

97
1398
PRÉCIS HISTORIQUE, DESCRIPTIF, ANALYTIQUE

ET PHOTOMICROGRAPHIQUE

DES

VÉGÉTAUX

Propres à la Fabrication de la

CELLULOSE ET DU PAPIER

PAR

MM. LÉON ROSTAING, MARCEL ROSTAING
et FLEURY PERCIE DU SERT

DEUXIÈME ÉDITION

avec 50 Planches en Photocollographie

PRIX : 6 FRANCS

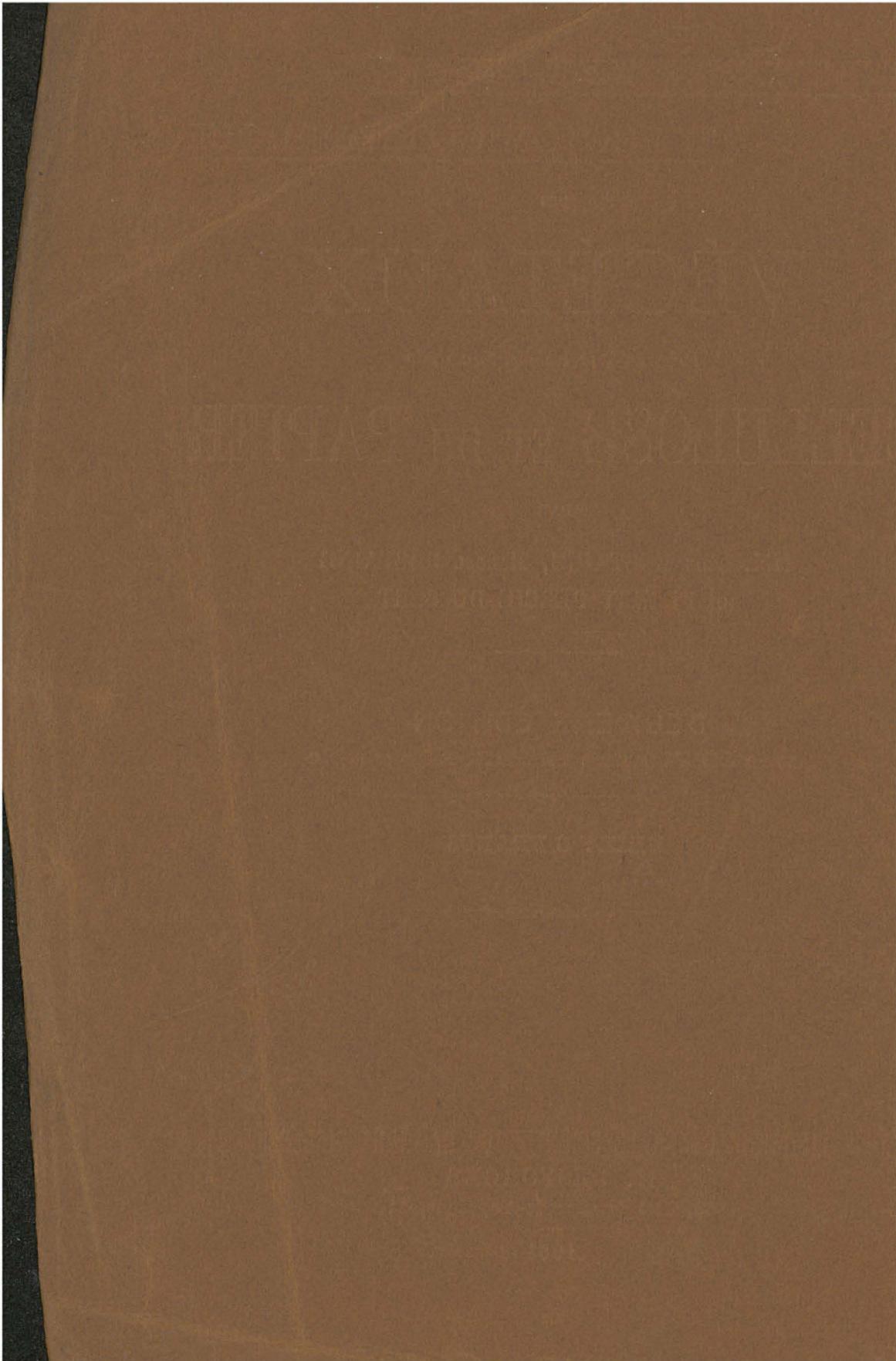
PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

H. DESFORGES

41, Quai des Grands-Augustins, 41

1904



Vitr - 14 Ray 6



VÉGÉTAUX

PROPRES A LA

FABRICATION DE LA CELLULOSE

ET DU PAPIER

Bmic 27

LIBRARY
UNIVERSITY OF LILLE
1911

N^o Bib 385546 / -100890



PRÉCIS HISTORIQUE, DESCRIPTIF, ANALYTIQUE

ET PHOTOMICROGRAPHIQUE

DES

VÉGÉTAUX

Propres à la Fabrication de la

CELLULOSE ET DU PAPIER

PAR

MM. LÉON ROSTAING, MARCEL ROSTAING
et FLEURY PERCIE DU SERT

DEUXIÈME ÉDITION

avec **50 Planches en Photocollographie**

PRIX : 6 FRANCS

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE
H. DESFORGES

41, Quai des Grands-Augustins, 41

1904

INTRODUCTION

L'industrie des pâtes à papier et de la cellulose a pris, dans ces dernières années, un tel développement qu'il nous a paru intéressant de rappeler les recherches et les principales expériences qui ont été faites depuis près de deux siècles pour remplacer le chiffon dans la composition du papier.

