

8°Z
21106
(326)

L E C T I O N

R. ESCOURROU

LA FABRICATION DU PAPIER



A R M A N D C O L I N

C A C

La fabrication
du papier

8889

8° Z

21106

(326)

DL 26 6 1959. 8125

COLLECTION ARMAND COLIN

N° 326. SECTION CHIMIE

René ESCOURROU

Docteur ès-sciences physiques,
ancien ingénieur aux Papeteries Navarre

La fabrication du papier

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

103 BOULEVARD SAINT-MICHEL PARIS-V^e



Tous droits de reproduction,
de traduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.

© 1958, by Max Leclerc et Cie.

préface

M. Escourrou m'a demandé de présenter cette étude au public. Bien que d'autres eussent été certainement plus qualifiés que moi, je ne puis me dérober à cet honneur, car le sujet traité m'est particulièrement cher et je le tiens pour un des plus importants de la chimie industrielle moderne et pour un de ceux qui intéressent au plus haut point en même temps l'économie et le développement intellectuel de notre pays.

Si, il y a un siècle, la fabrication du papier se faisait encore dans de petits ateliers familiaux utilisant des techniques qui n'avaient que peu ou point de rapports avec la chimie, aujourd'hui les usines qui la pratiquent doivent, pour répondre aux besoins croissants et variés de la consommation, pour améliorer les qualités et abaisser les prix de revient, faire un appel constant aux méthodes scientifiques et développer sans arrêt leurs moyens de production.

C'est que le papier est, en effet, le matériau le plus caractéristique de notre civilisation moderne, si bien que certains prétendent mesurer le développement intellectuel d'un peuple par le nombre de kilogrammes de papier consommé annuellement par tête d'habitant. Il y a certainement exagération à cela, car, quand on parcourt les énormes volumes distribués chaque dimanche à leurs lecteurs par les journaux américains, on reste sceptique sur la valeur civi-

lisatrice de tels imprimés dans lesquels la publicité occupe la plus large part.

Mais il est évident que notre civilisation est une énorme consommatrice de papier et que cette consommation croît à mesure que se répand l'instruction et que se développe la vie intellectuelle et sociale des peuples.

L'importance économique de l'industrie papetière ressort lumineusement des chiffres que l'on trouvera dans ce livre ; extrayons-en seulement ceux qui suivent : plus de 100 millions de stères de bois utilisés dans le monde pour la fabrication des pâtes à papier, en particulier pour celle des 12 000 000 de tonnes que consomment actuellement les journaux et qui ne suffisent même plus aux besoins présents.

Ce dernier chiffre précise l'intérêt qu'a la France, jadis la plus forte productrice de papier, à regagner une partie du terrain si regrettablement perdu, de façon à se libérer d'une charge lourde pour sa balance commerciale.

Fait fort regrettable, la bibliographie concernant l'industrie papetière est extrêmement pauvre en France, et dans nos grandes Écoles et Instituts de chimie cette branche de l'activité industrielle paraît quelque peu négligée. La Collection Armand Colin a donc hautement raison de publier un ouvrage sur le papier.

Pour écrire cet ouvrage j'estime qu'elle ne pouvait faire un choix plus judicieux que celui de M. Escourrou, ingénieur-chimiste, docteur ès-sciences, chargé du cours sur la technologie du papier à l'École supérieure du Bois à Paris. Le livre qu'il nous apporte correspond parfaitement, à mon avis, à ce que le lecteur pouvait désirer.

G. DUPONT.

INTRODUCTION

considérations générales
évolution
de l'industrie de la papeterie

Le papier est l'un des produits qui nous touchent de plus près dans notre vie quotidienne, et nous avons constamment recours à lui sous toutes ses formes. Ses emplois sont innombrables : journaux, impression, écriture, emballage, carton, buvard, filtration, etc. et même pour la fabrication d'objets très variés, tels les panneaux stratifiés du type « Formica » ou « Celamine », constitués par des feuilles de papier superposées et imprégnées de résines, ou les petits récipients à lait destinés à remplacer les bouteilles et dont l'emploi se généralise dans de nombreux pays parce qu'ils suppriment le retour des emballages. Aussi comprend-on que le grand public puisse s'intéresser de plus en plus à la fabrication et aux problèmes relatifs à cette matière de choix qui a pris un développement considérable, et qui est si universellement répandue aujourd'hui. Son avenir, d'ailleurs, se trouve étroitement lié à celui de l'industrie de la cellulose dont il est solidaire.

