, vient

frapper contre un chapeau, qui le renvoie sur les feuilles entassées autour du tuyau.

La proportion de soude dont on fait usage dans ces appareils est de 14 % du poids de la plante. La durée de l'opération est de huit heures.

La matière lessivée est ensuite lavée à l'eau chaude, ordinairement dans le lessiveur même. Au sortir du lessiveur, la plante a conservé sa forme, mais elle est d'un défilage très facile, qui s'effectue dans des piles broyeuses. Le blanchiment de la pâte n'exige que 10 à 12 kilogrammes de chlorure de chaux par 100 kilogrammes de matière première.

Le rendement peut atteindre 50 % de pâte sèche.

Les fibres de l'alfa sont souples, douces et donnent de l'épaisseur au papier; elles pourraient par suite corriger les défauts de la pâte de paille.

Comme ces fibres présentent en même temps une grande ténacité, on peut obtenir avec l'alfa, sans addition d'autres fibres, un papier blanc très solide pour impression et même du papier à lettres. En résumé, l'alfa possède l'avantage sur la paille d'avoir des fibres plus longues et plus flexibles et d'exiger pour son traitement une quantité moindre de soude, mais son prix

élevé, qui est trois à quatre fois plus élevé que celui de la paille, l'erapêche, au moins en France, d'entrer en concurrence sérieuse avec cette dernière substance. En Angleterre, au contraire, par suite du bas prix du charbon, de la soude et du chlorure de chaux, ainsi que des transports, il existe entre le prix de revient et le prix de vente un écart suffisant pour permettre le traitement économique de cette plante.

L'alfa revient à 14 francs les 100 kilogrammes en France ; dans ces conditions, 100 kilogrammes de pâte d'alfa coûtent :

Alfa	30 francs
Produits chimiques.	10
Main-d'œuvre, frais généraux, charbon.	15
	<hr/>
Soit.	55 francs
	les 100 kilogrammes.

tandis qu'en Angleterre, les 100 kilogrammes de pâte coûtent 44 francs :

Alfa à 10 francs les 100 kilogrammes	22 francs
Produits chimiques.	8
Main-d'œuvre, charbon, etc.	14
	<hr/>
	44 francs

FABRICATION DE LA PÂTE DE BOIS

16. — Le bois est aujourd'hui le plus important des succédanés du chiffon pour la fabrication du papier.

On prépare avec le bois de la pâte à papier par deux procédés différents : un procédé mécanique et un procédé chimique.

Le premier fournit ce que l'on est convenu d'appeler la *pâte mécanique*, de couleur blonde, et que l'on fait entrer en cet état dans la fabrication des papiers communs, comme auxiliaire de la pâte de chiffon ou d'alfa.

Le second donne une pâte, dite *pâte chimique*, qui, après blanchiment, peut servir à la fabrication des beaux papiers.

17. Procédé mécanique. — Ce procédé consiste à réduire le bois à un état de grande division par un frottement et un broyage énergiques, effectués à l'aide de puissantes meules de grès.

Le premier qui eut l'idée de préparer de la pâte mécanique de bois est un tisseur allemand, nommé Keller, mais c'est un de ses compatriotes, Voelter, fabricant de papier à Heiden-

heim (Wurtemberg), qui devint acquéreur de son procédé en 1847 et le fit adopter dans l'industrie. C'est surtout depuis l'Exposition universelle de 1867, où figurait la machine de Vœlter, que ce mode de fabrication se répandit rapidement.

Cette machine se compose d'une meule en grès de 1^m,20 de diamètre et de 40 centimètres d'épaisseur. Cette meule, appelée *défibreur*, est placée verticalement dans un bâti en fonte qui l'enveloppe entièrement. Sur le quart de la circonférence de ce bâti, on a ménagé cinq petites chambres, dont la surface de la meule forme le fond. Deux quarts de cercle terminent le bâti et servent de point d'appui aux sabots qui compriment le bois à défibrer sur la surface de la meule.

Le bois divisé par tronçons de 28 centimètres de longueur, privé de son écorce et de toutes ses parties colorées ou altérées, est placé dans les compartiments déjà décrits, au fond desquels on fait arriver une lame d'eau très abondante, qui ne représente pas moins de 235 litres par minute pour les cinq compartiments. soit 47 litres pour chacun d'eux.

En même temps que cette eau empêche la surface de la meule de s'échauffer, elle entraîne

les portions de bois défibrées et les transporte dans l'appareil qui porte le nom d'*épurateur*.

Les sabots en fonte doublés de bois sont fixés à l'extrémité de tiges filetées, qui reçoivent, au moyen d'un écrou mobile et articulé, engrené sur une vis sans fin, un mouvement de progression lent et régulier. La vis sans fin tient son mouvement de l'axe même de la meule. La vitesse du défibreur est de 150 tours par minute ; la charge, de 5 kilogrammes ; quinze à vingt minutes suffisent pour le défibrage de cette quantité. Le bois doit être placé dans les chambres, de façon à ce que la fibre soit parallèle à l'axe de la meule.

En sortant de l'enveloppe du défibreur, les fibres végétales passent dans la caisse des *épurateurs*, qui se composent de deux cylindres recouverts de toiles métalliques assez grosses. Les fibres régulières pénètrent dans l'intérieur de ces appareils, s'échappent par leurs axes et se rendent aux *assortisseurs*. Les éclats de bois échappés à l'action de la meule et les fibres trop grosses sont livrés à un appareil intermédiaire, appelé le *raffineur*.

Les assortisseurs sont des cylindres revêtus de toiles métalliques, qui tournent sur des tourillons creux, et sont plongés dans une eau conte-

nant, à l'état de suspension, les fibres à tamiser. Ils ont pour objet de classer les pâtes suivant leur degré de finesse. Le premier bassin porte le n° 3 ; la toile qui recouvre son cylindre est la plus lâche, elle ne retient par conséquent que les fibres les plus grossières ; ces dernières constituent une pâte n° 3 qu'on repasse au raffineur. Le second bassin porte le n° 2. La toile qui recouvre ce cylindre est plus serrée que celle du précédent ; elle laisse donc pénétrer dans son intérieur les fibres les plus fines, et retient la pâte n° 2 qui peut entrer dans la préparation des papiers d'impression communs et dans celle des papiers de tenture. L'assortisseur du troisième bassin est recouvert d'une toile métallique très fine, qui ne laisse échapper que de l'eau ; il retient donc la pâte la plus fine, c'est celle qui porte le n° 1. On a compris que l'eau qui pénètre avec les fibres dans l'assortisseur n° 3, s'échappe par l'axe de cet appareil, d'où elle se rend dans le bassin n° 2 ; là elle pénètre dans l'intérieur de l'assortisseur n° 2, s'échappe par son axe et se rend dans le bassin n° 1. Enfin elle suit dans ce dernier bassin la même voie que dans les autres, pénètre à travers la toile métallique dans l'intérieur du cylindre, abandonne la dernière portion de fibres végétales qu'elle con-

tient et s'échappe par l'axe de l'assortisseur. C'est un tamisage méthodique ayant l'eau pour véhicule.

Pour terminer ce qui est relatif aux assortisseurs, il faut remarquer que chacun des bassins est accolé à une caisse destinée à recueillir la pâte produite par le cylindre tamiseur. A cet effet, deux rouleaux tangents à la toile métallique enlèvent la pâte à mesure qu'elle s'isole, et la déversent dans la caisse précitée.

La pâte n° 3, aussi bien que les débris rejetés par les épurateurs sont soumis à l'action du raffineur. Cet appareil se compose de deux meules de la Ferté-sous-Jouarre, exactement disposées comme pour la mouture du blé; la meule inférieure est dormante et la supérieure animée d'une vitesse de 300 tours par minute. La pâte qui a subi la trituration se rend aux assortisseurs où elle rentre dans l'ensemble du travail.

Les bois employés pour cette fabrication sont le pin et le sapin, qui donnent les pâtes les plus fibreuses; le tremble et le tilleul, qui donnent les pâtes les plus blanches; enfin le hêtre, le bouleau et le peuplier, qui fournissent des fibres courtes, mais que l'on utilise en France et en Belgique en raison de la blancheur de leur tissu.

Le bois doit être pris de préférence vert, et quand il a atteint de 10 à 28 centimètres de diamètre.

Pour obtenir 50 kilogrammes de pâte supposée sèche, il faut défibrer environ 100 kilogrammes de bois sec. On compte qu'il faut une force de 5 chevaux-vapeur pour produire, en 24 heures, 50 kilogrammes de pâte de bois supposée sèche. La force énorme qu'elle consomme est le plus grave reproche que l'on puisse faire à la machine de Vœlter. Aussi son emploi n'est économiquement possible qu'en utilisant des forces hydrauliques sans application et dans des pays riches en bois propres à ce travail.

18. — Différents perfectionnements ont été apportés à la machine de Vœlter.

M. Bergès, de Grenoble, a supprimé dans le défibreux les vis qui servent à presser le bois contre la meule ; il emploie dans ce but la pression hydraulique, qui est plus facile à régler. De plus, dans la machine allemande, les caisses contenant le bois à défibrer sont toutes placées du même côté ; M. Bergès les a réparties d'une manière symétrique afin que les pressions s'équilibrent sur l'axe.

Son appareil raffineur se compose de deux

meules en grès portées sur un axe horizontal. C'est une sorte de *pulpe-engine*, dans lequel le rapprochement des meules est obtenu avec une grande précision.

Des différentes modifications apportées par M. Bergès au procédé Vœlter, la plus importante est l'emploi de la pression hydraulique appliquée au défibreur. En effet, les meilleures meules, après un certain temps de service, présentent une surface irrégulière. Lorsque la pression du bois contre la meule est produite par des vis, cette pression éprouve des variations très appréciables suivant que le bois se trouve en présence d'une partie saillante ou d'une partie creuse de la meule. Il en résulte une grande irrégularité dans le produit obtenu.

La fabrication de la pâte mécanique de bois a pris une très grande extension.

En 1874, il existait déjà en France 30 machines Bergès et 25 machines Vœlter ou d'un système analogue. Chacune de ces machines, produisant en moyenne par jour 500 kilogrammes de pâte supposée sèche, en donnera par année, pour 300 jours de travail, 150 000 kilogrammes. Toutes ensemble, représentent donc une production de 8 250 000 kilogrammes de pâte,

Mais c'est surtout en Norvège que cette industrie a pris un développement extraordinaire. Ce pays produit en grande quantité un sapin blanc, peu résineux, éminemment propre à cette fabrication. De plus, on y rencontre de puissantes chutes d'eau, voisines des forêts et des ports d'exportation. Il réunit donc les conditions nécessaires pour produire la pâte mécanique de bois très économiquement et dès lors pour fournir aux autres pays une grande partie de la pâte à papier dont ils ont besoin. En 1888, cette production a atteint 175 000 tonnes de pâte sèche.

Depuis, elle n'a fait que croître, comme l'indique le tableau suivant :

Années	Pâte mécanique de bois
1889	190 000 tonnes
1890	207 000
1891	230 000
1892	215 000
1893	230 000

En 1893, ces 230 000 tonnes de pâte de bois étaient fournies par 59 usines existant en Norvège, et quelques usines suédoises dont les produits sont exportés par les ports norwégiens.

Lorsque la pâte ne doit pas être utilisée dans l'usine, on la soumet, au moyen de presses hydrauliques, à une pression de 2 000 kilogrammes, qui lui fait perdre la plus grande partie de l'eau qu'elle renferme. En sortant des presses, la pâte humide renferme environ 50 % d'eau.

L'emploi de la pâte humide est évidemment préférable, mais lorsque la pâte doit être transportée à de grandes distances, pour diminuer les frais de transport, on la sèche à l'air chaud. Souvent on la comprime entre des rouleaux et on la convertit en un carton épais.

Le tableau suivant donne le poids du mètre cube des différents bois employés dans les fabriques de pâte mécanique : 1° lorsqu'ils viennent d'être abattus, 2° lorsqu'ils ont été parfaitement desséchés.

Bois employés	Coupe récente	Bien sec
Érable	975 ^{kg}	669 ^{kg}
Tremble	800	544
Sapin blanc	890	594
Pin	862	469
Sapin écossais	875	594

Les poids de bois sec représentent assez exactement le rendement en pâte mécanique.

19. — La pâte mécanique de bois ne peut pas être considérée comme une véritable pâte à papier ; elle n'en a ni la structure fibreuse, ni les propriétés feutrantes. Elle est constituée par une réunion de menues brindilles, d'une souplesse limitée, dans lesquelles la cellulose des fibres reste emprisonnée par la totalité de la vasculose. Elle ne saurait donc contribuer à donner au papier de la solidité, mais elle lui donne du corps, de l'épais et rend de grands services comme matière de remplissage.

D'autre part, sa couleur n'est jamais parfaitement blanche : elle conserve la couleur naturelle du bois, et se prête mal à l'opération du blanchiment.

On fait entrer la pâte de bois, dans la préparation du papier, dans les proportions suivantes : 15 à 50 % pour les papiers fins à écrire et d'impression ; 50 à 60 % pour les papiers de tenture et les cartons ; encore peut-on fabriquer ces derniers sans aucun mélange de chiffons.

La pâte de bois augmente l'opacité du papier, et accroît en même temps son affinité pour l'encre d'impression. Aussi est-elle très employée pour la fabrication du papier des journaux : elle fournit un papier qui reçoit l'impression

très facilement, malgré la grande vitesse des presses continues.

On s'en sert aussi pour la préparation des objets dits en papier mâché.

Comme la pâte mécanique contient les diverses matières constitutives du bois, elle éprouve à la longue certaines modifications, sous l'influence de l'air, de l'humidité et de la lumière, d'où résulte une coloration jaune de plus en plus marquée. Il en résulte qu'il convient de n'employer cette pâte que pour la fabrication des papiers qui ne doivent pas avoir une longue durée, comme par exemple les papiers de journaux.

Le prix de revient de 100 kilogrammes de pâte mécanique de bois de tremble, supposée sèche, et fabriquée dans de bonnes conditions, est de 10 à 12 francs. Le prix de vente de cette pâte est de 12 à 18 francs les 100 kilogrammes, et cette pâte remplace pour le fabricant de papier un poids égal de pâte de chiffon, dont la valeur est beaucoup plus élevée.

Avant de soumettre le bois au râpage pour le transformer en pâte mécanique, on peut, comme l'a proposé M. Aussedat en 1872, le soumettre à l'action de la vapeur d'eau. Le bois, enfermé dans une chaudière cylindrique en fer, est traité par de la vapeur d'eau à une pression de 2 à

5 atmosphères pendant plusieurs heures, suivant la nature du bois. Sous l'influence de ce traitement, le tissu du bois est attendri et les opérations mécaniques subséquentes sont par suite rendues plus faciles. En outre, on enlève au bois certaines substances solubles, comme le tanin, la résine, des gommés, etc., dont l'élimination est avantageuse au point de vue de la qualité de la pâte.

L'importation des pâtes mécaniques de bois en France s'est développée dans des proportions considérables :

En 1878, elle atteignait à peine	4 912 tonnes
En 1881, elle était de	12 746 //
En 1883, //	17 526 //
En 1886, //	37 472 //
En 1887, //	65 809 //
En 1888, //	96 754 //
En 1889, //	114 076 //
En 1890, //	141 000 //

Cette dernière quantité de pâte représente 400 000 stères de bois brut.