La conclusion à tirer de cet examen rétrospectif est que la France s'est laissée peu à peu distancer, et se trouve aujourd'hui dans un état de dépendance notoire, puisqu'il résulte de la statistique des Douanes que les fabricants étrangers ont vendu à la consommation française, en 1898, *cent trente-neuf mille tonnes de pâtes à papier* !

Cette prodigieuse quantité accuse une progression considérable sur les résultats des années précédentes qui s'élevaient déjà en moyenne à cent vingt mille tonnes environ.

C'est là un symptôme alarmant, un danger manifeste que l'industrie papetière doit écarter au plus, tôt.

Dans ce but, nous acceptons de satisfaire au désir qui nous a été souvent exprimé par des personnes qui souhaitent ardemment voir la France affranchie de cette dépendance, et livrons à la publicité un résumé succinct des études et des expériences pratiques que nous avons entreprises et poursuivies depuis plusieurs années.

Pour corroborer plus complètement les observations qui ont servi pour prouver les propositions exposées, il a paru nécessaire d'entrer dans quelques développements sur la nature des végétaux, d'en faire la description, l'analyse, d'indiquer le genre de culture, le climat et la nature du sol qui favorisent leur développement, de donner enfin le moyen de reconnaître par l'examen microscopique les caractères particuliers qui les distinguent et la qualité des fibres qu'ils produisent.

Ces observations intéressent non seulement les agriculteurs qui cultivent

les divers végétaux dont on extrait la cellulose et les industriels qui la préparent ou l'emploient, mais encore les services administratifs, les marchands en gros, les éditeurs et imprimeurs, les bibliophiles, comme aussi les magistrats enquêteurs lorsque la date et la composition d'un papier sont de nature à faciliter leurs investigations, en un mot toutes les personnes qui font un usage habituel du papier et sont souvent dans l'embarras lorsqu'il faut se prononcer sur la qualité des produits qui leur sont présentés.

En vertu de l'article 31 du Cahier des charges de l'adjudication publique de la *fourniture des papiers nécessaires au service de l'Imprimerie Nationale*, à laquelle il a été procédé le 25 juillet 1898, tous les papiers sont analysés sur échantillons prélevés par le service du Laboratoire de contrôle et d'essais institué par cette administration, mais pour son usage exclusif.

Les Allemands sont mieux partagés sous ce rapport.

Depuis 1883, on a annexé au Bureau royal mécanico-technique d'analyse de Charlottenbourg un laboratoire où tout intéressé peut faire procéder officiellement à l'analyse complète des papiers destinés soit aux administrations, soit à l'usage des commerçants.

Quelques fabricants français, après avoir constaté, à la suite d'essais plusieurs fois renouvelés, le bon fonctionnement de ce bureau, ont demandé au Gouvernement, par l'organe des Chambres de Commerce d'Annonay et de Grenoble, d'établir en France une institution analogue. Leurs démarches sont demeurées malheureusement infructueuses. La Chambre de Commerce de Paris a consenti, il est vrai, à joindre, depuis quatre ans, à son laboratoire une annexe pour l'analyse des papiers, qui est sans doute à la disposition du public, mais ne peut cependant pas répondre à tous les besoins de l'industrie française.

En effet, les relations d'intérêt entre manufacturiers et commerçants s'étendent et se multiplient à l'infini. La plupart du temps, elles comportent des solutions si rapides qu'elles sont généralement incompatibles avec les lenteurs qu'entraînent les recherches minutieuses des laboratoires, d'où l'absolue nécessité de recourir à des méthodes simples et expéditives.

Des appareils, fort ingénieux et peu compliqués, permettent de contrôler avec célérité la résistance longitudinale, transversale, et au froissage, du papier, de constater la quantité de cendres qu'il laisse à l'incinération, mais généralement l'examen microscopique n'est pas en faveur, bien qu'il soit de la plus grande importance pour toute personne qui fabrique, achète, vend ou emploie le papier, de pouvoir analyser avec exactitude la composition du produit qu'elle a entre les mains.