Les premières indications que nous ayons relatives à sa préparation remontent à environ six cents ans avant l'ère chrétienne. L'Égypte semble avoir été son pays d'origine et il passa, plus tard, en Espagne, en Grèce, et en Italie, bien qu'on ait utilisé assez longtemps en Europe, pour conserver les écrits, le parchemin fait avec

de la peau de mouton blanchie, ou le vélin avec de la peau de veau.

Après l'an 1000, on avait substitué progressivement au papyrus d'Égypte le *papier de coton*, qui nous vint, croit-on, de Chine.

Au xiv^e siècle et jusque vers 1790, le *papier de chiffons*, qui paraît avoir été apporté d'Orient en Europe par les Sarrasins d'Espagne, a été le plus employé. A partir du xvii^e siècle, les Hollandais passèrent maîtres dans l'art de sa fabrication à base de chiffons de diverses sortes, lin, chanvre, coton, etc. En Espagne, la première fabrique aurait été installée, vers 1150, à Xativa, dans la province de Valence. En Italie, son apparition remonte à la fin du xiii^e siècle, et, vers 1390, un moulin à papier fut installé en Allemagne, à Nuremberg.

En France, les premières fabriques furent créées vers le milieu du xiv^e siècle, dans les environs de Troyes et d'Essonnes ; en Angleterre, elles apparurent plus tard, sous le règne d'Élisabeth, en 1588.

Ce fut, surtout, l'invention de l'imprimerie, en 1436, qui donna un développement important à la consommation du papier.

Vers le milieu du xvii^e siècle, la France possédait, principalement dans la région d'Angoulême et du Périgord, environ quatre-vingts moulins à papier facilement alimentés en chiffons constituant la matière première ; mais la révocation de l'Édit de Nantes détruisit presque complètement ce centre remarquable pour l'époque.

Jusqu'alors, on utilisait des batteries de pilons pour écraser et séparer les fibres ; on les remplaça vers 1800, en Hollande, par des cylindres munis de lames tranchantes pour déchiqueter les chiffons, et de là nous vient la « pile hollandaise », si connue aujourd'hui ; elle a subi de nombreux perfectionnements, mais son principe est resté le même.

C'est en 1799 que fut construite la première machine à fabriquer le papier de grandes dimensions et pouvant le sécher directement. L'un de ces modèles fut installé en France en 1811, à Saint-Roch, près d'Anet.

A la même époque, Berthollet ayant mis en évidence l'action du chlore comme agent de blanchiment, on commença à s'en servir pour les fibres de chiffons.

Mais, vers 1840, étant donné la consommation sans cesse croissante, les quantités de chiffons disponibles devinrent insuffisantes et on dut envisager et entreprendre l'utilisation d'autres fibres, telles que celles de vieux cordages, de palmier, de varech, de paille et surtout de bois.

Les progrès se firent, ensuite, à une cadence accélérée lorsqu'on eut généralisé l'emploi des pâtes de bois : la pâte mécanique, qui n'est autre que du bois râpé, fut industrialisée par Voelter, vers 1867, et la pâte chimique au bisulfite par Mitscherlich, en 1874 ; la pâte à la soude par Mellier, Watt et Burgess, en 1875 ; la pâte au sulfate par Dahl, en 1878. Ce fut le début d'une ère exceptionnelle.

Les améliorations portèrent sur le raffinage des fibres, l'épuration, le blanchiment, la vitesse des machines à papier, etc. Enfin, la création de grosses unités industrielles permit d'abaisser considérablement le prix de revient et de donner au papier l'essor qu'il connaît de nos jours.

On trouva de nouveaux débouchés avec les papiers sulfurisés, paraffinés, couchés, papiers à cigarettes, papiers pour nitration, papiers photographiques, etc. ; la découverte et le développement du celluloïd, de la rayonne viscosse, des poudres sans fumée, des matières plastiques, des vernis cellulosiques à partir des fibres de bois vinrent encore accroître l'énorme débit des fabriques de cellulose.

Mais, si au début de l'emploi des fibres de bois la question de l'approvisionnement en matières premières venait au second plan, parce que les sources paraissaient alors inépuisables, les pays de l'Europe occidentale durent se rendre rapidement compte que leurs richesses forestières allaient être insuffisantes à suivre une telle progression.

On se tourna alors vers les pays scandinaves, plus riches en bois utilisables pour la pâte à papier, et, rapidement, la Suède, la Norvège et la Finlande devinrent de gros fournisseurs du marché européen.