Outre cette énorme quantité de pâte, nous avons encore demandé à l'étranger, en 1890, 60 000 tonnes de bois destinées à la fabrication du papier.

20. Procédés chimiques : traitement par la soude caustique. — Le procédé qui sert à

la préparation de la pâte chimique de bois ne diffère pas en principe de celui que l'on emploie pour la fabrication de la pâte de paille ou d'alfa.

C'est M. Houghton, fabricant anglais, qui, en 1857, appliqua le premier au bois le procédé Mellier pour la paille, en employant toutefois une plus grande quantité de soude et une pression plus élevée.

Il se servait de lessives marquant de 6 à 7 degrés Baumé et les faisait agir sur le bois pendant 6 heures à une pression de 12 à 14 atmosphères, correspondant à une température voisine de 200°. Par ce traitement, il retirait du bois 33 % de fibres, complètement purifiées, faciles à blanchir et fournissant un papier de bonne qualité.

En 1866, les brevets Houghton devinrent la propriété d'une société, la *Gloucestershire Paper Company*, qui installa d'une façon régulière la fabrication du papier de bois.

Le bois employé dans cette usine est le pin, qu'il faut d'abord réduire en menus fragments. A cet effet, les bûches écorcées, ayant 2^m,50 de longueur, sont introduites dans une grande trémie en fonte, installée au-dessus d'une fosse en maçonnerie ayant 1^m,50 de profondeur sur 2 mètres de largeur. Le fond de la trémie est formé

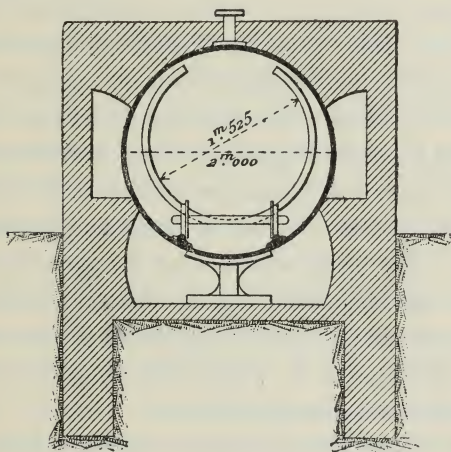
par un plateau en fonte de 2 mètres de diamètre, possédant un mouvement rapide de rotation autour de son axe, et portant, suivant deux rayons opposés, deux fers de varlope, de 30 centimètres de longueur, obliques par rapport au plan du plateau. Ces fers découpent le bois sous forme de copeaux, qui, en tombant, passent entre deux cylindres cannelés, ayant 80 centimètres de longueur sur 30 centimètres de diamètre et tournant en sens contraire. Le bois se trouve ainsi réduit en fragments, dont les plus gros atteignent à peine la grosseur d'une noix. C'est à cet état que le bois est introduit dans le lessiveur. Ce déchiquetage du bois exige une force de 10 à 12 chevaux.

Le lessiveur (*fig. 3*) est une grande chaudière horizontale ayant 21 mètres de longueur sur 1^m,50 de diamètre et pouvant contenir de 4 à 5 tonnes de bois. Cette chaudière est formée de cylindres en tôle, ayant 1 mètre de longueur et 2 centimètres d'épaisseur, assemblés à l'aide d'un couvre-joint de même épaisseur que maintiennent 4 rangées de rivets. L'une des extrémités est fermée par une calotte fixe ; l'autre porte une calotte mobile, à charnière, se fermant au moyen de boulons. Elle porte dans son intérieur deux rails sur lesquels peuvent se mouvoir de petits

wagonnets en tôle perforée, contenant le bois déchiqueté.

La chaudière peut contenir 18 de ces wagonnets. Lorsqu'ils sont en place, on ferme la chaudière et on y introduit une lessive de soude caustique, marquant 8° à l'aréomètre de Baumé,

Fig. 3



ce qui représente 300 kilogrammes d'alcali pour 100 kilogrammes de bois. On emploie pour le chauffage de cette chaudière le système Perkins, c'est-à-dire qu'elle contient un long serpentin en fer dans lequel on fait circuler un courant d'eau qui est portée à une température très élevée en traversant un foyer incandescent. La

pression est ainsi portée dans la chaudière jusqu'à 14 atmosphères, aussi l'appareil est-il essayé à 28 atmosphères. Quand la pression a été maintenue pendant 6 heures, on fait écouler la lessive, on ouvre l'autoclave et on conduit les wagonnets dans l'atelier où a lieu le lavage et où ils sont vidés dans des cuiviers appropriés.

Dans l'usine de la *Société américaine de papier de bois*, près de Philadelphie, on traite presque exclusivement le bois de peuplier. Ce bois est découpé en rondelles ayant de 1 centimètre à 1^{cm},5 d'épaisseur. Les lessiveurs employés sont des chaudières verticales de 1^m,50 de diamètre et de 5 mètres de hauteur, pouvant recevoir par chargement 1 400 kilogrammes de bois. Ces chaudières ont été d'abord chauffées à feu nu, mais on préfère aujourd'hui avec raison le chauffage à la vapeur circulant dans une double enveloppe extérieure.

La lessive de soude qui sert pour le lessivage marque 12° Baumé, mais la pression dans la chaudière ne dépasse pas 8 atmosphères. La durée de l'opération est de six heures.

M. Sinclair a construit, pour le lessivage du bois, une chaudière verticale, dans laquelle la lessive est constamment en mouvement, comme dans les cuiviers de lessivage. A cet effet, la

chaudière porte à l'intérieur une enveloppe qui ménage une gaine cylindrique entre ses parois et le bois, mais qui communique avec l'intérieur par ses deux extrémités. Comme la chaudière est chauffée extérieurement par la vapeur, il se produit dans la lessive des courants ascendants le long des parois et descendants au centre, au travers du bois.

Lorsque le bois sort du lessiveur, ses fibres sont complètement désagrégées et peuvent fournir très facilement une pâte régulière. Mais il faut d'abord le laver convenablement pour le débarrasser de la lessive noirâtre dont il est imprégné. Un premier lavage doit être fait à l'eau chaude, suivi d'un second à l'eau froide.

Pour ce lavage, on peut très avantageusement se servir du laveur Lespermont, dont nous avons donné déjà la description. Il fournit une pâte bien purifiée en n'employant qu'une faible proportion d'eau ; ce qui est important au point de vue de la régénération de l'alcali.

Avant d'être blanchie, la pâte doit être soumise encore à une désagrégation mécanique, que l'on produit soit au moyen d'une pile à cylindre, appareil dont il a été parlé précédemment, soit à l'aide d'un moulin raffineur.

Ce dernier appareil se compose de deux meules

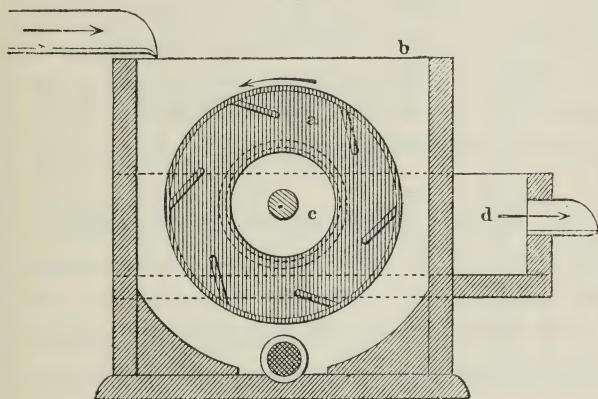
en grès horizontales. La meule inférieure est fixe; l'autre est supportée par un arbre vertical animé d'un mouvement de rotation, que l'on peut élever ou abaisser à volonté à l'aide d'un levier. On peut ainsi augmenter ou diminuer l'espace compris entre les deux meules, suivant la qualité de la pâte à produire. La pâte à raffiner arrive au centre des meules et s'échappe par la circonférence dans une boîte en tôle qui les enveloppe, d'où elle sort par un orifice que l'on y a ménagé. L'alimentation des meules a lieu d'une manière automatique; pour cela, le tuyau qui amène la pâte aux meules communique avec une sorte de réservoir, dans lequel arrive, refoulée par une pompe, la pâte à raffiner. Ce réservoir est muni d'un trop-plein, en forme de déversoir, qui est mobile dans le sens vertical. La pompe, envoyant plus de pâte qu'il n'en faut pour alimenter l'appareil, lorsqu'on aura réglé la hauteur du déversoir, la quantité de pâte qui arrivera entre les meules restera constante.

On emploie également dans ce but un autre appareil, l'épurateur rotatif Wandel (*fig. 4*), analogue aux épurateurs en usage dans les papeteries.

La pâte à épurer suffisamment diluée vient tomber dans une caisse *b*, au milieu de laquelle

tourne, avec une vitesse de 40 à 50 tours par minute, un tambour cylindrique *a* dont la surface est percée d'un très grand nombre de fentes très fines. Ce tambour porte dans son intérieur des palettes disposées de telle sorte que, grâce

Fig. 4



au mouvement de rotation, la pâte soit aspirée à la surface du tambour et refoulée vers l'axe, où se trouve ménagés des orifices d'évacuation *c*. Les fibres suffisamment désagrégées sont éliminées ainsi par le conduit *d*, tandis que les parties incomplètement traitées restent dans la caisse *b*.

Dans le tableau de la p. 90, on trouvera le rendement en pâte sèche d'un stère de différentes

Essences (Bois nouvellement abattu)	Un stère pèse	Perte		Un stère écorcé et séché se réduit à	Produit en cellulose	
		par écorçage et nettoyage	par dessiccation à 100°		absolu	P. %
Épicéa	617 ^{kg} ,5	80 ^{kg}	230 ^{kg}	307 ^{kg} ,5	108 ^{kg} ,2	35
Sapin des Vosges.	566	136	191,7	238,5	88,2	37
Pin Sylvestre	697,5	170	252,2	275,3	105,7	38
" d'Autriche	707,5	147	285,6	274,9	89	31
" Laricio	597,5	90	160,37	347,13	116,8	33
" rabougré	449,3	55,1	124,8	269,4	93,81	37
Hêtre commun	865	70	327,54	467,46	139,80	30
Bouleau verruqueux	623,5	111,5	215,04	296,96	85,60	29
Peuplier tremble	695	135	227,36	332,64	108,42	32
" blanc	650	175	226,5	248,5	88,14	35
Sorbier des oiseleurs	725,5	131,5	269,67	324,33	100,6	31
Alisier des bois	756,5	166,5	224,2	365,8	103,96	28
Saule Marceau	572,5	80,5	241	251	85,7	34
Saule fragile	583,5	111	181,4	291,1	104,8	36
Frêne commun	593,5	91	100,1	402,4	103,95	26
Aune commun	516,5	97,5	181	238	81,3	34

essences de bois, traité par le procédé à la soude, en même temps que la perte éprouvée par ces bois dans l'écorçage et la dessiccation.

21. — Quand on passe en revue les différents procédés qui ont été indiqués pour la préparation de la pâte de bois par la soude, on remarque des différences considérables dans les pressions ou, ce qui revient au même, dans les températures auxquelles se fait le lessivage, ainsi que dans les proportions de soude dont on fait usage dans cette opération.

Certaines usines n'emploient que des pressions de trois à cinq atmosphères. Ungerer, de Vienne (1870), recommande une pression de trois à quatre atmosphères pour les bois feuillus et de cinq à six atmosphères pour les bois résineux.

Par contre, Lee (1870) indique une pression de onze atmosphères; de même, Rosenhain (1878), une pression de dix atmosphères. Nous avons vu que Houghton poussait la pression jusqu'à quatorze atmosphères.

Les proportions de soude employées sont tout aussi variables, et, chose singulière, souvent les plus fortes proportions d'alcali sont utilisées en même temps que les pressions les plus élevées.

D'après le brevet de Watt et Burgess, on donne à la lessive une densité de 12° Baumé et on en prend une quantité suffisante pour avoir vingt-et-une parties de soude caustique à 60 % pour cent parties de bois sec,

Sinclair emploie vingt-cinq parties de soude pour cent parties de bois et fait sa dissolution à 34° Baumé.

D'après Ungerer, on peut se contenter de 4 à 5 % de soude à la teneur de 60 % pour les bois feuillus et de 6 à 8 % pour les bois résineux.

Quant à la durée de la cuisson, dans presque tous les procédés, elle est sensiblement la même, elle varie de quatre à six heures.

Nous avons vu que les lessives qui ont servi pour le lessivage sont soumises à l'évaporation, puis, après calcination et caustification, se trouvent régénérées.

On admet aujourd'hui que, par 100 kilogrammes de pâte sèche, on ne doit perdre que 5 à 6 kilogrammes de soude, qui disparaissent dans les lavages.

En employant pour le lessivage 60 kilogrammes de soude par stère de bois, comme on le fait en général, on pourra retrouver dans la lessive, après évaporation et calcina-

tion, les neuf dixièmes de la soude mise en œuvre.

Dans ces dernières années, on a créé en Norvège de nombreuses usines de pâte chimique de bois. L'installation de ces nouvelles usines et leur mode de travail ne diffèrent pas sensiblement de ceux que nous avons indiqués plus haut. Cependant, nous croyons utile d'en donner une description rapide.

Ces usines utilisent surtout le pin de Norvège et de Suède, qui convient parfaitement à cette industrie.

On choisit de préférence les arbres dont le pied renferme peu de nœuds et dont la cime n'en présente que de petits, ce qui rend moins importants les frais et le déchet qu'entraîne l'enlèvement de ces nœuds.

Les pièces de bois que l'on met en œuvre, ont généralement 3^m,50 de hauteur, 0^m,075 à 0^m,1 de diamètre à la partie supérieure, et 0^m,2 à 0^m,3 au pied.

On commence par écorcer le bois, soit à la machine, soit à la main ; c'est ce dernier moyen qui est le plus employé.

A cet effet, les arbres sont placés sur des sortes d'établis d'environ 3 mètres de longueur, portant à l'une de leurs extrémités une pièce de

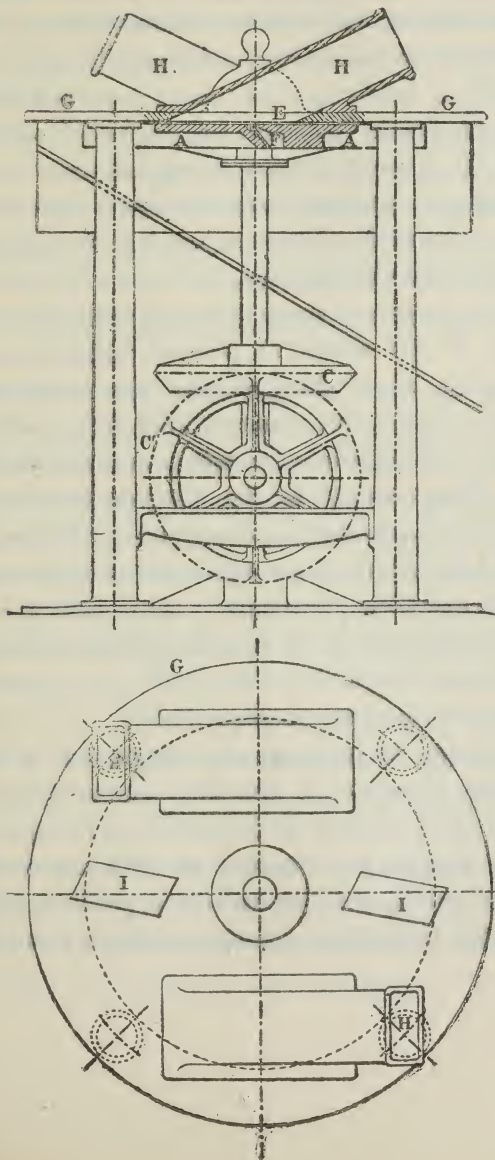
bois creusée et à l'autre un crampon servant à maintenir l'arbre en place, pendant l'enlèvement de son écorce.