La concurrence est poussée à un tel excès, qu'elle arrête les progrès du perfectionnement. Pour la soutenir, les fabricants sont obligés de diminuer les prix et, par une suite toute naturelle, d'abaisser la qualité de leurs marchandises. Ce qu'elles ont d'imparfait, de défectueux, habilement dissimulé

sous les apparences trompeuses d'un apprêt exagéré, n'est aperçu que plus tard par les consommateurs qui s'étonnent de voir tomber en loques des livres, des documents précieux qu'ils auraient eu grand intérêt à conserver intacts.

Le but principal de cette étude est de présenter un moyen pratique d'éviter ces graves inconvénients, en mettant à la portée de tout le monde un procédé facile et peu coûteux permettant, à l'aide d'un bon microscope et d'une simple préparation, de constater avec exactitude la composition des pâtes et des papiers.

Les épreuves photomicrographiques, qui donnent à cet ouvrage sa forme distinctive, ont été obtenues au moyen d'instruments de précision, réglés mathématiquement au même point pour tous les clichés et avec le même grossissement au microscope, ce qui les rend exactement comparables entre elles. On a choisi de préférence, à la suite de nombreux essais, les épreuves qui mettent le plus nettement en relief les caractéristiques qui distinguent les plantes les unes des autres, caractéristiques qui sont signalées dans une note spéciale consacrée à la description de chaque sujet analysé.

L'observateur qui se propose de rechercher la composition d'une pâte ou d'un papier quelconque, a ainsi sous les yeux toute une série de reproductions qui constituent autant de types, et il lui suffit de recourir à la planche L, pour connaître les nuances de coloration sous lesquelles les différentes fibres apparaissent à l'examen du microscope, suivant la préparation à laquelle elles ont été préalablement soumises.

Grâce à ces deux termes de comparaison, et pour peu qu'on ait l'habitude de se servir d'un microscope, il suffit de se reporter à ces types pour trouver la structure des fibres et les caractéristiques qu'on vient d'observer dans l'instrument et en déterminer aussitôt la nature avec certitude.

Plusieurs planches reproduisent les compositions de pâte les plus usitées à diverses époques depuis le commencement du quinzième siècle. L'état parfait de conservation dans lequel sont encore les ouvrages anciens qui ont fourni ces types, justifie la préférence qui a été donnée de tout temps en Europe à l'emploi du chanvre pour la fabrication des sortes de bonne qualité.

Enfin, les deux dernières planches sont le résultat d'un mode d'observation nouveau. Elles donnent la reproduction de parcelles de feuilles de papier qui ont été soumises à l'examen microscopique à l'état normal, c'est à dire sans avoir été préalablement lavées à l'ébullition, ou désagrégées sur le verre porte-objet. Cette manière d'opérer, qui exige une connaissance plus approfondie du maniement du microscope, et le secours d'un foyer lumineux très énergique, a l'avantage de conserver au papier sa contexture, ce qui permet de reconnaître d'après l'enchevêtrement des fibres, si le papier a été fabriqué à la machine continue ou à la forme.

Le siècle qui disparaît a vu le fer substitué au bois, et le bois transformé en papier.

Sous cet aspect nouveau, le bois a puissamment contribué à la diffusion de l'imprimerie par une infinie variété de publications périodiques et autres, à très bas prix, dont le principal mérite réside d'ordinaire dans l'actualité, si bien que leur destruction ne cause pas de grands regrets.

Mais il en va tout autrement en ce qui concerne le nombre incalculable de documents de toute sorte, dont la conservation intéresse l'Etat et les particuliers. Archives publiques et privées, livres utiles et instructifs, gravures et illustrations dues au burin élégant et délicat d'artistes éminents, *le règne du bois*, ou plutôt l'emploi abusif qu'on fait de cette matière première, les condamne pour la plupart à de prochaines et irréparables dégradations. Et pendant que l'accroissement de l'importation de cette matière première accuse un état d'infériorité des plus inquiétants, *la crise du Livre* s'accroît au détriment de nos éditeurs, de nos imprimeurs, de tous ces grands Artistes français dont la renommée s'étend dans le monde entier.

Avant la Révolution, les règlements relatifs à la fabrication du papier offraient au consommateur des garanties qui opposaient des obstacles presque insurmontables à la substitution d'une qualité à la place d'une autre. Ils étaient inspirés par l'ardent désir qu'avait le Gouvernement de favoriser l'essor du commerce français à l'étranger.

C'est ainsi que l'arrêt du Conseil d'Etat du Roi, en date du 27 janvier 1739, prescrivait à tout Maître Fabricant l'emploi de divers filigranes dans la pâte :

1° Sur le milieu d'un des côtés de chaque feuille de papier, la marque ordinaire pour désigner chaque sorte : jésus, soleil, raisin, cloche, etc.

2° Sur le milieu de l'autre côté de la feuille, le nom et surnom du fabricant, avec la désignation de la qualité du papier : fin, moyen, bulle, etc.

3° Le nom de la Province.