De ce fait, au cours des quarante dernières années, on a pu constater en France une décentralisation des pape-teries. Au début, les chutes d'eau avaient attiré les fabri-cants (usine de Lancey), mais ensuite, étant donné la nécessité de se procurer la matière première au loin, ce furent surtout les régions pouvant constituer des centres de déchargement des pâtes et des bois étrangers qui firent sentir leur attraction (usines de Calais, de Grand-Que-villy, de Grand-Couronne, de Saint-Étienne-du-Rouvray, d'Alizay, de Nanterre, de Corbeil, et tout le long de la Seine).

Aujourd'hui, les grands producteurs de pâtes et de papiers sont :

1° **En Europe.** — a) Les pays scandinaves, dont les besoins sont faibles, et qui exportent la plus grande partie de leur production sous forme de pâtes ou de papier journal ;

b) Certains pays de l'Europe centrale, qui, tout en assurant leur grosse consommation, parviennent à exporter un excédent appréciable.

2° **En Amérique.** — Les États-Unis et le Canada, formant à eux deux un marché isolé qui se suffit à lui-même.

Actuellement, malgré les immenses ressources des forêts dans le monde, on commence à s'inquiéter pour

l'avenir des fabriques de cellulose, qui pourraient bien, dans un temps pas très lointain, être à court de bois, et, pour l'économiser, on emploie déjà davantage des matières de remplacement : paille, alfa, etc.

Nous sommes probablement à la veille d'une nouvelle évolution : alors que jusqu'en 1850, les chiffons constituaient la matière principale de la fabrication des papiers, et que le développement de la production fit ensuite une obligation de les remplacer par des pâtes de bois, demain ce sera une nécessité que de les compléter par l'utilisation à grande échelle de la cellulose des végétaux.

Dans cette nouvelle orientation, le rôle de la chimie, de l'agriculture et de la recherche deviendra de plus en plus important.

CHAPITRE I

la cellulose

*MATIÈRES PREMIÈRES
POUR L'OBTENTION DE LA CELLULOSE*

Les matières premières pouvant servir à la fabrication des pâtes à papier sont nombreuses et variées. En principe, tous les produits ou fibres végétales contenant de la cellulose peuvent être utilisés ; mais, du point de vue industriel, il y a lieu de tenir compte de la qualité des fibres obtenues, de l'abondance et de la possibilité d'approvisionnement, ainsi que du coût du traitement nécessaire à la désincrustation.

C'est ainsi que l'on peut, pratiquement, traiter les chiffons, l'alfa, la paille, le bambou, le lin, le chanvre, le coton, la ramie, le jute ; mais c'est le bois qui est, de beaucoup, actuellement la substance la plus employée.

I. — *CHIFFONS*

Autrefois les chiffons constituaient la source principale de cellulose et, jusqu'en 1850, la quantité ramassée en France était suffisante pour répondre à tous les besoins de notre papeterie, alors autonome.

Leur importance est devenue moindre depuis la découverte des pâtes de bois, et ils n'entrent plus aujourd'hui que pour 5 % à peine dans le total des pâtes à papier fabriquées, tandis que le bois intervient dans une proportion supérieure à 80 %.

On continue toujours à les utiliser, notamment pour les papiers fins et de luxe, parce qu'ils permettent d'obtenir des produits de qualité résistant aux atteintes du temps, alors que les papiers modernes jaunissent et s'altèrent plus rapidement, surtout lorsqu'ils renferment un certain pourcentage de pâte mécanique, leur durée étant, néanmoins, bien suffisante pour les impressions courantes de livres et de journaux.

Les chiffons demeurent donc une matière de choix ; leur seul inconvénient réside dans leur approvisionnement limité, et dans le prix de revient du papier, naturellement plus élevé que celui du papier préparé avec des fibres de bois.

Les espèces préférées sont à base de coton, de lin et de chanvre. On peut y comprendre, également, les débris de ficelles, vieux cordages, déchets d'atelier de confection d'articles en toile, etc.

Les chiffons arrivent aux papeteries déjà sommairement désinfectés et triés, de façon à permettre de choisir la qualité la plus apte au papier que l'on veut fabriquer.