L'ouvrier abat d'abord avec une hachette tous les nœuds saillants et autres inégalités, puis, avec une plane, il enlève l'écorce, en allant du pied de l'arbre vers la cime. Il enlève ainsi non seulement l'écorce extérieure, mais encore l'écorce intérieure jaunâtre et remplie de petites tâches grises et brunes, qui, si on la laissait, résisterait à tous les moyens de purification que subit la matière après son lessivage.

L'ouvrier débite ensuite le bois en tronçons de longueur convenable, pour qu'il puisse les manier facilement à la machine à trancher.

Cette machine (*fig. 5*) se compose d'un plateau circulaire en fonte, dans lequel sont encastrés deux couteaux et un peigne à crochets. Celui-ci pénètre assez loin dans le bois, pour que les tranches détachées par les couteaux soient divisées en petits fragments, ce qui facilite le lessivage. Le bois n'est pas coupé perpendiculairement à son axe, mais obliquement. Les fragments de bois tombent dans une fosse, d'où un élévateur à courroie les monte au tamis-trieur, appareil composé d'un châssis en bois, garni d'un fond en toile métallique, dont les mailles ont 0^m,0375

Fig. 5



de largeur. Ce tamis est animé d'un mouvement d'oscillation, qui force les morceaux de bois de dimensions convenables à traverser la toile métallique, tandis que les autres vont tomber à l'extrémité de l'appareil. Là, on les recueille et on les envoie à l'atelier de régénération de la soude, où, mélangés avec les écorces, ils servent de combustible. Quant au bois trié, il est dirigé vers l'atelier de lessivage.

Les lessiveurs employés sont verticaux ; ils sont en tôle d'acier et peuvent résister à une pression de 14 kilogrammes par centimètre carré. Ils ont une capacité utile de 29 mètres cubes : ils renferment 17 mètres cubes de bois et 12 mètres cubes de lessive. Cette dernière comprend $7^{\text{m}^3},4$ de solution de soude à 17° Baumé et $4^{\text{m}^3},6$ de lessive ayant déjà servi et provenant d'une opération précédente. 1 mètre cube de solution de soude à 17° Baumé contient 104 kilogrammes d'oxyde de sodium Na^2O , ou 134 kilogrammes de soude caustique NaOH .

Lorsque le lessiveur est chargé, on y fait arriver la vapeur. Il faut deux heures et demie à partir du moment de l'admission de la vapeur, pour monter à la pression de $8^{\text{kg}},5$ par centimètre carré, que l'on maintient pendant trois heures. Au bout de ce temps, on ferme l'arrivée

de vapeur et en une heure la pression tombe à 3^{kg},15 par centimètre carré. A ce moment, on peut envoyer la matière lessivée dans les caisses d'égouttage.

Chaque lessiveur porte latéralement une petite boîte en fer, dans laquelle un tuyau communiquant avec l'intérieur de la chaudière permet d'envoyer une petite partie du bois soumis au lessivage, afin que l'ouvrier chargé de surveiller la marche de l'appareil puisse juger si l'opération est terminée.

Dans les caisses d'égouttage, la lessive est séparée et envoyée dans l'atelier de régénération de la soude ; la matière lessivée y subit un premier lavage, puis passe dans l'atelier suivant, dit atelier de lavage, qui comprend une série de bassins et de tambours-laveurs, où, sous l'action d'une grande quantité d'eau, la pâte est débarrassée de tous les produits solubles qu'elle renfermait.

De là elle passe à l'atelier d'épuration, puis à celui de blanchiment et enfin, après un nouveau lavage, elle est soumise à l'action du presse-pâte.

22. Procédés chimiques : traitement au sulfate. -- On peut considérer comme une variante du procédé à la soude un procédé, dit au

sulfate, assez employé en Allemagne pour la préparation de la cellulose de bois.

Dahl de Dantzig, en 1883, montra que l'on pouvait se servir, pour le traitement du bois, d'une lessive contenant du sulfate de soude, du carbonate de soude, de la soude caustique et du sulfure de sodium.

A la rigueur, il serait possible d'attaquer la vasculose du bois en chauffant celui-ci sous pression avec une solution de sulfate de soude, additionnée de 23 à 25 % de chaux vive. On peut admettre qu'une partie au moins de la soude du sulfate de sodium peut être déplacée par la chaux et agir sur la vasculose comme nous l'avons vu précédemment.

En réalité, on ajoute toujours à ce mélange de sulfate de sodium et de chaux une forte proportion des sels régénérés provenant d'opérations précédentes.

A cet effet, les lessives qui ont servi au traitement du bois sont évaporées, puis calcinées à une température élevée. Elles fournissent, dans ces conditions, une sorte de coke que l'on épuise par l'eau et c'est la solution ainsi obtenue que l'on utilisera pour constituer la lessive qui sera employée dans les opérations ultérieures :

Cette solution présente en moyenne la composition suivante :

Sulfate de sodium	16
Carbonate de sodium	50
Soude caustique	20
Sulfure de sodium	10
Matières diverses.	<u>4</u>
TOTAL	100

Pendant la calcination, la plus grande partie du sulfate de sodium est réduit par le carbone des matières organiques à l'état de sulfure, lequel est presque entièrement décomposé par l'acide carbonique. Ce qui explique la présence du carbonate de sodium dans la solution et aussi le dégagement d'acide sulfhydrique pendant la calcination et le lessivage du coke provenant de cette calcination.

Comme, pendant le lavage de la pâte de bois, on perd environ 10 à 15 % des sels contenus dans la lessive qui a servi à sa préparation, pour constituer la lessive qui sera utilisée dans les opérations ultérieures, on mélange 85 à 90 % de sels régénérés, avec 15 à 10 % de sulfate de sodium et on fait bouillir la solution de ces sels avec 20 à 23 % de chaux vive.

Sans l'influence de la chaux, le carbonate de sodium se transforme en soude caustique. La

lessive contiendra donc une forte proportion d'alcali caustique qui lui permettra d'attaquer la vasculose du bois.

23. — Les différences de qualité que présentent les pâtes de bois préparées au moyen de la soude, proviennent de la nature variable du bois traité, de la pression à laquelle l'opération a été faite et enfin du plus ou moins de soins apportés au traitement.

Les pâtes offrent, avant le blanchiment, de grandes différences de couleur et souvent une pâte foncée se blanchit mieux et plus économiquement qu'une pâte d'apparence supérieure.

Une fois blanchie, la pâte de bois, constituée par des fibres assez longues, fines et tenaces, peut rivaliser avec la pâte de chiffon. Mais on peut lui reprocher son prix élevé.

Le bois, traité comme nous venons de l'indiquer, ne procure guère, en pâte sèche, un rendement supérieur à 35 %, tandis que la paille donnait 40 %. De plus, les frais de fabrication de la pâte de bois sont d'environ un tiers plus élevés que ceux de la pâte de paille, à cause de la plus grande quantité d'alcali qu'il faut employer, de la pression plus élevée et du temps plus long nécessaire au lessivage. Il en résulte

que, bien que le bois soit généralement à plus bas prix que la paille, la pâte de bois est de 25 à 40 % plus coûteuse que la pâte de paille. Il faut donc que la différence de qualité de ces pâtes justifie cette différence de prix.

En résumé, la fabrication de la pâte de bois par les alcalis présente les inconvénients suivants : elle exige une proportion d'alcali considérable, une grande consommation de charbon, étant donné le temps pendant lequel le lessiveur doit être maintenu à une haute pression ; elle présente des dangers d'explosion à cause de cette pression élevée ; enfin elle fournit un faible rendement en pâte raffinée.

Afin de diminuer les frais que comporte l'emploi des lessives de soude concentrées, on concentre le liquide noir sortant du lessiveur et du faveur Lespermont, puis on calcine le résidu, dans un four Porion, comme nous l'avons dit en parlant de la fabrication de la pâte de paille. On peut ainsi récupérer au moins 80 % de la soude employée pour le lessivage.

Dans certaines usines, en vue de remédier aux inconvénients signalés plus haut, on traite le bois par de moindres quantités de soude et à une pression moins élevée, mais, dans ces conditions, on ne peut éliminer qu'une partie de la vascu-

lose et on obtient une pâte dans laquelle les fibres ne sont pas complètement isolées et qui ne peut être blanchie d'une manière économique. Le produit est intermédiaire entre la pâte obtenue mécaniquement et la pâte chimique. Il a reçu dans le commerce le nom de *pâte demi-chimique*.

Les faibles rendements que nous avons constatés dans le traitement du bois par les alcalis tiennent à ce que, sous l'influence des lessives de soude concentrées et des pressions élevées que l'on emploie, une partie de la cellulose se trouve attaquée.

Les bois qui servent dans cette fabrication renferment en moyenne 50 % de cellulose et l'on n'en obtient que 30 %.

Nous allons voir que le traitement du bois par les bisulfites fait disparaître cet inconvénient ainsi qu'une partie de ceux que nous avons indiqués ci-dessus.

24. Procédés chimiques : traitement par les bisulfites. — Ce mode de traitement repose, comme nous l'avons dit, sur ce que la vasculose est attaquée par les bisulfites à une température d'environ 110°, tandis que la cellulose n'est nullement modifiée dans ces conditions.

La fabrication de la pâte par ce procédé comporte à très peu près les mêmes opérations que le procédé par les alcalis :

Le bois est d'abord écorcé et coupé en rondelles de 4 à 5 centimètres.

Avant de le soumettre au lessivage, on lui fait subir souvent un étuvage à la vapeur qui a pour but de ramollir le bois et de rendre plus facile la pénétration de l'agent chimique.

On le chauffe alors dans un autoclave avec une solution de bisulfite à une température de 110° pendant sept ou huit heures.

Au sortir de la chaudière, la matière est soumise à une désagrégation mécanique à l'aide d'un moulin broyeur.

La pâte qui en résulte est employée à cet état ou blanchie avec le chlorure de chaux.

Les avantages que présente ce mode de traitement sont les suivants :

Le bois n'a pas besoin d'être réduit en fragments aussi menus que dans le traitement par la soude, surtout si on lui fait subir un étuvage.

Le lessivage n'exige pas une température aussi élevée que celle qui est nécessaire avec les alcalis ; par suite, les dangers d'explosion sont bien moindres et la consommation de charbon est réduite.

Enfin le rendement est beaucoup plus avantageux : on obtient facilement 50 % de pâte sèche ; avec l'épicéa le rendement peut atteindre 66 %.

La pâte que l'on obtient directement, sans lui faire subir aucun blanchiment, présente une teinte assez pâle pour pouvoir la faire entrer telle quelle dans la fabrication des papiers communs.

Le seul reproche que l'on puisse faire à ce mode de traitement, c'est qu'il exige l'emploi de chaudières pouvant résister à l'action des bisulfites qu'elles doivent contenir. Ce qui augmente dans des proportions notables le prix de ces appareils.

Les lessiveurs les plus employés jusqu'ici sont des autoclaves en tôle de fer, avec chemise intérieure en plomb. Cette disposition présente un danger : si le plomb se fissure, le liquide de la chaudière peut arriver au contact de la tôle et l'attaquer, sans qu'il soit bien facile de s'en apercevoir.

M. Lioud a proposé pour la construction de ces lessiveurs un bronze résistant aux bisulfites.

Tout récemment, on a construit pour cette opération des autoclaves en tôle émaillée. Ils

sont formés d'un certain nombre d'anneaux et de deux fonds, en tôle de fer ou d'acier, émaillés à l'intérieur, et réunis par des boulons avec interposition de joints en plomb. Cet émail paraît bien résister à l'action de l'acide sulfureux.

25. — Les bisulfites employés jusqu'ici pour le traitement du bois sont les bisulfites de chaux, de magnésie et de soude.

La préparation industrielle du bisulfite de chaux consiste à faire arriver l'acide sulfureux, provenant d'un four à pyrites, à la partie inférieure de tours ayant 20 à 30 mètres de hauteur, dans lesquelles on entasse de la pierre à chaux, telle qu'elle sort de la carrière. Un réservoir, placé au sommet de la tour, fait tomber de l'eau en nombreux filets sur les pierres, de manière à dissoudre le bisulfite à mesure qu'il se forme et à le recueillir dans des réservoirs placés sous les tours.

L'acide sulfureux doit d'abord chasser l'acide carbonique du calcaire, avant de se combiner avec la chaux, c'est ce qui motive la grande hauteur qu'on doit donner à ces tours, afin que l'acide ait le temps de produire cette décomposition.

Si l'on pouvait se servir de chaux vive, la

formation du bisulfite se ferait plus rapidement, et une tour de 6 à 8 mètres serait suffisante, mais l'effet de l'eau tombant sur la chaux étant de la déliter et d'augmenter son volume, la tour ne tarderait pas à s'obstruer et le passage de l'acide sulfureux serait rendu difficile, sinon impossible.

Comme l'acide sulfureux est toujours mélangé d'acide sulfurique, il se forme une certaine quantité de sulfate de chaux, très peu soluble, qui recouvre les pierres et les rend, par suite, inattaquables à l'acide sulfureux, il faut donc laver ces pierres de temps en temps.

Pour permettre de faire cette opération sans arrêter la fabrication, on accole deux tours à côté l'une de l'autre et, au moyen de canaux on peut diriger le gaz dans l'une ou dans l'autre.

Les tours se construisent en briques ou en bois et sont recouvertes intérieurement de feuilles de plomb de 3 millimètres d'épaisseur, réunies à la soudure autogène.

Les inconvénients des tours sont, outre la forte dépense de construction qu'elles occasionnent, d'obliger à remplacer par le haut les pierres dissoutes ou rendues inertes par le sulfate de chaux, de produire des tassements irréguliers qui peuvent obstruer ou gêner le passage de

l'acide sulfureux, enfin d'être soumises à l'influence des vents qui coupent leur tirage et peuvent diminuer, dans une forte proportion, leur production.

On pourrait aussi fabriquer le bisulfite de chaux, sans l'emploi de tours, en faisant absorber le gaz acide sulfureux par un lait de chaux.

La préparation du bisulfite de magnésie ne diffère de la précédente que par l'emploi de la magnésie calcinée dans des tours dont la hauteur peut être réduite à 5 ou 6 mètres.