4° La marque de l'année de la fabrication ; mais cette dernière exigence avait été abandonnée parce qu'on reconnut qu'il était trop difficile de faire ce changement dans les *formes* toutes les années.

On a songé à remettre en vigueur ces prescriptions d'autrefois. Une proposition législative a été présentée récemment dans ce sens par MM. C. Chauvière, Marcel Sembat, Coutant, Stanislas Ferrand, Dejeante, Walter et Edouard Vaillant, députés. D'après l'exposé des motifs, elle a pour objet « de garantir de la destruction des œuvres littéraires et nos archives, et de sauvegarder l'industrie du papier. »

L'article 2 de ce projet de loi est ainsi conçu : « *tous* papiers ne pourront être mis en vente s'ils ne sont *contrôlés*, et si préalablement ils ne portent dans la pâte même l'indication de leur *composition* et de leur *lieu d'origine*. »

Voilà certes, un rapprochement bien inattendu ! Faut-il que le mal

soit grand pour qu'un groupe de députés socialistes n'hésite pas à faire appel à la législation de l'ancien régime pour y porter remède !

Les industriels soucieux de faire progresser leurs établissements sont unanimes à souhaiter que l'institution de Laboratoires d'essais, dont la Chambre de Commerce de Paris a pris l'initiative, reçoive, au plus tôt, le plus grand développement possible, mais ils estiment que le contrôle à exercer ne saurait être obligatoire, et que tout principe de réglementation absolue doit être écarté.

La coutume de recourir à ce contrôle se généralisera tout naturellement lorsque l'Etat et les particuliers auront fait prévaloir l'usage de l'imposer dans les cahiers des charges et les contrats.

Quand à la garantie qu'offre l'empreinte de la marque de fabrique dans le papier, elle n'a d'intérêt que pour les sortes de qualité supérieure, et c'est au fabricant qu'appartient le soin de faire apprécier sa marque en la respectant, et la faisant respecter.

Agir autrement serait apporter aux transactions, si multiples aujourd'hui, d'inutiles et dangereuses entraves, dont il est aisé de s'affranchir dans le mouvement journalier des achats et des ventes, à l'aide des données scientifiques exposées dans cet ouvrage.

Annonay (Ardèche) le 31 décembre 1899.

LÉON ROSTAING, Administrateur, ancien Directeur de la Société des Papeteries de Vidalon, membre correspondant de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon.

MARCEL ROSTAING, ancien élève de l'École des Hautes-Études Industrielles de Lille.

FLEURY PERCIE DU SERT, architecte-paysagiste à Annonay, ancien élève diplômé de l'École d'Horticulture de Gand.



1113

PREMIERE PARTIE

RECHERCHES ET EXPERIENCES



PREMIÈRE PARTIE

EXPOSÉ HISTORIQUE

DES

RECHERCHES ET EXPÉRIENCES

faites à diverses époques

pour remplacer le chiffon dans la

Fabrication du Papier

PARLEMENT NAUVEAU

EXPOSÉ HISTORIQUE DES RECHERCHES & EXPÉRIENCES

PAR M. DE LAUNAY

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET DE L'INSTITUT NATIONAL DE MÉDECINE

CHAPITRE PREMIER

Le premier objet de ce travail est de faire connaître l'état de la science au commencement de ce siècle. On verra que les recherches ont été faites dans une direction qui n'a pas été la même que celle que nous suivons aujourd'hui. Les expériences ont été faites sur des animaux, et les résultats ont été rapportés à l'homme. On a vu que les animaux ont une sensibilité qui est différente de celle de l'homme, et que les résultats obtenus sur eux ne peuvent pas être appliqués à l'homme. On a vu que les animaux ont une sensibilité qui est différente de celle de l'homme, et que les résultats obtenus sur eux ne peuvent pas être appliqués à l'homme.

PREMIÈRE PARTIE

EXPOSÉ HISTORIQUE DES RECHERCHES & EXPÉRIENCES

faites à diverses époques

pour remplacer le chiffon dans la fabrication du papier

D'après un Mémoire du R. P. D. Bernard de Montfaucon¹, c'est au neuvième siècle que le papier de coton remplaça en Orient les feuilles de papyrus. Ce procédé, introduit en Europe par les Croisés dans le courant du douzième siècle, fut bientôt en usage un peu partout, mais modifié en ce sens que les papiers étaient à peu près exclusivement composés de chanvre et de lin. Les expériences faites, depuis lors et jusqu'au commencement du dix-huitième siècle, avaient pour but de développer l'industrie des étoffes. Olivier de Serres constatait que l'ortie « rend une exquise matière dont sont faites des belles et déliées toiles », et l'illustre agronome Parmentier² rappelle que c'est également à Olivier de Serres que revient le mérite d'avoir le premier commencé des expériences en grand, d'après les ordres d'Henri IV, dans le jardin des Tuileries sur « la manière de filer l'écorce du murier blanc ».