On prend :

a) Les belles rognures neuves de chiffons, blanches, écruées ou couleurs à blanchir, ainsi que les beaux chiffons vieux de toile et coton classés par propreté I, II, III, IV, pour papiers d'*archives*, papiers *fiduciaires*, et beaux papiers en général, dont ceux destinés à la correspondance ;

b) Les chiffons très usés de coton tendre, classés spécialement, en blancs ou couleurs faciles à blanchir, et en propreté II, III, IV, pour les papiers *buvards*, papiers *filtres*, papiers *sulfurisés* ;

c) Les chiffons de pure toile de lin solide, ou chanvre de préférence, ainsi que les vieux cordages de chanvre, les déchets de filature et tissage lin et chanvre, pour les papiers à *cigarettes* ;

d) Les chiffons ordinaires de nuances foncées, dits

« vichys », et ceux de jute ordinaire, pour la fabrication des papiers *cartons feutres* et pour support de linoléums ;

e) Les chiffons de jute propres, les ficelles de chanvre et jute, pour papiers minces, papiers *mousseline*.

Humidité. — Dans les conditions ordinaires, l'humidité varie de 3 à 8 %. Voici, d'après Matthews, la quantité d'eau généralement retenue dans quelques fibres végétales à l'état sec à l'air et, en regard, les chiffres maximum :

FIBRE	ÉTAT SEC A L'AIR (%)	EAU MAXIMUM RETENUE (%)
Coton	6,5	21
Chanvre	4,2 à 5,7	14 à 24
Jute.....	6,0	23
Ramie	6,5	18

Préparation des chiffons.

Triage. — On pratique en papeterie un triage d'après :

- 1° La nature des fibres : lin, chanvre, coton, jute ;
- 2° La couleur : très blanc, gris, rouge, bleu, teintes mélangées, etc. ;
- 3° L'état de conservation et la propreté.

Délessage et coupage. — Après séparation avec une faux des ourlets, des boutons, des boucles et autres corps étrangers, ces chiffons passent dans une coupeuse généralement formée d'une cisaille ordinaire à guillotine mue par une bielle, où ils sont débités en petits morceaux ; parfois on se contente de les déchiqeter en les faisant passer entre des cylindres armés de dents.

Cette opération préliminaire est nécessaire pour réduire ensuite le travail aux piles de défilage et elle entraîne, généralement, une perte de 1 à 2 %.

Battage et blutage. — Pour séparer les poussières, déchets de fibres, etc., on envoie les chiffons dans un cylindre légèrement incliné, dont la paroi est constituée par un grillage avec des mailles d'environ 1 cm², et dans lequel tourne à 150-200 tr/mn un arbre pourvu de bras en hélice qui fait progresser les chiffons vers le bas tout en les battant contre le grillage. Extérieurement à celui-ci, les poussières sont recueillies dans une enceinte close et évacuées à l'aide d'un aspirateur, tandis que les impuretés plus grossières sont reçues dans un récipient collecteur.

L'importance du déchet varie suivant l'état d'usure des chiffons, et on compte comme perte totale au coupage, battage et blutage :

5 à 9 % pour les chiffons propres, blancs, fins et moyens ;

8 à 15 % pour les chiffons propres, blancs ordinaires ;

12 à 20 % pour les gros chiffons, ficelles, emballages, sacs de jute.

Les chiffons sont alors prêts à être transformés par lessivage, comme nous le verrons plus loin, en pâte à papier.

II. — PLANTES

a) **Alfa.** — Il est aujourd'hui employé sur une assez grande échelle, notamment en Angleterre, en France, en Italie, pour la fabrication de papiers à fibres douces et souples, d'une teinte crème, assez recherchés en raison de leur affinité pour l'encre, permettant de belles impressions.

C'est une plante de la famille des graminées qui croît dans l'Afrique du Nord (principalement sur les pentes de l'Atlas et les hauts plateaux, depuis Modagor au Maroc jusque près de Kairouan en Tunisie), et également en Espagne et en Tripolitaine.

L'Espagne en produit 100 000 t par an, et l'Angleterre, pour la fabrication de ses papiers de luxe, en consommait environ 300 000 t.

L'Algérie à elle seule pourrait fournir annuellement 400 000 t, sans crainte d'épuisement. Dans l'Oranie, la superficie d'alfa s'étend sur 400 km de longueur et 170 km de largeur d'un seul tenant. D'après certaines estimations, les peuplements d'alfa couvriraient en Afrique du Nord les étendues suivantes : 4 500 000 ha en Algérie, 1 200 000 ha en Tunisie et autant au Maroc.

Ce sont les feuilles qui constituent la partie utilisable de la plante. Pour le transport, on les met sous forme de balles pressées, cubiques, de 150 à 200 kg. Un mètre cube d'alfa pressé pèse environ 250 kg, et 100 kg d'alfa vert donnent 65 kg de sec après huit jours d'exposition à l'air.