L'absorption de l'acide sulfureux se fait plus facilement qu'avec le calcaire ; de plus, le sulfate de magnésie étant soluble ne gêne pas l'action du gaz sur la magnésie.

On peut obtenir le bisulfite de soude directement en remplaçant l'eau du réservoir supérieur de la tour par une dissolution de carbonate de soude et en mettant dans la tour une matière inerte, telle que du coke, de la brique, de la pierre poreuse. L'acide sulfureux traverse, comme d'habitude, la tour de bas en haut, pendant que la dissolution alcaline la parcourt de haut en bas.

Cette méthode, assez simple, n'est cependant pas celle qu'il conviendrait d'adopter au point de vue économique, à moins de régénérer les

lessives, solution qui s'imposerait pour les usines qui ne pourraient jeter dans les cours d'eau les produits du lessivage.

On prépare, en effet, plus économiquement le bisulfite de soude, en fabriquant d'abord du bisulfite de chaux, que l'on décompose ensuite au moyen du sulfate de soude : il se forme du bisulfite de soude soluble que l'on décante, et du sulfate de chaux renfermant un peu de sulfite, dont l'emploi, comme charge et comme anti-chlore, est tout indiqué.

L'avantage de ce deuxième procédé réside en partie dans la différence de prix qui existe entre le sulfate de soude, qui vaut 6 à 7 francs les 100 kilogrammes, et le carbonate de soude qui en coûte 21 à 23 ; différence qui n'est pas compensée par la manipulation supplémentaire dont nous avons parlé.

La solution de bisulfite de chaux s'emploie à un degré de concentration tel qu'il marque 4°,5 Baumé.

L'analyse fournit pour cette solution la composition suivante :

Densité	1,033
Acide sulfureux, pour 10 centimètres cubes	0,3328
Chaux	0,1335

Acide sulfureux, pour 100 de chaux	250,00
Acide sulfureux libre pour 100 parties d'acide combiné . .	9,36

26. — Le chauffage du lessiveur se fait au moyen de la vapeur d'un générateur que l'on envoie soit dans un serpentín placé dans l'intérieur de la chaudière, soit dans une double enveloppe extérieure. La condensation de la vapeur dans le lessiveur aurait, comme dans le traitement par les alcalis, l'inconvénient de diluer la solution de bisulfite. Dans le cas présent, ce dernier mode de chauffage pourrait avoir de fâcheuses conséquences.

En effet, pendant le lessivage, on observe constamment une différence de pression assez grande entre celle de l'intérieur de l'autoclave et celle de la vapeur servant au chauffage. La première est toujours plus forte : cela tient évidemment au dégagement d'acide sulfureux, qui se produit par le chauffage du bisulfite.

Or, ce phénomène se produisant dans un lessiveur chauffé par le barbotage de la vapeur, il y aurait à craindre le retour du liquide de l'autoclave dans les chaudières, et par suite les conséquences désastreuses qui en résulteraient sur les tôles des générateurs.

Il faudrait donc, absolument, si on voulait employer le chauffage par barbotage de vapeur, placer entre l'autoclave et le générateur un clapet d'arrêt pour qu'en aucun cas le liquide du lessiveur ne puisse refluer dans la chaudière.

On a souvent remarqué que les pâtes de bois obtenues par les bisulfites présentaient des parties carbonisées. Cet inconvénient se produit sur les bois placés à la partie supérieure du lessiveur et qui se trouvent par conséquent en contact avec l'acide sulfureux gazeux. Pour éviter cette carbonisation, il faut employer des lessiveurs rotatifs, ou bien, si l'autoclave est fixe, placer au-dessus du bois un plateau de plomb percé de trous, pour obliger les copeaux à rester baignés dans le liquide.

Le lessivage dure environ dix heures sous la pression de cinq atmosphères.

Les pâtes au bisulfite de chaux ne peuvent pas s'employer telles qu'on les sort du lessiveur. Il faut leur faire subir un lavage d'une ou deux heures, car l'action de l'acide sulfureux qu'elles renferment est des plus nuisibles sur les noyaux en fonte des cylindres de la machine à papier.

On peut accélérer le lavage et faire dégager l'acide sulfureux en ajoutant de l'acide chlorhydrique à la pâte.

Si ces pâtes doivent entrer dans la fabrication de papiers de choix, il est nécessaire de les laver à fond et de les blanchir ensuite.

Ces pâtes subissent, après un lavage de quatre heures, un déchet de 14,57 % ; le blanchiment en donne, de son côté, un de 13,46 %, ce qui fait un déchet total de 28,03 %.

Les pâtes au bisulfite de magnésie paraissent mieux convenir que les précédentes pour les papiers ordinaires et fins ; elles sont plus pures, moins vitreuses.

Leur lavage se fait plus rapidement, et, une fois blanchies, elles donnent un succédané qui ne le cède en rien aux meilleurs chiffons.

Le prix de revient des pâtes au bisulfite de magnésie est supérieur à celui des pâtes à la chaux de toute la plus-value qui existe entre la magnésie calcinée et la pierre à chaux, étant donné que les modes de production de l'acide sulfureux sont les mêmes.

On admet que le traitement à la magnésie coûte 7 à 8 francs de plus que celui à la chaux pour les pâtes lessivées ; cette augmentation serait en grande partie compensée par la qualité de la pâte obtenue.

Les pâtes obtenues avec le bisulfite de soude

paraissent se rapprocher beaucoup de celles fournies par le bisulfite de magnésie.

Le bisulfite de soude étant préparé, comme nous l'avons indiqué, en décomposant le bisulfite de chaux par le sulfate de soude, et en admettant pour ce dernier sel le prix de 7 francs, le prix de revient de 100 kilogrammes de bisulfite de soude supposé anhydre serait de 35^{fr},50, desquels il convient de déduire 275 kilogrammes de sulfate de chaux très blanc, évalué à 4 francs les 100 kilogrammes, et qu'on peut employer avantageusement comme charge, ce qui réduit le prix du bisulfite à 24^{fr},50.

A l'état de dissolution concentrée à 8° Baumé, le mètre cube de lessive revient à 5^{fr},60.

Un stère donne 196 kilogrammes de pâte sèche à l'état lessivé, ce qui correspond à un rendement de 50 %.

Il faut 60 kilogrammes de charbon pour le lessivage du bois nécessaire à l'obtention de 100 kilogrammes de pâte sèche.

La pâte au bisulfite se vendait, en 1892 :

la première qualité	à 324 francs	la tonne environ
la deuxième qualité	à 286	" "
blanchie	à 439	" "

La pâte à la soude se vendait à la même époque :

la première qualité à	289	francs
la deuxième qualité à	267	//
blanchie	à 372	//

27. — La fabrication de la pâte de bois chimique par les bisulfites a pris en Allemagne une extension considérable. Il y a dix ans on n'y employait que le traitement par la soude, mais aujourd'hui c'est le traitement par les bisulfites qui est de beaucoup le plus employé.

En 1892, l'Allemagne a produit 150 000 tonnes de pâte de bois chimique. Sur cette quantité, 12 500 tonnes seulement ont été obtenues à l'aide de la soude et, par suite, 137 500 tonnes par les bisulfites.

Nous allons décrire avec quelques détails la méthode de traitement suivie à l'usine d'Okriftel, district de Francfort.

Le bois que l'on emploie dans cette usine est le sapin. Les arbres, de 0^m,2 à 0^m,3 de diamètre, sont d'abord écorcés, puis débarrassés des nœuds qu'ils possèdent à l'aide de tarières. Ils sont ensuite débités au moyen d'une machine possédant un puissant couteau animé d'un mouvement de rotation rapide ; ce couteau à chaque

tour tranche obliquement la pièce de bois, en enlevant des morceaux d'environ $0^m,075$ de longueur, que le choc fend en petits fragments variant de la grosseur de simples éclats jusqu'à la grosseur de $0^m,05$ à $0^m,075$ d'épaisseur.

Les chaudières ont de $9^m,15$ à $12^m,20$ de longueur et $3^m,65$ à $4^m,25$ de diamètre et peuvent contenir au moins 10 000 kilogrammes de bois. Elles sont munies de trous d'homme, par lesquels on introduit et sort le bois, d'un système de tuyaux et de robinets à valves, communiquant avec le générateur de vapeur, le réservoir d'eau et les cuves renfermant la solution de bisulfite. Elles portent également des manomètres et des robinets d'épreuve, afin que le surveillant puisse connaître et régler la pression dans la chaudière et aussi prendre des échantillons du liquide qu'elle contient et se rendre compte de la marche de l'opération.

Le traitement du bois dans les chaudières comprend deux périodes : l'une que l'on appelle la digestion et l'autre la cuisson. Dans la première, on se sert d'une solution de bisulfite qui a déjà été utilisée pour une opération précédente et l'on chauffe au moyen de vapeur que l'on envoie directement dans la chaudière. Dans la seconde période, on emploie une solution neuve

de bisulfite et le chauffage est obtenu à l'aide de vapeur que l'on dirige dans des serpentins en plomb, appliqués tout autour de la partie interne et inférieure de la chaudière, jusqu'à environ un tiers de sa hauteur. On compte sur $1^{\text{m}^2},644$ de surface de chauffe environ pour 10 mètres cubes de capacité de chaudière.

L'acide sulfureux attaquant le fer et l'acier, il a été nécessaire d'employer le plomb pour les serpentins et de protéger également l'intérieur de la chaudière au moyen d'un revêtement capable de résister à cet acide.

Le plomb a d'abord été employé à cet usage, mais aujourd'hui on se sert de briques en poterie dure vernissée, solidement appliquées contre un doublage de plomb en feuilles, enfermé entre les briques et l'enveloppe en acier de la chaudière. Ces briques ont leurs bords pourvus de languettes et de rainures et le revêtement, quand il est bien fait, dure longtemps et protège complètement le métal de la chaudière. La partie du digesteur la plus exposée aux altérations se trouve aux bords des trous d'homme supérieurs, qui sont plutôt soumis à l'action du gaz sulfureux qu'à celle de la dissolution de bisulfite.

Lorsque la chaudière a reçu sa charge de bois divisé et que les trous d'homme ont été hermé-

tiquement fermés, on introduit la vapeur venant d'un générateur et en même temps on fait arriver par un tuyau au fond de l'appareil une solution de bisulfite de chaux qui a déjà servi.

La vapeur pénètre les pores du bois, chasse l'air et prépare le passage de la solution qui monte graduellement en submergeant et pénétrant le bois. Cette solution prend la place de la vapeur, ramollit le bois et commence l'attaque de la vasculose.

On fait durer cette digestion de huit à dix heures. Au bout de ce temps, on ferme l'arrivée de vapeur et on fait sortir le liquide en ouvrant une valve placée au fond de la chaudière. Lorsque celle-ci est vidée, on la met en communication avec le réservoir contenant la solution neuve et concentrée de bisulfite de chaux. Le liquide, arrivant froid, condense la vapeur et détermine un vide qui fait monter la solution dans la chaudière sans l'aide de pompe. Quand la quantité nécessaire de bisulfite a été ainsi introduite, on ferme la valve d'arrivée et on envoie la vapeur dans les serpentins pour procéder à la seconde opération ou cuisson, qui demande de dix-huit à vingt heures. A mesure que la température s'élève, la pression monte également dans la chaudière et doit être maintenue à

3^{kg},5 environ par centimètre carré. Si la pression montait plus haut, il faudrait modérer le chauffage et ouvrir pendant quelque temps une soupape qui permet au gaz sulfureux de s'échapper et de se rendre dans le réservoir contenant la solution de bisulfite où il est absorbé.

Pendant la durée de la cuisson, l'ouvrier, chargé de surveiller l'opération, peut en contrôler la marche en prélevant une petite quantité du liquide de la chaudière. Il introduit dans une éprouvette un volume déterminé de ce liquide et, après y avoir versé de l'ammoniaque, il note la quantité de sulfite de chaux précipité.

Lorsque la cuisson est terminée, on fait tomber la pression dans la chaudière en envoyant le gaz sulfureux qu'elle renferme, ainsi que de la vapeur, dans le réservoir au bisulfite. On fait sortir par la partie inférieure le liquide que renfermait le digesteur et on l'envoie dans une cuve spéciale où il est conservé pour servir à la digestion de la charge suivante. On ouvre ensuite les trous d'homme et, par l'introduction dans la chaudière d'une grande quantité d'eau, on entraîne toute la pulpe ligneuse dans des caisses-réservoirs, où elle est brassée, en renouvelant l'eau de lavage jusqu'à ce que celle-ci sorte pure. La matière est ensuite soumise au

choc de nombreux maillets, à peu près installés comme ceux d'un bocard à quartz ; elle s'y transforme en une pulpe grossière que l'on fait passer dans une série de mélangeurs rotatifs.

La pâte ainsi obtenue, lorsqu'elle est destinée à la vente, est séchée à l'air et emballée par masse de 90 kilogrammes environ. Le plus souvent, elle est transformée en feuille sans fin, en opérant comme pour le papier ordinaire. La feuille, qui est à peu près de l'épaisseur du carton moyen, est recoupée comme ce dernier ou encore mise en rouleaux pesant environ 50 kilogrammes. Si on ajoute le temps nécessaire au remplissage de l'autoclave, à la digestion, à la cuisson, à l'écoulement du liquide, à la vidange de l'appareil et à son lavage, on arrive pour l'opération à un total de quatre-vingt-dix à cent heures. D'où il résulte qu'un lessiveur ne peut faire que sept à huit cuissons par mois.

En employant une solution de bisulfite plus forte, contenant deux parties d'anhydride sulfureux libre pour une partie de combiné, on a pu faire de onze à douze cuissons par mois, mais il est à craindre, dans ces conditions, que la cellulose soit altérée et transformée partiellement en hydro-cellulose.

28. — Dans la préparation de la pâte de bois au moyen du bisulfite de chaux, les produits de transformation de la vasculose du bois restent adhérents aux fibres de cellulose, sous forme de composés insolubles, contrairement à ce qui a lieu dans le traitement par la soude, où les composés formés sont solubles.

Aussi avons-nous vu que la pâte obtenue par le procédé au bisulfite devait être traitée par l'eau bouillante, additionnée d'une petite quantité d'acide chlorhydrique, afin de la débarrasser de ces matières étrangères.

Dans cette opération, la pâte perd sa blancheur et prend une teinte gris rougeâtre. Comme les fabricants de papier tiennent à la blancheur de la pâte, dans beaucoup d'usines, on supprime ce lavage à l'acide et souvent on mélange à la pâte une petite quantité de sulfite de chaux. De cette façon, non seulement la pâte est plus blanche, mais l'industriel vend comme pâte une certaine quantité de matières étrangères et de sulfite.

Cette pâte impure présente des inconvénients graves ; sa blancheur n'est que passagère et le papier fabriqué avec elle jaunit bientôt et devient cassant.

Au contraire, le papier provenant de pâte au bisulfite bien purifiée est fort et paraît ne subir

aucune altération sous l'action de l'air et du soleil. Toutefois, certaines personnes compétentes contestent cette inaltérabilité et attribuent les modifications qu'éprouverait ce papier à ce que les fibres obtenues par les bisulfites ne sont jamais aussi complètement purifiées que dans le traitement par la soude, ce qui semble vérifié par le moindre rendement en pâte que fournit ce dernier mode de préparation.