On trouve, en effet, à la page 463 du *Theatre d'Agriculture et Mesnage des Champs* d'Olivier de Serres, Seigneur du Pradel, imprimé en 1600 à Paris, cette intéressante indication: « Je dirai à la louange

¹ *Mémoires de l'Académie Royale des Inscriptions et Belles-Lettres*, tome VI, pages 605 et suivantes.

² *Mémoire sur les avantages que la province de Languedoc peut retirer de ses grains, etc.* Paris 1789.

du meurier blanc, que l'écorce de tendres vergetons coupée en sève sert à faire des cordages (ainsi qu'on fait à Louvre en Paris de celle de filet) voire de grandes toiles, estans les escorces naisées et accommodées comme le chanvre ».

Ces divers emplois de l'écorce du murier, actuellement encore fort répandus en Chine et au Japon, n'avaient pas pris en Europe un développement assez appréciable pour procurer aux manufactures de papier une quantité notable de matières premières et, dans le courant du dix-huitième siècle, la consommation tendant sans cesse à augmenter, des travaux furent entrepris de divers côtés, pour chercher à remplacer le chiffon qui devenait rare et dont le prix était très élevé.

Les premiers essais paraissent dus à deux naturalistes, l'un Français, Guetard, membre de l'Académie Royale des sciences, l'autre né à Leipzig, Gledisch qui, vers 1750, avaient tenté, avec quelque succès, de convertir en papier d'emballage la paille qui offre de l'analogie avec le chanvre et le lin, étant formée, comme eux, de tiges longues, flexibles et fibreuses.

Guetard¹ surtout avait fait, depuis longtemps, de nombreuses tentatives pour remplacer le chiffon « en prenant des plantes qui n'auraient point passé par l'état de toile et de drapeaux, dans lesquelles il sentit qu'on devait trouver le papier, quoique plus difficile à en extraire ».

Dans les moulins à papier des environs d'Etampes, son pays natal, il avait eu à sa disposition le matériel nécessaire pour expérimenter les essences les plus variées : palmier, sparte, cocotier, bananier, musa, aloès, yucca, bambou, bouleau, murier, orties, mauves, algues, varecs, conferva, étoupe, filasse, etc.² pendant que, de son côté, le célèbre de Reaumur, dont l'attention avait été attirée sur l'étude de ce problème, émettait l'avis que les bois qui se pourrissent pouvaient, tout aussi bien que le chanvre, être employés à former du papier.

La question parut, dès lors, intéresser sérieusement les savants. En 1765, J. C. Scheffer³ de Ratisbonne, avait publié un livre contenant

¹ *Description des Arts et Métiers*, tome IV, pages 534 et suivantes. Neuchâtel 1776.
— *Art de faire le Papier*, par M. DE LA LANDE, 1763, page 107.

² *Journal Economique*. Juillet-août 1751.

³ *Essais de fabrication du Papier sans chiffons, ou avec mélange de ceux-ci*, accompagnés d'échantillons.



des papiers de paille et d'autres manufacturés à l'aide de diverses substances. Imitant cet exemple, Leorier Delisle¹ faisait paraître, en 1786, un petit ouvrage entièrement imprimé sur papier de guimauve, et réunissait à la fin du volume une vingtaine de feuilles du même format, avec l'indication imprimée sur chacune d'elles de l'essence dont elle était composée: ortie, houblon, mousse, roseaux, conferva, chien-dent, fusain, coudrier, orme, tilleul, écorces d'ozier, de marsaut, de saule, de peuplier, de chêne, bardanne et chardon.

Dans l'épître dédicatoire de cet ouvrage au marquis du Crest, garde des sceaux, Leorier Delisle, après avoir rappelé ses efforts et ses longs travaux dans l'étude de l'art de la Papeterie, ajoutait: « J'ai soumis à la fabrication du papier, toutes les plantes, les écorces et les végétaux les plus communs. Les échantillons qui sont à la fin de ce volume ne sont que des extraits de mes expériences. J'ai voulu prouver qu'on pouvait substituer aux matières ordinaires du papier, qui deviennent chaque jour plus rares, d'autres matières les plus inutiles ».

Ces recherches avaient à ce moment là, pour la France, d'autant plus d'intérêt et d'actualité que, depuis plus de cent ans, le Roi, par de nombreux arrêts du Conseil d'Etat, notamment ceux du 11 juillet 1671 et 27 janvier 1739, le Conseil et Bureau du Commerce, les Chambres de Commerce, mettaient tout en œuvre pour assurer le développement des manufactures de papier, et favoriser la vente de leurs produits aux Colonies et à l'étranger.

Des membres éminents de l'Académie Royale des sciences, tels que de la Lande, Desmarest, Duhamel, avaient reçu la mission officielle d'aller étudier dans les manufactures étrangères les progrès accomplis et, à leur retour, s'étaient rendus dans plusieurs papeteries françaises pour introduire les perfectionnements dont ils avaient constaté l'utilité pratique, et en assurer l'application au besoin à l'aide d'importantes subventions.