Sa composition est approximativement la suivante :

Matières résineuses, gommeuses, graisses et hydrates de carbone..	28	à	30	%
Matières minérales	4,5	à	5,5	—
Eau	8,5	à	9,5	—
Cellulose	56	à	30	—

Caractéristiques : filaments courts et fins, longueur de 1 à 2 mm et diamètre de 0,008 à 0,015 mm ; surface lisse, extrémités plus ou moins arrondies, canal central linéaire.

Préparation de l'alfa. — Avant son utilisation en papeterie, on fait subir à l'alfa un nettoyage mécanique ayant pour but l'élimination des impuretés.

On effectue ce traitement dans des *dusters* essentiellement constitués par deux cônes s'emboîtant l'un dans l'autre et munis de dents qui s'entrecroisent. Le cône extérieur est fixe et muni, à sa partie inférieure, d'une grille par où s'échappent les impuretés détachées, tandis que le cône intérieur tourne à 200 tr/mn.

Pour faciliter cette opération, on procède parfois à un triage préliminaire à la main, de façon à séparer les herbes étrangères et les débris de racines.

Ce nettoyage et ce triage entraînent une perte d'environ 2 à 3 %.

Dans certaines usines, on broie les feuilles avant le lessivage, en faisant passer entre des cylindres cannelés.

b) **Pailles.** — Les plus employées sont les pailles de seigle, de blé, d'avoine et d'orge.

Les pailles de céréales possèdent une lignification caractéristique qui les différencie des lignocelluloses du jute et du bois.

Leur composition varie dans de larges limites suivant leur nature et les conditions de climat, de terrain et de culture. Voici leur analyse, d'après Müller :

%	SEIGLE d'hiver	BLÉ d'hiver	AVOINE	ORGE d'hiver
Eau	14,3	14,3	14,3	14,3
Cendres dont silice .	3,2	5,5	5,0	5,5
Matières grasses	1,3	1,5	2,0	1,4
Matières albumi- noïdes	1,5	2,0	2,5	2,0
Hydrates de carbone	27,7	28,7	36,2	28,4
Cellulose	52,0	48,0	40,0	48,4

Les cendres, en proportion plus élevée que dans le bois, sont principalement constituées par de la silice.

Préparation de la paille. — Pour la préparer au traitement chimique, la paille doit être fragmentée en petits morceaux d'environ 3 à 4 cm de long. Cette opération est effectuée mécaniquement à l'aide d'un hache-paille, généralement constitué par des lames-fixées sur un volant. La densité de la paille hachée est de l'ordre de 75 à 80 kg au mètre cube, et il faut une force relativement faible de 12 à 15 CV pour un débit de 3 000 kg/h.

La paille coupée est ensuite transportée pneumatiquement dans des réservoirs ou dans des cuves ; on utilise ce courant d'air pour séparer, par différence de densités, les poussières, les impuretés : sables, chardons, plantes à

tiges ligneuses, et les graines dont on récupère ainsi, notamment dans le cas du blé, environ 0,8 à 1,2 % du poids de la paille.

Parfois on élimine les nœuds, parce qu'en raison de leur dureté et de leur haute teneur en silice ils ont tendance à donner des incuits dans la pâte.

Cette paille ainsi préparée est prête pour être traitée par l'un des procédés que nous étudierons plus loin (chaux, soude, chlore).

c) **Bambou.** — Le bambou a déjà pris une certaine importance pour la fabrication sur place de papiers de qualité dans une grande partie de l'Extrême-Orient, notamment en Chine, au Japon, en Indochine et aux Indes.

Ses fibres présentent des analogies étroites avec celles des graminées, et leurs caractères microscopiques se rapprochent de ceux de la paille.

Müller a donné pour sa composition chimique (sur la plante séchée à l'air) :

Cellulose	50,1 %
Graisses et cires	0,8 -
Extractible à l'eau	10,6 -
Lignine et substances pectiques	24,9 -
Humidité	8,5 -
Cendres	5,1 -

En Indochine, on rencontre plus de cinquante espèces, alimentant une usine de pâte qui pourvoit à la consommation locale et qui pourrait même exporter ses produits. Mais le fret constitue un handicap sérieux, et la pâte de bambou ne peut venir en France que pour servir à la fabrication de qualités spéciales destinées aux belles impressions : simili-japon, etc., pour lesquelles elle convient remarquablement bien. On trouve quelques plantations de bambous en France, dans la Gironde, en Provence (cap Ferrat), et une plus importante, de plusieurs dizaines d'hectares, dans le Gard, à Prafrance, près d'Anduze.