La pâte au bisulfite se blanchit très bien et très facilement, mais en donnant un très fort déchet. Aussi l'emploie-t-on bien souvent sans lui faire subir le blanchiment, en la mélangeant avec de la pâte de paille ou d'alfa, par exemple, pour fabriquer le papier pour journaux.

Le papier fabriqué avec de la pâte au bisulfite diffère complètement de celui obtenu avec la pâte à la soude : il est transparent, plus ou moins cassant au pliage, dur, luisant et mince relativement à son poids.

Au contraire, le papier fait avec de la pâte à la soude est opaque, épais relativement à son poids, souple, se pliant bien sans casser, mais, comme on dit en terme de métier, il n'a pas de main. On remédie à cet inconvénient en mélangeant la pâte de bois avec de la pâte de chiffons.

On a essayé de traiter la paille par le bisulfite

de chaux, comme on le fait pour le bois, mais la pâte que l'on a obtenue ainsi n'était pas apte à faire du bon papier. En effet, la silice, que renferme la paille en assez grande quantité, n'est pas dissoute dans le traitement au bisulfite et s'aperçoit dans le papier fabriqué avec cette pâte sous forme de paillettes brillantes.

Pour se débarrasser de cette silice, il faut faire subir à la pâte un second traitement à la soude; on obtient alors un très bon produit, mais le rendement n'est pas plus élevé que si on avait employé la soude seule.

Le tableau suivant, dressé par MM. R. B. Griffin et A. D. Little, indique la quantité de cellulose qu'on peut extraire des différentes essences de bois, traitées par le procédé au bisulfite.

Essences	Produits solubles dans l'eau	Produits solubles dans l'alcool et l'éther	Cellulose	Matières incrustantes et agglutinantes	Rendement en fibres écrues par le procédé au bisulfite
Sapin	2,81	2,73	66,32	28,14	50,75
Peuplier . . .	4,80	1,85	80,35	13,00	55,18
Bouleau . . .	2,14	0,93	82,99	13,94	42,20
// jaune . . .	1,88	0,97	82,36	14,79	53,80

29. — Le liquide qui a servi au traitement du bois par les bisulfites ne peut pas être jusqu'ici régénéré, comme nous avons vu qu'on le faisait dans la plupart des usines pour les lessives provenant du traitement par la soude.

Plusieurs industriels ont cherché à récupérer le soufre contenu dans les solutions de bisulfite épuisées.

Le gaz sulfureux, que l'on est obligé de faire sortir des chaudières souvent pendant la cuisson et toujours à la fin de l'opération pour faire tomber la pression, peut être facilement utilisé.

Nous avons vu que, dans beaucoup d'usines d'Allemagne, on envoie ce gaz dans le réservoir contenant la solution de bisulfite.

On peut encore faire passer le gaz sulfureux et la vapeur d'eau qui se dégagent en même temps dans un serpentín en plomb refroidi. On recueille de cette façon une solution aqueuse d'acide sulfureux que l'on peut employer à la production de la solution de bisulfite.

Dans la solution de bisulfite qui a servi au traitement du bois, il reste encore du soufre à l'état de bisulfite, de sulfite, de sulfate, d'hypo-sulfite, de trithionate et de composés organiques du soufre.

En traitant cette solution par de la chaux, on

peut en retirer, sous forme de sulfite de calcium insoluble, près de 20 % du soufre qu'elle contient. Mais le précipité obtenu doit être lavé et pressé, avant d'être employé à la préparation d'une solution nouvelle.

Le D^r Kellner a indiqué un procédé qui permettrait de retirer des solutions de bisulfite épuisées une plus grande proportion du soufre qu'elles renferment. Après avoir ajouté à la solution une quantité de lait de chaux suffisante pour la neutraliser et avoir passé aux filtres-presses pour séparer le sulfite de calcium, qui se forme, comme nous venons de le dire, il ajoute une nouvelle quantité de lait de chaux (10 %) et chauffe le liquide à une pression de quatre à six atmosphères pendant trois heures. Dans ces conditions, une partie des composés sulfurés, indiqués précédemment, seraient décomposés et fourniraient une nouvelle proportion de sulfite de calcium que l'on récolterait en faisant de nouveau passer le produit aux filtres-presses.

Le D^r Drewsen de Bohnsdalen (Norvège) a pris des brevets pour un procédé tout à fait analogue à celui du D^r Kellner. Comme ce dernier, il traite les solutions de bisulfite épuisées par un lait de chaux sous pression.

Lorsque le liquide dont nous nous occupons a été débarrassé, comme il vient d'être dit, de la majeure partie du soufre qu'il contenait, M. Mitscherlich prétend pouvoir en retirer par osmose : 1° un composé gommeux susceptible de remplacer dans certains cas la gomme arabique ; 2° une substance analogue au tanin et pouvant servir au tannage des cuirs ; 3° un composé susceptible de fermenter et de donner de l'alcool.

Dans la plupart des usines, les industriels ne tirent aucun parti des liquides provenant du traitement du bois par les bisulfites ; ils s'en débarrassent comme ils peuvent.

Le plus souvent, ces eaux résiduaires sont une gêne considérable pour les usines, à moins que celles-ci se trouvent au bord d'un cours d'eau important, dans lequel elles peuvent être déversées. S'il n'en est pas ainsi, ces liquides doivent être envoyés dans des puits creusés à cet effet ; encore faut-il que l'usine soit suffisamment isolée pour que les sources voisines ne s'en trouvent pas infectées.

Des expériences récentes semblent démontrer que ces liquides peuvent être avantageusement employés à l'irrigation, à la condition de les priver, par l'addition de chaux, de l'acide sulfureux qu'ils renferment.

Après ce traitement par la chaux, ces eaux résiduelles ne peuvent nuire à la végétation et elles peuvent apporter au sol des matières fertilisantes.

30. Procédés chimiques : traitement par les corps oxydants. — Nous avons vu que les réactifs oxydants, tels que le chlore, les hypochlorites, l'acide azotique, etc., en solutions convenablement étendues, n'avaient pas d'action sensible sur la cellulose, tandis qu'ils transformaient la vasculose en acides solubles dans les alcalis, que ces derniers permettent donc d'éliminer facilement.

Ce mode de traitement fournit un rendement avantageux en pâte à papier, supérieur à celui que donne le traitement par les alcalis, à condition d'employer des oxydants très dilués. La pâte obtenue est très peu colorée, ce qui rend son blanchiment peu coûteux ou même permet de le supprimer complètement.

L'opération peut être conduite de la façon suivante :

Le bois est réduit à l'état de copeaux que l'on fait digérer pendant quarante-huit heures, dans une dissolution de chlorure de chaux de densité 1,025. On le fait ensuite bouillir dans la même

solution pendant une heure à une heure et demie.

Enfin, on termine par une ébullition dans une lessive de soude. Le produit est alors lavé avec de l'eau et porté à l'appareil broyeur qui doit le transformer en pâte.

On peut, avant de faire agir l'hypochlorite, afin de rendre plus facile la pénétration du réactif, chauffer les copeaux pendant trois heures, avec de l'eau, dans un autoclave à la pression de 1,5 atmosphère.

M. Orioli, dans l'usine de Pontcharra, près de Grenoble, a employé comme oxydant une eau régale étendue.

L'eau régale était formée de six parties d'acide chlorhydrique et de quatre parties d'acide azotique. On mélangeait une partie d'eau régale à vingt-cinq parties d'eau.

On laisse digérer le bois pendant douze heures dans des vases de grès contenant la liqueur acide, chauffée par barbotage de vapeur. Le bois est ensuite lavé, puis traité par une solution alcaline.

MM. Thomas Graham Young et John Pettigrew, font agir sur le bois un bain contenant 20 % d'acide azotique de densité 1,1, qu'ils chauffent lentement jusqu'à l'amener à l'ébulli-

tion, laquelle est maintenue pendant quarante minutes environ. Après lavage du bois, on le traite par une solution de soude caustique, renfermant cinq parties de cet alcali pour cent parties de bois, et maintenue à 100° pendant trente minutes environ.

Ces différents procédés de traitement du bois par les réactifs oxydants se sont jusqu'ici très peu répandus. On ne peut pas encore les regarder comme des procédés industriels. D'ailleurs, ils paraissent conduire, pour la pâte qu'ils fournissent, à un prix de revient supérieur à celui des pâtes obtenues par les alcalis et surtout par les bisulfites.

31. Procédés chimiques : traitement par l'électrolyse. — On peut rapprocher des méthodes précédentes, fondées sur l'emploi des oxydants, un procédé par l'électrolyse, qui a été appliqué dans ces dernières années.

Le bois, débité en petits fragments, est introduit dans deux cuves communiquant par la partie inférieure et remplies d'une solution à 5 % de chlorure de sodium. L'une de ces cuves contient l'anode et l'autre la cathode.

Sous l'action du courant électrique fourni par une dynamo, le chlorure de sodium se décom-

pose en chlore qui se rend à la cathode et en sodium qui se porte à l'anode et devient de la soude.

Le chlore donne naissance à de l'acide chlorhydrique et à de l'acide hypochloreux.

Cet acide chlorhydrique dissout les matières minérales, l'acide hypochloreux et l'oxygène, provenant de la décomposition de l'eau, oxydent la vasculose, qui, une fois transformée, pourra se dissoudre dans la soude.

On devra donc de temps en temps renverser le sens du courant, afin de produire dans les deux cuves les réactions que nous venons d'indiquer. En même temps, le chlorure de sodium se trouve régénéré. M. Kellner, à l'usine de Halleim, près Salzbourg (Autriche-Hongrie), opère dans des fosses ouvertes en maçonnerie de ciment, recouvertes de carreaux en terre cuite.

Le bois, sous les actions successives du chlore et de la soude, subit une désagrégation et un blanchiment complets.

Un simple lavage à l'eau acidulée termine la préparation de la pâte qui présente des fibres blanches et soyeuses.

APPRECIATION DE LA QUALITÉ DES PATES

32. — Le fabricant de papier doit contrôler avec soin la qualité des pâtes qu'il emploie.

Il doit d'abord constater que la pâte qu'il se propose d'employer ne renferme pas un excès de matières minérales, provenant soit d'un lavage insuffisant de la pâte, soit même d'une addition de ces substances à cette pâte, dans le but d'y produire une surcharge. Pour cela, il suffit d'en incinérer un poids connu : les pâtes préparées convenablement ne laissent pas, lorsqu'on les brûle, 1 % de cendres.

Si donc la pâte fournit une plus grande proportion de cendres, c'est qu'elle aura été mal lavée ou chargée intentionnellement.

Une pâte mal lavée peut renfermer des acides libres. La recherche de ces acides est assez délicate ; on emploie le plus souvent la méthode Gertzberg par le rouge du Congo.

Si la pâte a été blanchie, il est utile de vérifier qu'elle ne contient pas de chlore.

On l'imbibé pour cela d'empois d'amidon additionné d'iodure de potassium : si la pâte renferme du chlore libre, elle prend une coloration bleue sous l'influence de ce réactif.

Pour reconnaître si la pâte a été bien préparée, et avoir une idée de la qualité du papier qu'elle pourra fournir, il faut avoir recours à l'examen microscopique.

La principale fraude à laquelle est soumise la pâte chimique de bois est son mélange avec de la pâte mécanique. Cette fraude est facilement reconnaissable au moyen du microscope, surtout si on verse, sur la parcelle de pâte que l'on a placée sur le porte-objet, une goutte de solution d'iode : les fragments de pâte mécanique prennent une coloration jaune.

Certains réactifs rendent cette détermination de la pâte de bois plus facile et peuvent rendre inutile l'emploi du microscope.

Le chlorure de naphtylamine (5 grammes de naphtylamine du commerce chauffés avec 50 grammes d'eau et 1 à 2 grammes d'acide chlorhydrique), produit une coloration jaune orange de la pâte contenant de la fibre de bois.

Le sulfate d'aniline (5 grammes dans 100 grammes d'eau), donne dans les mêmes conditions une coloration d'un jaune clair.

Le chlorure de phloroglucine (4 grammes de phloroglucine dans 25 grammes d'alcool, auquel on ajoute 10 à 15 grammes d'acide chlorhy-

drique), donne dans ce cas une belle coloration carmin.

33. — Il résulte de ce que nous avons dit précédemment que, de tous les succédanés du chiffon, le plus important est de beaucoup la pâte de bois.

La production de cette pâte croît d'une manière continue, comme d'ailleurs celle du papier.

Pour l'année 1895, la production du papier dans le monde entier a dépassé 15 00 000 000 de kilogrammes, dont plus de la moitié ont été utilisés pour l'imprimerie.

D'après les statistiques les plus récentes, l'Angleterre consomme, par an et par tête d'habitant : 6^{kg},500 de papier, l'Amérique : 5^{kg},700, l'Allemagne : 4^{kg},400, la France : 4^{kg},200, etc.

Pendant le cours de l'année 1895, on a constaté que la France et l'Angleterre avaient manufacturé plus de 400 000 tonnes de pâte chimique, préparée avec des bois importés de Suède et de Norwège.

Ce chiffre doit attirer l'attention des économistes, car il représente le rendement en cellulose de deux millions de pins ou sapins, âgés de trente ans au moins.

Un pin de trente-cinq à quarante ans de belle

venue ne cube pas plus d'un demi-mètre cube, lorsqu'il aura été ébranché, écorcé, etc. ; il ne pourra donc fournir plus de 150 kilogrammes de pâte mécanique, propres à la papeterie.

Il en résulte que le *Petit Journal* n'absorbe pas, pour chacun de ses numéros, moins de cent vingt-cinq beaux arbres, en attribuant à la composition de son papier moitié pâte de bois chimique et moitié pâte de bois mécanique.

A ce compte, il ne faudrait guère plus d'un demi-siècle pour dépeupler nos forêts d'Europe.

Étant donnée l'augmentation continuelle de la consommation, la situation ne tardera pas à être, au point de vue du recrutement de la matière première, ce qu'elle était en 1865.

Le bois commençant à se faire rare, force sera de revenir à l'utilisation des végétaux à croissance rapide.

Il faudra s'ingénier à trouver des traitements économiques, applicables sur les lieux même de récolte de ces végétaux. Là est l'avenir de la papeterie.

Les végétaux de rapide croissance, une fois desséchés, ne produisent pas, dans les meilleures conditions, plus de 50 % de leur poids, en fibres, lorsqu'ils sont transformés en papier ; de

plus, ce sont des marchandises encombrantes au premier chef. Les expédier à distance, c'est faire voyager d'une façon onéreuse un minimum de 50 % de poids mort. C'est ce qui n'a pas permis en France l'utilisation économique de l'alfa d'Algérie et de Tunisie ; sa valeur aurait été, dans la plupart des cas, plus que doublée par le coût de son transport du port de débarquement aux usines qui auraient tenté de le mettre en œuvre.

Ce que nous disons pour l'alfa est applicable à la riche flore de l'Algérie, qui peut, à un moment donné, sauver notre grande industrie du papier, à condition de transformer sur place, en pâte brute, l'hibiscus, l'ortie, l'alfa, l'aloès, le palmier nain, le lin, etc., qui croissent si abondamment dans le nord de l'Afrique.