Mais bientôt la Révolution éclata, supprimant, sans transition aucune, l'ancienne organisation nationale des manufactures et du travail.

A cette période si profondément troublée, succéda l'Empire avec les guerres incessantes et le blocus continental qui en fut la

¹ *Œuvres du marquis de Villette*. Londres 1786.

conséquence, au grand détriment du commerce et de l'industrie. La production avait diminué à tel point qu'il n'était plus urgent de suppléer à l'insuffisance des chiffons.

Cependant, Mathias Koops¹, dans un brevet pris en Angleterre le 17 février 1801, avait exposé un procédé de fabrication du papier « avec de la paille, les déchets de chanvre et de lin, différentes sortes de bois et d'écorce, en les trempant ou les faisant bouillir dans l'eau, à laquelle on ajoute, en certains cas, de la potasse ou des cristaux de soude. »

Seguin², collaborateur de Lavoisier, qui, la même année, avait pris de son côté un brevet offrant quelque analogie avec celui de Koops, publia ensuite en 1819, un procédé permettant de fabriquer du papier de paille et d'obtenir, au besoin, un certain degré de blancheur en baignant la pâte dans l'acide muriatique, et la lavant ensuite avec de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Ce fut pendant la durée de cette longue crise qu'on parvint fort heureusement à généraliser pour la trituration des pâtes, l'emploi des cylindres Hollandais³ qui avaient été introduits en France vers le milieu du dix-huitième siècle, et à construire des machines assez parfaites pour fabriquer le papier continu, et le sécher directement.

Cette grande transformation offrait l'avantage de faciliter l'emploi des chiffons de toutes sortes, y compris les plus communes, mais ces puissants appareils permettaient aussi d'augmenter considérablement la production du papier et, pour répondre aux besoins sans cesse croissants de la consommation, il devint bientôt indispensable de se préoccuper de nouveau de l'insuffisance des matières premières.

Mérimée, peintre et chimiste, membre de l'Institut, inventeur du papier appelé parchemin artificiel, avait essayé une foule de procédés nouveaux pour la fabrication du papier. Mais il paraît que les résultats de ses études sur le traitement des pâtes de bois n'avaient pas été heureux car, chargé en 1831, par la Société d'En-

¹ *Traité de la fabrication du Papier*, par KARL HOFMANN. Paris, Everling 1877, pages 378 et suivantes. — *Rapport à l'Exposition internationale de Londres*, par AIMÉ GIRARD, page 15. 1872.

² LOUIS PIETTE. *Journal des Fabricants de Papier*. Mai 1857, page 139.

³ DESMAREST. *Mémoires sur la Papeterie*. 1776 et 1778. — *Mémoire sur les Pape-teries d'Annonay et les améliorations dont elles sont susceptibles*. 1779.

couragement pour l'Industrie Nationale, de rendre compte d'un procédé de fabrication du papier de bois présenté par M. Rosay, membre de l'Université d'Orbais, il faisait remarquer que l'auteur n'est pas le premier qui ait eut l'idée de substituer le bois aux chiffons, et n'hésitait pas à faire dans son rapport cette assertion peu encourageante : « De toutes les matières employées à la fabrication du papier, autres que le chiffon, il n'y en a pas de plus mauvaise que le bois¹. »

Louis Piette, qui était en relations avec Mérimée et avait suivi ses travaux avec un vif intérêt, ne partagea pas ce pessimisme. Résolu de consacrer sa haute intelligence à l'industrie du papier, il avait fait paraître, dès 1836 dans une publication allemande, les lignes suivantes qui sont, pour ainsi dire, l'exposé des travaux auxquels il s'est livré jusqu'à la fin de sa vie : « La fabrication du papier ayant pris une grande extension, et la civilisation tendant journellement à augmenter l'emploi de cet agent du progrès et des lumières, je crois le moment arrivé où il est de toute nécessité, en présence de la rareté croissante du chiffon, de songer sérieusement au moyen de venir à son secours. »

Après une longue et laborieuse période consacrée à de nombreux essais, il avait fondé en 1855 le *Journal des Fabricants de Papier*, dans lequel il publiait, tout d'abord, une série d'articles accompagnés de la description des procédés qu'il avait employés. Il fit ainsi connaître les résultats de ses recherches pour obtenir du papier fabriqué avec le bois, la paille et les matières les plus variées : cuirs de toute espèce, racines de chiendent, joncs des marais déjà employés à cette époque par les Américains dans la composition des papiers blancs, feuilles et tiges de fougères, palmier nain, diss d'Algérie. Il avait expérimenté plus de trois cents végétaux².

Louis Piette n'était pas exclusif dans ses idées. Il accueillait avec empressement dans son journal toutes les communications sérieuses qui lui étaient adressées, et avait le talent de les compléter en donnant, avec beaucoup d'opportunité, la traduction des articles les plus saillants publiés à l'étranger sur l'industrie papetière. Que de

¹ *Journal des Fabricants de Papier*. Avril 1857, page 117.