Préparation du bambou. — Pour le préparer à la cuisson, on le débite en fragments et on sépare les nœuds. Pour son traitement, il y a lieu de tenir compte du grand nombre d'espèces existant dans un même pays, de la présence des nœuds qui, s'ils ne sont pas préalablement éliminés, augmentent la proportion d'incuits, et de l'âge : un à deux ans maximum ; s'il est trop vieux, il résiste davantage à la désagrégation par les réactifs chimiques.

d) **Lin et chanvre.** — 1° Le *lin* de la Nouvelle-Zélande (*Phormium tenax*) est le plus utilisé en papeterie. Il contient jusqu'à 85 % de cellulose.

Les fibres, analogues à celles du chanvre, sont fines, longues de 3 à 12 mm, avec un diamètre compris entre 0,08 et 0,02 mm ; parois d'épaisseur uniforme, et extrémités aiguës, coupe polygonale à angles vifs et canal relativement petit et arrondi. L'acide nitrique fumant les colore en rouge à la température ordinaire ; tandis que le lin devient rose à froid, puis jaune à chaud, le chanvre est jaune pâle à froid et à chaud, ce qui permet de les reconnaître dans un mélange.

On a parfois recours aux tiges du lin « Koudriache » qui ne peut être employé dans l'industrie textile à cause de sa mauvaise qualité. Ses tiges, peu homogènes, se composent de 10,1 à 27,9 % de lignine et matières pectiques, de 53,8 à 71,9 % de cellulose totale, dont 45,6 à 69,5 % de cellulose exempte de pentosanes, de 3,6 à 14,2 % de pentosanes et de 3,5 à 4,7 % de cendres.

2° Quant au *chanvre*, on le cultive sous presque toutes les latitudes. Celui de Manille, qui pousse aux Philippines, à fibres longues et résistantes, sert pour la fabrication des cordages, et ces mêmes cordages usés, ou leurs déchets, sont ensuite employés en papeterie, principalement pour donner de la solidité à certains papiers.

On se sert, également, de chanvre de Lombardie, de Russie, et aussi de Sologne, Sarthe, Anjou.

Les fibres, formées de cellules superposées, longues de 3 à 4 cm avec diamètre de 0,01 à 0,05 mm, présentent des stries longitudinales beaucoup plus accentuées que celles du lin et qui voilent le canal central.

En France, on a fondé récemment quelques espoirs sur la culture du chanvre monoïque (c'est-à-dire portant sur le même type fleurs mâles et fleurs femelles) d'origine allemande, ce qui rend la récolte plus homogène et facilite sa mécanisation.

La composition moyenne des fibres de chanvre est approximativement la suivante :

Cellulose	57,8 %
Humidité	8,9 -
Cires et graisses	0,6 -
Extractible à l'eau	3,5 -
Matières pectiques et intracellulaires	29,3 -
Cendres	0,8 -

e) **Jute.** — Cette plante croît aux Indes et elle est parfois appelée chanvre de l'Hindoustan. Elle nous arrive expédiée en balles de Calcutta.

Ses filaments sont longs, brillants, jaunes ou bruns ; leur diamètre varie ordinairement de 0,01 à 0,025 mm, avec canal central large et vide et parfois d'épaisseur irrégulière. L'iode et l'acide sulfurique les colorent en jaune intense, ce qui permet de les différencier du lin et du chanvre qui, dans les mêmes conditions, se colorent en bleu ou en bleu-vert.

Müller a indiqué pour sa composition :

Cellulose	63,8 %
Matières incrustantes	24,3 -
Humidité	9,9 -
Graisses et cires	0,4 -
Extractible à l'eau	1,0 -
Cendres (SiO ₂ ; CaO ; P ₂ O ₅ ; Mn ₃ O ₄)	0,7 -

Les fibres longues et résistantes permettent de faire des tissus et ce sont généralement les déchets de ces tissus ou les pieds de jute de qualité inférieure qui ont un débouché en papeterie.

III. — VIEUX PAPIERS

Étant donné que l'on a organisé, surtout dans certains pays, la récupération méthodique des vieux papiers, ceux-ci constituent une source de fibres qui n'est pas négligeable.

Si on veut les utiliser pour fabriquer du papier blanc, on fait un triage soigné en séparant les papiers colorés, ainsi que ceux contenant de la pâte mécanique, lesquels seront traités à part pour l'obtention de papiers communs.