DEUXIÈME PARTIE

BLANCHIMENT

CHAPITRE PREMIER

BLANCHIMENT AU CHLORE GAZEUX

34. — La pâte à papier, obtenue par les différents procédés que nous avons indiqués précédemment, est rarement employée telle que ces procédés la fournissent, sauf pour la préparation de certains papiers très communs, tels que les papiers d'emballage. Le plus ordinairement, on lui fait subir un blanchiment.

La décoloration de la pâte à papier peut être obtenue soit au moyen du chlore gazeux, soit au moyen du chlorure de chaux.

35. — L'opération s'effectue dans des sortes de caisses que l'on nomme *chambres à chlore*.

Pour 500 kilogrammes de pâte, leur capacité doit être de 3 à 4 mètres cubes.

Les chambres à chlore peuvent être construites en bois, en pierres ou en briques.

Lorsqu'on emploie le bois, on doit choisir un bois résineux, suffisamment sec pour ne pas jouer ou se fendre, d'une épaisseur de 7 à 8 centimètres, assemblé à double rainure garnie de mastic de céruse, maintenu par des traverses extérieures avec tirants en fer. L'intérieur de la caisse est parfaitement mastiqué à la céruse et, si l'on veut assurer sa conservation, on recouvrira les parois d'une couche d'huile de lin chaude, puis de deux couches, au moins, de peinture à la céruse. On pourra de même peindre l'extérieur.

Lorsque les chambres à chlore sont construites en pierres ou en briques, on doit faire les joints en ciment romain ou en plâtre et recouvrir les parois intérieures d'un glacis de même matière.

Dans l'intérieur de ces chambres sont disposées, les unes au-dessus des autres, cinq ou six étagères, en bois ou en maçonnerie. Ces étagères sont munies d'ouvertures, disposées en chicanes, afin que le chlore, qui arrive par la

partie supérieure de la chambre, puisse en parcourir toutes les parties.

Les chambres à chlore sont, en outre, munies de deux fenêtres, placées en regard l'une de l'autre et dans une direction telle que la lumière puisse les traverser, afin que l'ouvrier chargé de leur conduite puisse surveiller l'opération et juger des progrès du blanchiment.

La pâte à blanchir humide a été étalée en couche peu épaisse sur les tablettes avant que le gaz se dégage. Elle doit avoir été égouttée à tel point qu'en la pressant entre les mains, il n'en sorte pas d'eau. Si elle contenait plus d'eau, ce liquide s'écoulerait en grande partie pendant l'opération, et le chlore qu'il aurait absorbé serait perdu pour le blanchiment. Cependant, il faut que la pâte soit humide, puisque c'est l'eau qui fournit l'oxygène nécessaire au blanchiment.

Cet égouttage peut être obtenu, soit à l'aide d'un presse-pâte, appareil composé d'une toile métallique sans fin, sur laquelle la pâte mouillée est comprimée entre des rouleaux et se convertit en carton épais, soit au moyen d'une presse à vis, ou encore d'uneessoreuse centrifuge.

Nous avons dit que le chlore entrait dans la chambre par le haut et parcourait les différentes

étagères. Le gaz en excès se dégage par la partie inférieure dans un réservoir où se trouve la pâte qui doit subir ultérieurement le blanchiment.

Le dégagement du chlore doit être lent ; il faut éviter toute élévation de température, qui produirait une action trop vive du gaz sur les fibres.

En général, pour le blanchiment de 1 000 kilogrammes de pâte, il faut la quantité de chlore que produisent 60 kilogrammes de bon bioxyde de manganèse et 100 kilogrammes d'acide chlorhydrique.

La pâte reste soumise à l'action du gaz pendant douze à vingt-quatre heures.

Si on veut réduire le temps, il faut augmenter la dose de chlore, mais il est préférable d'employer moins de chlore et de le laisser agir plus longtemps, trois jours par exemple.

D'ailleurs, le temps nécessaire dépend de la nature de la pâte, et l'on doit arrêter l'opération dès que le produit est convenablement décoloré, car si on la prolongeait au-delà du temps nécessaire, les fibres seraient éternées et le papier qu'elles fourniraient n'aurait pas de force.

Après l'action du chlore, la matière colorante qui souillait la pâte se trouve modifiée de telle sorte qu'elle est devenue soluble dans les alcalis

et même en grande partie dans l'eau froide. C'est donc par dissolution qu'on s'en débarrassera complètement.

Par l'emploi du chlore gazeux, on obtient des pâtes d'un blanc plus pur qu'avec le chlorure de chaux, mais on affaiblit davantage les fibres ; comme une certaine proportion de celles-ci se perd au lavage, le rendement final est assez faible.

D'autre part, le blanchiment au chlore gazeux est coûteux par suite des frais d'établissement des appareils, et surtout par suite de leur entretien et de la main-d'œuvre qu'ils exigent.

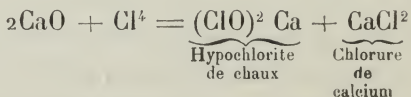
Enfin le produit obtenu par ce procédé est difficilement uniforme : les parties de la pâte qui sont trop sèches ou trop humides se trouvent mal blanchies.

Comme ce procédé est certainement plus coûteux que le blanchiment au chlorure de chaux, il est de moins en moins employé. Cependant, lorsque des pâtes sont d'une décoloration difficile, on leur fait souvent subir un premier blanchiment au chlore gazeux, que l'on fait suivre d'un second traitement au chlorure de chaux.

CHAPITRE II

BLANCHIMENT AU CHLORURE DE CHAUX

36. — Le chlorure de chaux, qui est la substance dont on se sert presque exclusivement aujourd'hui pour le blanchiment de la pâte à papier, a été préparé pour la première fois par Tennant de Glasgow, vers l'année 1800, en faisant agir le gaz chlore sur la chaux éteinte. C'est le même mode de préparation que l'on emploie encore aujourd'hui.



Le produit que l'on obtient dans ces conditions peut être considéré comme un mélange d'hypochlorite de chaux, de chlorure de cal-

cium et d'une certaine quantité de chaux hydratée. On lui trouve ordinairement une composition s'éloignant peu de la suivante :

Hypochlorite de chaux.	36,4
Chlorure de calcium	30,2
Hydrate de chaux et autres ma- tières insolubles	19,9
Eau	<u>13,5</u>
Total	100,0

Dans certains échantillons, la proportion d'hypochlorite de chaux atteint 39 %.

Cet hypochlorite de chaux est la substance qui, dans le chlorure de chaux, agit comme décolorant. En effet, l'acide carbonique de l'air décompose ce sel, s'empare de la chaux pour former du carbonate de chaux et met l'acide hypochloreux en liberté. Cet acide, une fois libre, se décompose en ses éléments chlore et oxygène.

C'est par suite de cette action de l'acide carbonique que le chlorure de chaux, exposé à l'air, donne toujours lieu à des émanations de chlore. Aussi, ce produit doit-il être embarillé avec soin et conservé à l'abri du contact de l'air et de l'humidité jusqu'au moment où il doit être employé.

Au point de vue de son action décolorante, le

chlorure de chaux agit comme l'eut fait le gaz chlore employé à sa fabrication, si on l'avait mis directement au contact de la pâte à blanchir.

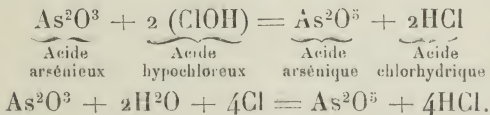
En effet, il est démontré aujourd'hui que le chlore sec n'a aucune action décolorante sur une pâte sèche elle-même, mais que le blanchiment se produit lorsqu'on ajoute de l'eau. Il faut donc admettre que la propriété décolorante du chlore doit être attribuée à ce que, par suite de la décomposition de l'eau qu'il provoque, il met l'oxygène de cette eau en liberté. Or, des deux atomes de chlore que l'on fait réagir sur la chaux, dans la fabrication du chlorure de chaux, l'un est employé pour la formation du chlorure de calcium, l'autre donne naissance à l'hypochlorite de chaux. Lorsque, ultérieurement, cet hypochlorite sera décomposé par l'acide carbonique, et que l'acide hypochloreux sera mis en liberté, chaque molécule d'acide hypochloreux pourra fournir deux atomes d'oxygène, l'un, qui entrait dans sa composition, l'autre résultant de la décomposition de l'eau par l'atome du chlore qu'il renfermait. Ainsi, on obtiendra la même quantité d'oxygène que si le chlore avait été employé directement pour le blanchiment.

37. — La valeur du chlorure de chaux dé-

pend évidemment de la quantité de chlore actif, c'est-à-dire de la proportion d'hypochlorite de chaux qu'il renferme.

Le mode d'essai que l'on emploie, pour apprécier la valeur d'un chlorure de chaux, repose sur l'action oxydante que l'acide hypochloreux et le chlore, en présence de l'eau, exercent sur les corps oxydables. D'après la quantité de ces derniers que l'on a dû employer, on peut déduire la proportion du chlore actif, contenue dans un poids déterminé de chlorure de chaux.

Le corps oxydable auquel on a recours pour ces essais est l'acide arsénieux, qui, dans ces conditions, se transforme en acide arsénique :



Gay-Lussac prépara sa liqueur arsénieuse en pesant 4^{gr},425 d'acide arsénieux vitreux, qu'il fit dissoudre dans l'acide chlorhydrique et ajouta de l'eau de façon à obtenir exactement un litre de liquide.

Pour faire un essai, on verse dans un vase à précipiter 10 centimètres cubes de la liqueur précédente, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'une solution d'indigo dans l'acide sulfurique,

qui sert à indiquer la fin de la réaction. Ces 10 centimètres cubes de liqueur arsénieuse renferment une quantité d'acide arsénieux qui exige, pour sa transformation en acide arsénique, exactement son volume, c'est-à-dire 10 centimètres cubes de chlore, mesurés à 0° et sous la pression de 760 millimètres.

D'autre part, on a pesé exactement 10 grammes du chlorure de chaux à essayer et on les dissout dans l'eau de manière à obtenir le volume d'un litre. Cette dissolution est introduite dans une burette graduée, à l'aide de laquelle on la fait tomber goutte à goutte, en agitant, dans le vase à précipiter contenant la liqueur arsénieuse, jusqu'à décoloration de celle-ci. Cette décoloration indique la fin de la réaction, car elle ne peut se produire avant que tout l'acide arsénieux ne soit transformé en acide arsénique.

Le volume de la solution de chlorure de chaux que l'on a dû verser contenait donc 10 centimètres cubes de chlore actif. Il sera facile, dès lors, d'en déduire le volume de chlore que peut fournir un kilogramme du chlorure de chaux soumis à l'essai, en comptant comme chlore, l'oxygène actif de l'acide hypochloreux.

En France, le chlorure de chaux ne se vend pas d'après son titre centésimal, comme on le

fait en Angleterre, en Russie, en Amérique et en Allemagne, mais, d'après les degrés de Gay-Lussac, qui représentent le nombre de litres de chlore gazeux, mesurés à 0° et à la pression de 760 millimètres, qui produirait la même action décolorante que 1 kilogramme de ce chlorure de chaux.

En considérant qu'un litre de chlore gazeux pèse 3^{gr},178, il est facile de transformer les degrés de Gay-Lussac en titre centésimal et réciproquement.

Un chlorure de chaux à 90° de Gay-Lussac, par exemple, peut être considéré comme renfermant 90 litres de chlore actif, ou $90 \times 3,178 = 286$ grammes, soit 28,6 ‰.

Inversement, un chlorure de chaux à 30 ‰, c'est-à-dire 300 grammes de chlore par kilogramme, marquera $\frac{300}{3,178} = 94^{\circ},4$ Gay-Lussac.

Il suffira donc, pour transformer les degrés Gay-Lussac en degrés anglais ou en tant pour 100, de les multiplier par 0,3178, et pour transformer le titre centésimal en degrés Gay-Lussac de le diviser par 0,3178.

Le tableau suivant permet d'éviter ces calculs pour effectuer la conversion des degrés chlorométriques français en degrés anglais.

Les degrés français indiquent combien un kilogramme de chlorure de chaux donne de litres de chlore à 0° et à 760 millimètres de pression.

Les degrés anglais indiquent la quantité en poids de chlore actif dans cent parties de chlorure de chaux.

TABLEAUX DES DEGRÉS

Degrés français	Degrés anglais	Degrés français	Degrés anglais	Degrés français	Degrés anglais
63	20,02	85	27,01	107	34,00
64	20,34	86	27,33	108	34,32
65	20,65	87	27,65	109	34,64
66	20,97	88	27,96	110	34,95
67	21,29	89	28,28	111	35,27
68	21,61	90	28,60	112	35,59
69	21,93	91	28,92	113	35,91
70	22,24	92	29,23	114	36,22
71	22,56	93	29,55	115	36,54
72	22,88	94	29,87	116	36,86
73	23,20	95	30,19	117	37,18
74	23,51	96	30,51	118	37,50
75	23,83	97	30,82	119	37,81
76	24,15	98	31,14	120	38,13
77	24,47	99	31,46	121	38,45
78	24,79	100	31,78	122	38,77
79	25,10	101	32,09	123	39,08
80	25,42	102	32,41	124	39,40
81	25,74	103	32,73	125	39,72
82	26,06	104	33,05	126	40,04
83	26,37	105	33,36	127	40,36
84	26,69	106	33,68	128	40,67

38. Préparation de la dissolution de chlorure de chaux. — Le chlorure de chaux renferme toujours de la chaux hydratée, du carbonate de chaux et autres impuretés insolubles dans l'eau. Si on mélangeait le chlorure de chaux, tel qu'on le trouve dans le commerce, avec la pâte à blanchir, on introduirait nécessairement dans cette pâte les impuretés dont nous venons de parler. Afin d'éviter cet inconvénient, on se sert toujours d'une dissolution de chlorure de chaux pour produire le blanchiment des pâtes à papier.

Pour préparer cette dissolution de chlorure de chaux, dans certaines usines, on introduit ce chlorure dans des cylindres horizontaux en tôle perforée, animés d'un mouvement de rotation autour de leur axe et dont la partie inférieure plonge dans une auge pleine d'eau. Le plus souvent, on met dans les cylindres des balles de plomb, qui ont pour but de briser les agglomérations de chlorure et d'en faciliter la dissolution.

Dans d'autres usines, on se sert dans le même but de moulins formés d'une auge en granit, dans l'intérieur de laquelle tourne une sorte de meule ou noix, également en granit. Le jeu entre l'auge et la meule courante est d'environ

1,5 à 2 millimètres dans le haut et de 1 millimètre dans le bas. Le chlorure de chaux est jeté à la pelle sur la meule et se trouve entraîné entre l'auge et la noix par un courant d'eau qui est amené par la partie supérieure. Le produit s'écoule en dessous, traverse un tamis et se rend dans le récipient où l'on doit conserver la dissolution.

Lorsqu'on fait usage de grandes quantités de chlorure de chaux, on emploie la disposition suivante :

Ce chlorure est introduit dans de grands réservoirs en maçonnerie de briques bien cimentées, ayant environ 2^m,40 de diamètre et 1^m,50 de profondeur, avec la quantité d'eau nécessaire.