² *Journal des Fabricants de Papier*. Janvier 1864, page 12.

personnes ont agi par son impulsion ! Aussi la collection du *Journal des Fabricants de Papier* forme-t-elle un recueil intéressant et instructif qu'on peut encore consulter aujourd'hui avec la certitude d'y trouver bien des renseignements utiles.

Dans le courant de 1854, grâce à l'initiative de M. Amédée Rieder, la Société Industrielle de Mulhouse proposait les deux prix suivants : 1^o pour l'introduction en France d'une matière filamenteuse, à l'état de mi-pâte, pouvant servir à la fabrication du papier, une médaille d'or de cinq cents francs ; 2^o pour le meilleur Mémoire traitant de l'industrie du papier, et des moyens propres à remédier à son état précaire actuel, une médaille d'or de cinq cents francs.

Les rapports faits au sujet de ce concours ayant constaté que les concurrents qui s'étaient présentés avaient peu satisfait aux conditions du programme, la Société Industrielle résolut de le modifier dans sa séance du 29 mai 1861, en offrant une médaille d'or et une somme de quatre mille francs à la condition que la matière filamenteuse soumise donnerait un produit aussi bon que le papier fait avec du chiffon pur tout en revenant à un prix moins élevé.

Elle spécifiait, en outre, que les candidats seraient tenus de justifier que la matière traitée par eux existait en assez grande quantité pour permettre de fournir au vingtième des papeteries de France, environ 300,000 kilos par an, qu'elle avait été employée déjà pendant six mois au moins dans deux papeteries de France, et qu'enfin on était en mesure de livrer régulièrement au commerce un minimum de 30,000 kilos par mois.

Ces conditions, renouvelées par la Société dans son assemblée générale du 25 mai 1864, étaient fort sages, car s'il est vrai qu'on peut transformer la plupart des végétaux en pâte à papier, il ne faut pas perdre de vue que, dans la pratique, l'industrie papetière ne peut jamais consentir à accepter un changement de fabrication aussi radical, s'il n'est pas rigoureusement démontré que les matières premières offertes proviennent de végétaux dont la récolte se fait d'une façon très régulière, à des époques fixes, par quantités abondantes sur une superficie déterminée et sous un climat favorable ; qu'ils sont faciles enfin à transporter et à réunir en approvisionnement. De là, des difficultés presque insurmontables dues à ce que cette innovation, bien qu'elle ait été reçue avec applaudissement, était trop récente et ne paraissait pas justifier encore l'appel des capitaux nécessaires pour assurer les

approvisionnement prévus. Comprenant que, dans ces conditions, les concurrents ne pouvaient pas satisfaire à toutes les exigences du programme, la Société Industrielle de Mulhouse récompensa néanmoins, à diverses reprises, les travaux les plus remarquables.

Toutes ces expériences, si nombreuses qu'elles aient été, n'étaient pas assez concluantes pour convaincre les industriels et les déterminer à faire des applications pratiques dans leurs usines. Ils durent bientôt s'y résoudre par nécessité.

Déjà, en août 1853, MM. Charles Watt et Hugh Burgees, avaient obtenu un brevet pour un procédé permettant d'employer le bois en grand et d'une manière constante. Peu après, MM. Voelter et fils présentaient à l'Exposition Universelle de 1855, à Paris, de très beaux papiers de paille fort blancs. C'était une innovation d'autant plus heureuse que la paille n'était guère employée jusque là que pour la fabrication des papiers d'emballage.

Mais ils constatèrent bientôt que, par suite de sa rareté à certaines années, les propriétaires, dans beaucoup de contrées, interdisaient, par les baux, à leurs fermiers la vente de la paille, que le prix en était variable et le transport difficile ; qu'enfin les fibres n'étant pas filamenteuses, cette pâte blanchie donnait un papier mince, transparent, offrant une faible résistance qui rend la déchirure facile. Pour obvier à ces défauts, un savant, M. Claussen, conseillait d'employer la paille avant la production du grain, estimant qu'on obtiendrait ainsi une division plus facile et un blanchiment plus complet des fibres, mais le prix exorbitant qu'aurait atteint la matière première ainsi récoltée, rendait cette idée impraticable.

Tels étaient les motifs qui déterminèrent MM. Voelter et fils à employer de préférence la pâte de bois. Leurs nouvelles expériences eurent un plein succès ; les papiers d'écriture, d'impression, d'affiches, fabriqués dans leur manufacture d'Heidenheim, en Wurtemberg, furent très admirés à l'Exposition Universelle des Produits de l'Industrie à Londres en 1862, et M. Demeurs-Decorte n'hésita pas à installer ce nouveau procédé dans sa grande fabrique de papier de Mont Saint-Guibert en Belgique.