On enlève l'encre et la colle à l'aide d'un lessivage préalable avec de la soude caustique (parfois en présence de tétraline comme agent de flottage). On lave, on blanchit au chlore et on mélange cette pâte avec des fibres neuves

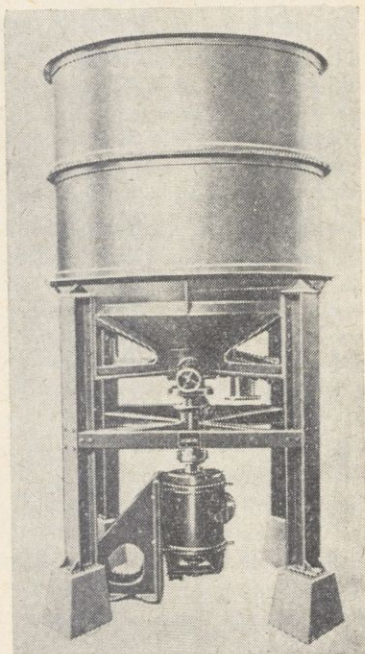


FIG. 1. — AQUAPULPER.

de bois ou de chiffons destinées à donner de la solidité.

Quant à la récupération des fibres de papiers ordinaires ou colorés, elle s'effectue, simplement, en triturant le papier légèrement humecté, au moyen de meules, ou, mieux, en le passant dans des défibreurs spéciaux qui ont l'avantage de ne pas trop affaiblir les fibres.

On utilise aussi maintenant, pour cette désintégration, des appareils appelés *aquapulpers* (fig. 1). Ils sont constitués par de grands récipients tronconiques à la partie inférieure desquels se trouve une hélice tournant à grande vitesse qui provoque dans le cuvier une propulsion extrêmement rapide et intense du liquide et une division des paquets de fibres.

Cette pâte, de qualité très ordinaire, pourra, ensuite, être incorporée comme matière de remplissage à bon marché dans la fabrication des cartons grossiers et de papier d'emballage « kraft » de seconde qualité.

IV. — BOIS

Aujourd'hui la grande majorité des papiers sont à base de pâtes de bois, mais toutes les variétés de bois ne peuvent pas être utilisées.

La diversité des bois est due, comme l'on sait, à la structure anatomique du tissu cellulaire et à la composition différente des éléments de la sève.

Suivant la compacité du tissu cellulaire, le poids spécifique du bois, le degré de sa résistance au travail mécanique, il faut distinguer les bois durs et les bois tendres. A ce point de vue, on peut les ranger dans l'ordre suivant :

<i>Très dur</i>	Teck, épine blanché.
<i>Dur</i>	Charme, érable.
<i>Assez dur</i>	Chêne, acacia, orme.
<i>Un peu dur</i>	Hêtre, châtaignier, noyer.
<i>Tendre</i>	Pin, sapin, mélèze, bouleau.
<i>Très tendre</i>	Peuplier, saule.

Seules les trois dernières espèces peuvent convenir pour la papeterie.

Constituants du bois.

Le bois est composé de matières organiques et de matières minérales ; il renferme en outre, un certain pourcentage d'humidité qu'il abandonne partiellement à l'air et plus complètement par chauffage à 100 °C.

Les constituants organiques, dont la composition élémentaire varie peu avec les différentes espèces de bois, sont formés d'une part, à l'intérieur des cellules, par des matières albuminoïdes et des matières hydrocarbonées, telles que sucres, amidons, graisses, et, d'autre part, par la cellulose avec ses matières incrustantes constituant les parois des cellules : lignine, matières pectiques ou mucilagineuses, matières cireuses, grasses, et matières colorantes et tannantes.

Malgré la variété de ces éléments, les bois n'offrent dans leur composition élémentaire que peu de différences, probablement par suite du pourcentage de cellulose dont la composition est bien définie et qui tempère les écarts pouvant provenir des matières incrustantes. On peut admettre, comme moyenne approximative, les chiffres suivants, qu'il s'agisse de bois à feuillages larges ou de bois à feuilles aciculaires :

<u>%</u>	<u>CARBONE</u>	<u>HYDROGÈNE</u>	<u>OXYGÈNE</u>	<u>AZOTE</u>
Moyenne .	49,8	6,2	43,9	0,7

Indiquons que les *lignocelluloses* sont associées à des matières pectiques ou mucilagineuses, ainsi qu'à des hydrates de carbone (-osanes), hexosanes, pentosanes, qui sont désignés ensemble sous l'appellation d'*hémicelluloses*.