Connaissant le poids du chlorure de chaux que l'on a mis dans le réservoir, et son titre chlorométrique, il sera facile de calculer la quantité d'eau que l'on devra employer pour obtenir une dissolution d'une concentration déterminée.

Dans ces réservoirs tournent des agitateurs consistant en deux bras horizontaux auxquels sont fixées six à huit tiges verticales descendant à environ 7 centimètres du fond. La vitesse de rotation de ces agitateurs est d'environ 10 à 20 révolutions par minute.

Après une agitation de 3 à 6 heures, on arrête et on laisse le liquide s'éclaircir. Quand la dissolution est bien claire, on la fait couler dans un réservoir inférieur, en débouchant un tuyau qui traverse les parois de la cuve et se trouve relié dans son intérieur à un autre tuyau, dont l'inclinaison peut être modifiée à volonté et dont l'ouverture pourra, par suite, être amenée dans une position telle que le dépôt reste tout entier dans le fond de cette cuve.

Ces tuyaux doivent être en fonte ou en laiton ; il ne serait pas convenable d'employer le fer qui serait trop rapidement attaqué.

Lorsque la solution claire de chlorure de chaux s'est écoulée, on relève verticalement le tuyau, dont nous avons parlé précédemment, et on fait arriver dans la cuve une quantité d'eau égale à celle qui avait été employée la première fois, puis on met de nouveau en marche l'agitateur.

On obtiendra ainsi, par le lavage du résidu, une solution faible.

Généralement, deux cuves semblables à celle que nous venons de décrire sont installées l'une près de l'autre et fonctionnent simultanément.

Pendant que dans l'une se prépare la solution

concentrée, dans l'autre on obtient la solution faible. Les deux solutions se rendent dans le même réservoir et l'on emploie un poids de chlorure de chaux tel que le mélange des deux solutions fournit un liquide au degré voulu pour son emploi dans le blanchiment.

Généralement on compte 25 kilogrammes de chlorure de chaux pour 1 000 litres d'eau. La solution marque de 2 à 3° Baumé.

Dans quelques usines, on emploie des solutions plus fortes, mais elles entraînent des pertes très sensibles par suite du dégagement de chlore dans l'atmosphère auquel elles donnent lieu pendant l'opération et de la quantité d'hypochlorite qui reste dans la pâte lors de l'égouttage.

39.— Le blanchiment des pâtes au chlorure de chaux se pratique ordinairement dans des piles, dites *piles blanchisseuses*.

Ce sont de grandes cuves plates en béton, en briques cimentées ou en bois, pouvant contenir de 500 à 1 000 kilogrammes de pâte supposée sèche, ainsi que le volume de solution de chlorure de chaux nécessaire pour le traitement. Leur forme générale est tout à fait analogue à celle de la pile à cylindre ordinaire.

Les parois latérales et parallèles se raccordent à leurs extrémités par des parties en demi-cercles. Suivant le grand axe de cette cuve s'élève une cloison médiane verticale, interrompue à ses deux bouts, et qui ménage ainsi entre elle et les parois de la cuve un circuit complet et d'égale largeur dans tout son parcours. Une roue à palettes en bois est supportée par un axe reposant sur des coussinets perpendiculairement à la cloison médiane, lequel est actionné par un engrenage ou une poulie à courroie à la vitesse de 200 à 300 tours à la minute. Une enveloppe fermée recouvre la roue à palettes pour empêcher la projection hors de la cuve, soit du liquide, soit de la pâte.

Pour 100 kilogrammes de pâte supposée sèche, on emploie pour le blanchiment 1 500 litres de la solution de chlorure de chaux.

La durée de l'opération est de 3 heures environ.

Le blanchiment au chlorure de chaux s'effectue également dans des caisses plates d'une capacité de 5 mètres cubes, présentant une grande surface, afin de rendre plus prompte l'action de l'acide carbonique de l'air.

Ces cuves permettent de traiter dans une opération 250 kilogrammes de pâte. Elles sont

construites en pierres ou en briques bien cimentées ou mieux recouvertes de laines de plomb, sondées au chalumeau à gaz hydrogène. Elles sont munies d'un double-fond formé par un châssis garni de toile métallique. Au-dessous de ce châssis existe une bonde de vidange, qui permet d'envoyer le liquide de la cuve, par un caniveau, dans un réservoir inférieur.

Pour opérer, on introduit dans la cuve la pâte bien essorée et aussi divisée que possible avec la solution de chlorure de chaux, qui est amenée du réservoir où elle a été préparée.

Après avoir bien agité la masse, on laisse macérer pendant 8 heures, terme moyen. Ce temps varie, bien entendu, avec la nature des pâtes à blanchir et le degré de blanc que l'on veut obtenir.

Quand l'opération est terminée, on ouvre la bonde de vidange et le liquide va se réunir dans le réservoir inférieur.

Dans certaines usines, ce liquide est repris par une pompe et renvoyé dans la cuve où se prépare la solution de chlorure de chaux et où, par l'addition d'une quantité convenable de ce produit, on le ramène au titre chlorométrique primitif, afin de l'employer de nouveau.

Seulement ce liquide a d'ordinaire une colo-

ration jaune due à la présence des impuretés que renfermait la pâte et qui, après oxydation, sont devenues solubles. Il sera donc difficile avec une telle solution d'obtenir une pâte bien blanche.

La pâte suffisamment égouttée est retirée de la caisse. Elle est encore imbibée d'une quantité notable d'hypochlorite, de sorte que, si on l'abandonne dans cet état, la décoloration peut se poursuivre encore quelque temps.

Certains industriels, surtout en Amérique, emploient pour le blanchiment de la pâte à papier de grandes cuves pouvant en contenir 2 500 à 5 000 kilogrammes, qui ont l'avantage d'économiser l'emplacement et de donner lieu à des pertes de chlore moindres, puisque la surface de contact avec l'air est très restreinte. Mais avec cette manière d'opérer, il est presque impossible d'obtenir un blanchiment uniforme dans toute la masse.

40. — Nous avons vu que, dans le blanchiment des pâtes au chlorure de chaux, c'est l'acide carbonique de l'air qui, décomposant l'hypochlorite de chaux, met l'acide hypochloreux en liberté et détermine par suite la décoloration de ces pâtes. Or, comme la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air est très

faible, on s'explique que la décomposition du chlorure de chaux soit lente et que dès lors l'opération soit longue.

Afin d'accélérer le blanchiment, certains industriels ajoutent au bain de chlorure de chaux une certaine quantité d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique, qui produit une décomposition immédiate de l'hypochlorite de chaux. Mais cette addition n'est pas sans présenter des inconvénients. Par suite de la mise en liberté presque instantanée de l'acide hypochloreux, celui-ci peut agir d'une façon trop brutale sur les fibres et y produire des altérations. D'autre part, une partie très notable de cet acide hypochloreux se dégage dans l'atmosphère et se trouve perdue pour le blanchiment.

Il serait préférable d'employer pour la décomposition du chlorure de chaux, au lieu des acides précédents, un courant d'acide carbonique que l'on dirigerait dans la solution de ce sel, ainsi que l'a proposé Barruel. Ce procédé a été installé à la papeterie Firmin Didot :

On s'est servi du gaz riche en acide carbonique provenant des foyers de l'usine. Ce gaz est aspiré, à l'aide d'une pompe, dans la cheminée. Au sortir de la pompe qui le refoule vers la pile blanchisseuse, le gaz traverse un résér-

voir en partie plein d'eau où il se refroidit, puis passe dans un épurateur destiné à arrêter les dernières poussières qu'il aurait pu entraîner.

Cet épurateur est une caisse fermée, munie de claies en osier, espacées d'environ 0^m,20, garnies de mousse, de laine, etc., humides.

De là, le gaz arrive dans les piles où la pâte à blanchir est mélangée au chlorure de chaux.

Le temps nécessaire pour le blanchiment s'est trouvé par ce procédé diminué dans le rapport de 1 à 7.

L'emploi de l'acide carbonique pour hâter la décomposition du chlorure de chaux a été également adopté dans l'importante fabrique de pâte de paille de M. de Naeyer, à Willebrook, près Bruxelles.

La pâte convenablement blanchie doit être égouttée. On emploie souvent des caisses d'égouttage en bois, mais elles ont bien peu de durée. Les caisses en briques enduites de ciment sont préférables. Leur fond est formé de carreaux en terre cuite, traversés de nombreux trous s'évasant en cônes.

Quelquefois, on remplace cet égouttage dans les caisses qui est lent par un égouttage forcé

que l'on réalise à l'aide de différentes machines dont nous avons déjà parlé, telles que les presse-pâte, les presses hydrauliques et les machines à force centrifuge.

41. Lavage de la pâte blanchie. — Que la pâte ait été blanchie par le chlore gazeux ou par la solution de chlorure de chaux, il est indispensable de faire suivre l'action du décolorant d'un lavage à grande eau, qui a pour but de priver la pâte de toute trace de chlore et d'acide.

Lorsque le blanchiment a été obtenu par le chlore gazeux, le lavage doit être effectué immédiatement dès que la pâte est retirée des caisses à chlore; lorsqu'au contraire on a fait usage du chlorure de chaux, avec lequel on n'a pas à redouter, comme avec le chlore, des déchets et des détériorations notables, la pâte peut être gardée sans inconvénient pendant quelques jours avant d'être lavée.

Quelques industriels ajoutent à la pâte, au commencement du lavage, du carbonate de soude, afin de saturer l'acide chlorhydrique qu'elle contient, et de faciliter la dissolution de la matière colorante qui a été oxydée.

Le lavage s'effectue généralement dans des piles plus petites que les piles défileuses.

Pendant le lavage, le cylindre est éloigné de la platine ; on ne doit l'abaisser, pour opérer le raffinage, que lorsque le lavage est parfait. On rapproche alors graduellement le cylindre jusqu'à ce qu'il touche légèrement la platine et l'on continue l'opération jusqu'à ce que la pâte soit assez fine.

Le temps nécessaire au lavage dépend de la quantité d'eau que l'on fait arriver dans la pile. Pour un lavage devant durer une heure, il faut une alimentation d'environ 3 litres d'eau par seconde.

Lorsque l'opération est terminée, l'eau doit sortir de la pile limpide et incolore. Mais pour être certain que le lavage est complet, il faut prélever dans la pile une poignée de pâte, la presser entre les doigts, pour éliminer la plus grande partie de l'eau, puis l'humecter avec quelques gouttes du réactif que l'on prépare en faisant bouillir ensemble :

- 1 partie d'iodure de potassium,
- 2 parties de fécule de pomme de terre,
- 3 parties d'eau,

réactif que l'on conserve dans un flacon bien

bouché : la pâte, au contact de ce liquide, ne doit pas se colorer.

S'il restait encore du chlore, celui-ci, en décomposant l'iodure de potassium, mettrait de l'iode en liberté qui, avec l'amidon, donnerait une coloration bleue.

42. Antichlores. — Comme le chlore ne disparaît complètement des pâtes par le lavage que très difficilement, après un temps fort long, afin d'économiser le temps et la quantité d'eau nécessaire au lavage, on ajoute souvent à la pâte certains réactifs, capables de fixer le chlore, et que l'on appelle des antichlores.

Le sulfite de soude est le plus employé des antichlores. Une molécule de sulfite élimine une molécule de chlore ; il se forme de l'acide chlorhydrique et du sulfate de soude.

Il serait préférable d'employer le sulfite mélangé à du carbonate de soude, afin que l'acide chlorhydrique formé soit en même temps neutralisé.

Le sulfite de chaux, qui est moins cher que le sulfite de soude, peut être tout aussi bien employé comme antichlore. Il donne naissance à du sulfate de chaux, qui reste dans la pâte et sert de charge.

Les sulfures alcalins, qui s'obtiennent à un prix très bas, peuvent également être utilisés. Mais ils ne conviennent que pour les pâtes qui ne doivent pas être d'un très beau blanc, à cause du léger précipité de soufre qu'ils donnent en présence du chlore et de leur action sur les composés du fer.

On a proposé aussi l'emploi du protochlorure d'étain, qui, avec le chlore, forme du bichlorure. On emploie le sel d'étain en solution chlorhydrique. Lorsque la réaction est terminée, on ajoute du carbonate de soude pour saturer l'acide chlorhydrique. L'oxyde d'étain qui se forme reste dans la pâte.

D'après M. Kolb, l'antichlore le plus avantageux paraît être l'ammoniaque.

Enfin, on s'est servi aussi comme antichlore du gaz de l'éclairage, qui renferme de l'éthylène et autres homologues, de la benzine, etc., pouvant se combiner avec le chlore.

Nous ferons remarquer que l'emploi des antichlores ne dispense pas du lavage des pâtes. Ce n'est pas seulement la présence du chlore dans le papier qui nuit à sa coloration, à son collage et à sa durée, les autres matières étrangères qui peuvent souiller les fibres cellulosiques, notamment la matière colorante, dénaturée par l'oxy-

dation produite par le chlore, peuvent amener ces mauvais effets.

Donc, lorsque la pâte devra servir à préparer un papier dont on veut assurer la durée, il sera toujours nécessaire de la soumettre à un lavage parfait.

CHAPITRE III

—

AUTRES PROCÉDÉS DE BLANCHIMENT

43. Hypochlorites autres que l'hypochlorite de chaux. — L'hypochlorite de soude est moins stable que celui de chaux ; par suite, il décolore plus promptement et dissout mieux la matière colorante oxydée.

D'autre part, sa présence dans les pâtes mal lavées est moins nuisible au collage que ne le serait un sel calcaire.

Aussi, en Angleterre, cet hypochlorite est souvent substitué avec avantage au chlorure de chaux.

En France, la grande différence qui existe entre les prix de ces deux produits fait qu'on est réduit à n'employer que le chlorure de chaux.

Orioli a préconisé, en 1859, l'emploi de l'hypochlorite d'alumine, qui, par suite de sa facile décomposition, paraît présenter des avantages réels. Pour préparer cet hypochlorite, on décompose 150 parties de sulfate d'alumine par 100 parties de chlorure de chaux dans 2000 parties d'eau.

100 kilogrammes de pâte exigent, pour leur décoloration, l'hypochlorite provenant d'environ 8 kilogrammes de sulfate d'alumine.

On a préconisé également l'emploi de l'hypochlorite de zinc (sel décolorant de Warrentropp). Pour l'obtenir, on mélange le chlorure de chaux avec du sulfate de zinc : il se précipite du sulfate de chaux et de l'oxyde de zinc et il reste en dissolution de l'acide hypochloreux. On laisse dans la pâte le sulfate de chaux et l'oxyde de zinc.

Pour le blanchiment de la pâte de paille, on commence généralement par la soumettre à l'action du chlore gazeux, puis on termine toujours par un traitement au chlorure de chaux ; autrement la pâte garderait une teinte rousse.

La pâte de bois peut, d'après M. Filghmann, être promptement blanchie par l'action d'une solution aqueuse d'acide sulfureux, à une température supérieure à 100°.

44. Procédé Tessié du Motay.— Cette méthode de blanchiment repose sur la grande facilité avec laquelle les permanganates alcalins cèdent de l'oxygène aux matières colorantes qui accompagnent les fibres végétales.