- Saint Alary (R.). *Le droit aérien*. n° 299
 Sainte Lorette (L. de). *L'idée d'union fédérale européenne*. n° 298
 Sanné Ch. . *La recherche scientifique du criminel*. n° 297
 Sarano (J.). *La Culpabilité*. n° 324
 Sartiaux (F.). *La Civilisation*. n° 209
 *Scelle (Georges). *Le Droit ouvrier (Tableau de la Législation actuelle)*. n° 21
 Sée (Henri). *La France économique et sociale au XVIII^e siècle*. n° 64
 — *Les Origines du Capitalisme moderne*. n° 79
 Sée (Edmond). *Le Théâtre français contemporain*. n° 106
 Sève (Pierre). *Les Courants alternatifs*. n° 57
 Sézary (D^r A.). *Les maladies vénériennes*. n° 272
 Siegfried (A.). *La Crise Britannique au XX^e siècle*. n° 142
 Simon. (P.H.) *Histoire de la Littérature française au XX^e siècle*. n^{os} 314-314
 Sion. *La France méditerranéenne*. n° 164
 Solus (H.). *Les Principes du Droit civil*. n° 160
 Sorre (Max). *Les Pyrénées*. n° 15
 Spenlé (J.-E.). *La Pensée allemande de Luther à Nietzsche*. n° 171
 *Stroh (H.). *Mines et Torpilles*. n° 40
 Termier (H. et G.). *Initiation à la paléontologie (2 vol.)* n^{os} 273 et 274
 *Thévenet (G^{al}). *La Grande Guerre (1914-1918)*. n° 36
 Thibaud (J.). *Les Rayons X*. n° 120
 *Tibal (A.). *La Tchécoslovaquie. Étude économique*. n° 183
 Tonnelat (L.). *Histoire de la Langue allemande*. n° 92
 Tresse (A.). *Éléments de Géométrie analytique*. n° 44
 *Trotabas (L.). *Constitution et Gouvernement de la France*. n° 135
 — *Les Finances publiques et les Impôts de la France*. n° 197
 Van Gelder (Enno). *Histoire des Pays-Bas*. n° 188
 Van Kalken (F.). *La Belgique contemporaine*. n° 128
 Van Tieghem (P.). *La Littérature comparée*. n° 144
 *Vaysonde Pradenne (A.). *La Préhistoire*. n° 210
 *Vayssière (P.). *Principes de Zoologie agricole*. n° 223
 Vendryès (P.). *Déterminisme et automie*. n° 315
 *Verne (D^r H.). *Couleurs et Pigments des Êtres vivants*. n° 123
 *Vérola (P.). *Chimie et Fabrication des Explosifs*. n° 16
 — *La Combustion et les Combustibles*. n° 231
 Verrier (M.-L.). *Biologie de la Vision*. n° 239
 — *Biologie des éphémères*. n° 306
 Verriest (G.). *Les nombres et les espaces*. n° 269
 Vignaux (P.). *La Philosophie au Moyen Age*. n° 323
 Villiers (A.). *La Psychologie de l'Art dramatique*. n° 270
 Vogel (Th.). *Physique mathématique classique*. n° 308
 Wahl (J.). *Les Philosophies de l'Existence*. n° 289
 Wallon (D^r H.). *Principes de Psychologie appliquée*. n° 127
 — *L'Évolution psychologique de l'Enfant*. n° 232
 Waltz (P.). *Le Monde égéen avant les Grecs*. n° 172
 Weil (R.). *La Phénicie et l'Asie occidentale*. n° 221
 Weiss (P.) et Foëx (G.). *Le Magnétisme*. n° 71
 Zeller (G.). *La France et l'Allemagne depuis dix siècles*. n° 151



Participant d'une démarche de transmission de fictions ou de savoirs rendus difficiles d'accès par le temps, cette édition numérique redonne vie à une œuvre existant jusqu'alors uniquement sur un support imprimé, conformément à la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012 relative à l'exploitation des Livres Indisponibles du XX^e siècle.

Cette édition numérique a été réalisée à partir d'un support physique parfois ancien conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal. Elle peut donc reproduire, au-delà du texte lui-même, des éléments propres à l'exemplaire qui a servi à la numérisation.

Cette édition numérique a été fabriquée par la société FeniXX au format PDF.

La couverture reproduit celle du livre original conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal.

*

La société FeniXX diffuse cette édition numérique en accord avec l'éditeur du livre original, qui dispose d'une licence exclusive confiée par la Sofia – Société Française des Intérêts des Auteurs de l'Écrit – dans le cadre de la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012.

Avec le soutien du