Il résulte de cette action chimique un dépôt d'oxyde de manganèse qui s'étale sur la fibre en un enduit léger. Par l'action d'une substance réductrice, telle que l'acide sulfureux, l'oxyde de manganèse se transforme en sulfate de protoxyde soluble dans l'eau, que des lavages peuvent alors facilement enlever.

On plonge les fibres à blanchir dans une dissolution de permanganate de soude, additionné de sulfate de magnésie. La matière colorante des fibres s'oxydera aux dépens de l'oxygène de l'acide permanganique qui sera ramené à l'état de sesquioxyde ou de peroxyde de manganèse, lesquels recouvriront les fibres.

L'immersion dure 15 minutes environ.

Au sortir de ce bain, la matière est portée dans une dissolution d'acide sulfureux qui la débarrassera du dépôt brun qui la colore.

On retire les fibres dès qu'elles sont blanchies.

Un bain contenant de 2 à 6 kilogrammes de permanganate de soude suffit pour blanchir complètement 100 kilogrammes de fibres.

Le permanganate de soude que l'on emploie dans ce procédé est obtenu à l'aide des résidus provenant de la préparation du chlore.

Le chlorure de manganèse impur qui constitue ces résidus est d'abord traité par le carbonate de chaux pour précipiter le fer, etc. La liqueur décantée est ensuite additionnée de chaux qui précipite le protoxyde de manganèse. Ce précipité est alors chauffé dans un courant d'air avec de la soude. Il se forme du manganate de soude vert. Le produit obtenu renferme 50 à 60 $\frac{0}{10}$ de ce manganate.

On le mélange avec son poids de sulfate de magnésie et 10 fois son poids d'eau. On obtient une liqueur rouge renfermant 60 $\frac{0}{10}$ de permanganate de soude, qu'on laisse s'éclaircir par le repos.

Cette liqueur contient, outre le permanganate, du sulfate de magnésie ; il en résulte que, pendant le blanchiment, la soude mise en liberté, en réagissant sur ce sulfate de magnésie, formera du sulfate de soude et de la magnésie.

Après le traitement à l'acide sulfureux, la pâte doit être additionnée de carbonate de soude qui a pour but de saturer l'acide en excès, puis lavée à l'eau pure.

45. Blanchiment électro-chimique. — Depuis que l'énergie électrique a pu être obtenue facilement et économiquement, grâce à la découverte de machines dynamo-électriques vraiment industrielles, différents procédés de blanchiment par électrolyse ont été proposés, qui appellent aujourd'hui l'attention des industriels.

Ces procédés reposent sur la décomposition par le courant électrique des chlorures alcalins ou alcalino terreux, décomposition qui met en liberté probablement de l'acide hypochloreux, lequel agit sur les fibres végétales à la manière ordinaire.

M. Hermite, dans son procédé, fait usage du chlorure de magnésium ; d'autres inventeurs préconisent l'emploi du chlorure de calcium ou du chlorure de sodium ; enfin d'autres proposent simplement de décomposer l'eau par le courant électrique et d'utiliser pour le blanchiment l'oxygène plus ou moins ozoné ainsi produit.

Il serait prématuré de se prononcer sur la valeur industrielle de quelques-uns de ces nouveaux procédés qui sont encore dans la période d'expérience, mais il peut être utile de parler du procédé Hermite, qui est appliqué avec succès

dans un certain nombre de papeteries, entre autres, en France, chez MM. Darblay père et fils à Essonne et chez MM. Ch. de Montgolfier et C^{ie}, à la Haye-Descartes, qui l'ont adopté définitivement.

Le procédé de blanchiment électro-chimique de M. Hermite est basé sur l'emploi d'une dissolution de chlorure de magnésium, contenant 5 % de ce sel que l'on électrolyse dans un appareil spécial.

Sous l'action du courant électrique, le chlorure de magnésium et l'eau sont décomposés : le chlore, provenant du chlorure, et l'oxygène de l'eau se rendent à l'électrode positive et se combinent en donnant naissance à un composé oxygéné du chlore, qui pourrait être de l'acide hypochloreux ; l'hydrogène et le magnésium se portent à l'électrode négative où l'hydrogène se dégage, tandis que le magnésium décompose l'eau en formant de la magnésie avec l'oxygène de l'eau ; l'hydrogène provenant de cette nouvelle réaction est mis en liberté.

Si on introduit dans ce liquide des fibres végétales colorées, l'oxygène de l'acide hypochloreux et celui qui provient de la décomposition de l'eau par le chlore agiront sur la matière colorante ; l'acide chlorhydrique, qui résulte en

même temps de cette décomposition de l'eau, se trouvant dans le liquide en présence de la magnésie, se combine avec elle pour reformer du chlorure de magnésium.

Ainsi le chlorure de magnésium servirait indéfiniment, si l'on pouvait éviter les pertes. Mais les pâtes à papier, au sortir des presses-pâtes, retiennent encore 60 % d'eau. Dans le cas actuel, pour 100 kilogrammes de pâte blanchie supposée sèche, on perdra donc 150 kilogrammes de dissolution de chlorure de magnésium, qui seront restés dans la pâte (soit 7^{kg},500 de sel) et que l'on ne peut retirer économiquement.

M. Hermite a démontré que la liqueur obtenue par sa méthode a un pouvoir décolorant plus énergique et plus rapide que celui de la dissolution de chlorure de chaux ordinaire.

Il prétend que, dans la décomposition électrolytique d'une solution de chlorure, il se forme un composé oxygéné spécial du chlore qui prend naissance au pôle positif et non pas seulement du chlore, comme on l'avait supposé, ou bien de l'hypochlorite de magnésie, produit par la réaction du chlore mis en liberté sur la base formée au pôle négatif. De nombreuses discussions à ce sujet ont eu lieu à la Société de Chimie indus-

truelle de Londres, mais la question n'est pas encore complètement élucidée.

La solution électrolysée, qui est employée pour le blanchiment, doit être toujours maintenue bien neutre. Afin d'éviter dans la liqueur la présence d'acide chlorhydrique libre, on y ajoute un peu de magnésie.

Cette magnésie est préparée de la manière suivante :

Dans une cuve verticale à moitié pleine d'une dissolution concentrée de chlorure de magnésium, on ajoute une quantité suffisante de lait de chaux ; la chaux déplace la magnésie qui se précipite à l'état gélatineux, tandis que le chlorure de calcium formé reste en dissolution. On laisse déposer la magnésie, on enlève au moyen d'un siphon la dissolution de chlorure de calcium qui est jetée ; on lave la magnésie deux ou trois fois avec de l'eau pure et elle est alors prête pour l'usage.

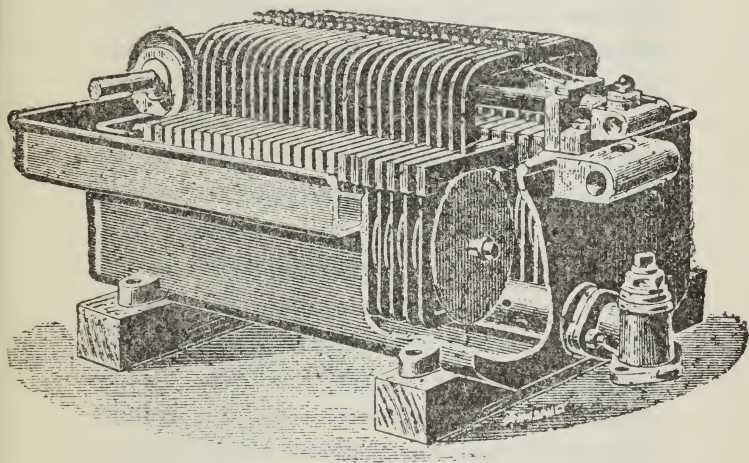
On ajoute de petites quantités de cette magnésie à la liqueur suivant les besoins.

Les appareils nécessaires pour l'application du procédé Hermite ont été imaginés par ce dernier avec la collaboration de MM. Paterson et Cooper, de Londres, qui en sont les constructeurs.

Le type d'électrolyseur employé ordinairement

pour le blanchiment de la pâte à papier (*fig. 6*) consiste en une cuve de fonte galvanisée, munie à sa partie inférieure d'un tube percé d'un grand nombre de trous et pourvue d'un robinet

Fig. 6



de zinc. C'est par ce tube que la dissolution de chlorure de magnésium est introduite dans l'appareil. Le haut de la cuve est garni d'un rebord formant canal ; le liquide déborde dans ce canal et s'écoule par un tuyau. On obtient ainsi une circulation continue.

Les électrodes négatives sont constituées par un certain nombre de disques en zinc, montés

sur deux arbres parallèles qui tournent lentement.

Entre chaque paire de disques de zinc, sont disposées les électrodes positives dont la surface active est constituée par de la toile de platine fixée sur un cadre en ébonite qui donne à l'électrode la rigidité et la solidité nécessaires. La partie supérieure des toiles de platine est soudée à une pièce de plomb soigneusement isolée.

Chaque électrode positive communique, par l'intermédiaire de la pièce de plomb, avec une barre de cuivre, isolée de la cuve, qui règne sur toute sa longueur et que l'on relie au pôle positif de la dynamo. Le contact entre chaque électrode positive et la barre de cuivre est obtenu au moyen d'un écrou. Grâce à cette disposition, chaque électrode peut être enlevée pendant la marche sans gêner le bon fonctionnement de l'appareil.

Le pôle négatif de la dynamo est relié à la cuve en fonte qui, elle-même, est en relation avec les électrodes négatives par l'intermédiaire des deux arbres parallèles sur lesquels elles sont fixées.

Le courant, venant de la borne positive de la dynamo, arrive à la barre de cuivre, passe dans toutes les électrodes positives en platine, traverse

le liquide ou autrement dit l'électrolyte, pour aller aux disques de zinc formant électrode négative et retourne à la borne négative de la dynamo par l'intermédiaire des arbres et de la cuve elle-même.

Afin de maintenir les électrodes négatives toujours propres, on a disposé sur les électrodes positives des couteaux flexibles en ébonite, qui viennent presser contre les disques de zinc ; comme ces derniers tournent lentement, tout dépôt qui pourrait se former à leur surface se détacherait.

Une porte que l'on peut ouvrir pour le nettoyage est disposée à la partie inférieure de la cuve qui est également munie d'un robinet permettant de vider l'appareil quand il est nécessaire.

Les électrolyseurs ne demandent aucun entretien spécial ; environ tous les mois, on ouvre la porte placée au fond de la cuve et, à l'aide d'un jet d'eau amené par un tube de caoutchouc, on lave l'appareil sans rien démonter. Quant à l'usure des électrodes, elle peut être considérée comme à peu près nulle.

Les conducteurs qui relient entre eux les électrolyseurs, lorsqu'il y en a plusieurs, et qui servent à amener le courant de la dynamo, sont

constitués par des barres de cuivre rouge de haute conductibilité, dont la section varie suivant la distance qui existe entre la dynamo et les cuves. Pour éviter toute perte de courant due à la résistance électrique des conducteurs, il y a évidemment intérêt à placer les cuves le plus près possible des dynamos.

La maison Paterson et Cooper construit des dynamos spéciales dont les types divers peuvent alimenter de un à dix électrolyseurs. Le courant qui traverse les appareils doit avoir une intensité de mille à douze cents ampères.

Quand on emploie plusieurs électrolyseurs, on les monte en tension.

D'après les données fournies, chaque électrolyseur peut produire, par vingt-quatre heures de travail, un blanchiment égal à celui que donnerait une quantité de chlorure de chaux égale à 1000 kilogrammes, avec un courant de dix mille ampères sous une différence de potentiel de six à sept volts, ce qui représente une dépense de force motrice de neuf chevaux effectifs mesurés sur la poulie de la dynamo.

D'après M. Hermite, son procédé réaliserait une économie qui est rarement inférieure à 50 % sur l'emploi du chlorure de chaux ou du chlore gazeux.

Pour rendre l'opération aussi simple que possible, lorsque les piles blanchisseuses sont installées au rez-de-chaussée de l'usine, on place au premier étage les électrolyseurs ainsi que la dynamo qui les actionne. La dissolution de chlorure de magnésium, additionnée d'un peu de magnésie, est contenue dans un réservoir disposé à une certaine hauteur au-dessus des électrolyseurs. Ceux-ci peuvent donc recevoir facilement le liquide du réservoir. La liqueur électrolysée est amenée par un conduit en bois dans les piles blanchisseuses placées à l'étage inférieur. Enfin, le liquide sortant des piles après avoir agi sur la pâte, ainsi que celui qui provient des presse-pâtes se réunissent dans un bassin, d'où une pompe les remonte dans le réservoir supérieur.



BIBLIOGRAPHIE

AIMÉ GIRARD. — *Rapport sur l'industrie de la papeterie à l'Exposition internationale de Londres en 1872.*

CARL HOFMANN. — *Traité pratique de la fabrication du papier.*

-- *Le Moniteur de la papeterie française.*

OTHON PETIT. — *Des emplois chimiques du bois dans les arts et l'industrie.*

BUROT. — (*Mémoires de la société des Ingénieurs civils*).
Fabrication du papier de paille dans le Limousin
(mai 1883).

— *Rapport de M. Charles Martin sur l'industrie du papier à l'exposition de 1867* (février 1868).

PAUL CHARPENTIER. — *Le papier.* Encyclopédie chimique de M. Frémy.

Traité pratique de la fabrication de la cellulose de Max. Schubert, traduction par Ed. Bibas.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

FABRICATION

Historique	5
----------------------	---

CHAPITRE PREMIER

<i>Différents succédanés employés</i>	8
Paille	9
Alfa et sparte	13
Bois	19

CHAPITRE II

<i>Constitution physique et chimique des végétaux.</i>	25
Constitution physique des tissus	25
Constitution chimique des tissus	28

CHAPITRE III

	Page
<i>Fabrication de la pâte à papier</i>	37
Principes sur lesquels doit reposer le traitement rationnel des végétaux	37
Fabrication de la pâte de paille	39
Fabrication du papier de paille	57
Fabrication de la pâte d'alfa et de sparte	66
Fabrication de la pâte de bois	71
Procédé mécanique	71
Procédés chimiques : traitement par la soude caustique	82
Procédés chimiques : traitement au sulfate	97
Procédés chimiques : traitement par les bisulfites	102
Procédés chimiques : traitement par les corps oxydants	125
Procédés chimiques : traitement par l'électrolyse	127
Appréciation de la qualité des pâtes	129

DEUXIÈME PARTIE

BLANCHIMENT

CHAPITRE PREMIER

<i>Blanchiment au chlore gazeux</i>	135
---	-----

CHAPITRE II

	Pages
<i>Blanchiment au chlorure de chaux.</i>	140
Préparation de la dissolution	147
Lavage de la pâte blanchie	156
Antichlores.	158

CHAPITRE III

<i>Autres procédés de blanchiment</i>	161
Hypochlorites autres que l'hypochlorite de chaux	161
Procédé Tessié du Motay	163
Blanchiment électro-chimique	165
BIBLIOGRAPHIE.	175

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES

33 138825 S.O.



GETTY CENTER LIBRARY



3 3125 00798 7007