En présence de ce mouvement, les pouvoirs publics n'étaient pas restés inactifs. La France, l'Angleterre, les Etats-Unis, avaient offert des primes pour favoriser la mise en valeur des matières ligneuses, végétales, filaments de plantes textiles, susceptibles de remplacer le

chiffon. Le Gouvernement Impérial, par décret du mois d'octobre 1858, autorisait « l'importation, en franchise de tout droit de Douane, des pâtes à papier fabriquées en Algérie, au moyen des nombreux textiles que renferme ce pays, notamment le sparte ou alfa, le diss et la feuille de palmier nain. »

Pour corroborer ce décret, le Gouvernement avait chargé M. Jules Barse de faire sur place les études nécessaires, travail intéressant publié dans la *Revue Algérienne et Coloniale*, mais ne contenant pas de détails techniques sur l'emploi de ces matières premières.

D'autre part, lors de la première réunion des fabricants de papier à Paris, le 18 avril 1859, M. A. Reider avait proposé à ses confrères de confier à M. Gustave Planche la mission d'étudier en Algérie les divers succédanés susceptibles de remplacer le chiffon.

A signaler encore, vers la même époque, les applications du procédé Machard et Bachet, faites dans l'usine Aussédât, à Cran, près Annecy ; les précieuses découvertes de M. Orioli ; les études de M. Boucher, de Marseille, Riffard, à Echarcon, etc. L'impulsion était donnée et la plupart des fabricants de papier se décidaient enfin à entrer résolument dans cette voie si laborieusement tracée.

Pendant qu'en France la question restait indécise, les uns donnant la préférence à la pâte de paille, les autres à la pâte de bois, les fabricants anglais, tout en appliquant l'invention de leur compatriote Haughton, qui consiste à traiter la paille et le bois à haute pression par une lessive de soude concentrée, ne tardèrent pas de conclure en faveur du sparte d'Espagne ou alfa d'Algérie. Par le moyen d'un procédé éminemment pratique qui permettait d'utiliser la plus grande partie du matériel existant dans les usines, M. Thomas Routledge parvint, en peu de temps, à vendre aux papeteries anglaises cinq à six mille tonnes par an de pâte d'alfa blanchi. La consommation s'est accrue si rapidement en Angleterre qu'elle atteignait cent cinquante mille tonnes en 1872, et s'est élevée, depuis lors, jusqu'à deux cent mille tonnes par année. Les statistiques les plus récentes accusent cependant une diminution qui doit être attribuée en grande partie à la fâcheuse habitude que certains fabricants anglais ont contractée d'introduire de fortes proportions de pâte de bois chimique ou mécanique dans les papiers qu'ils vendent sur le continent sous la dénomination d'alfa pur.

Quant aux Américains, guidés par les brevets que MM. Charles



Watt et Hugh Burgees avaient importés d'Angleterre, ils surent bien vite appliquer des perfectionnements nombreux et pratiques à la fabrication de la cellulose de bois, et en propager l'emploi dans un très grand nombre d'établissements.

Cette sorte de sélection qui s'était opérée entre les matières premières diverses dont l'industrie de la papeterie venait enfin d'adopter l'usage, et dont on avait constaté les heureux résultats à l'Exposition Universelle de Paris en 1867, ne fut pas pratiquée pendant bien longtemps. Le rapport présenté par M. Aimé Girard¹ à l'Exposition de Londres en 1872 contient, à ce sujet, des détails intéressants. Après avoir constaté, à regret, que l'Angleterre conservait le monopole presque absolu de la transformation du sparte en pâte à papier, et que les tentatives faites en France par MM. Orioli, E. Breton, Cruzel et Dambricourt pour empêcher cet accaparement, n'avaient pas abouti, parce qu'elles avaient été entreprises « sur une échelle trop restreinte, » il faisait observer également qu'on tendait déjà à renoncer à la pâte de paille employée seule; « elle donne, disait-il, un papier trop sec, trop peu amoureux, suivant l'expression si pittoresque de nos typographes, et les manufacturiers ont pour coutume de l'adoucir, de lui donner du corps, en France avec du chiffon, en Angleterre avec du sparte. »

A ces causes d'infériorité venaient s'ajouter encore les dépenses considérables qu'entraîne le traitement de la paille par la soude et le chlore lorsqu'on veut arriver à détruire son principe colorant, et obtenir le degré de blancheur nécessaire. Pendant que la pâte de paille n'avait plus que des succès de circonstances, la pâte de bois, au contraire, gagnait la faveur générale, et les papiers anglais, belges, suisses, allemands, autrichiens, composés en majeure partie de pâtes de cette nature, produites directement par les manufactures nouvellement installées dans ces divers pays, ou importées de Suède et de Norwège, encombraient bientôt le marché français.

Vivement préoccupé de cette subite invasion, M. Aimé Girard n'hésita pas, dans son rapport, à franchir les limites de l'Exposition de Londres, pour signaler les dangers de cette situation menaçante à

¹ *Expositions internationales. Londres 1872. Papier et Papeterie*, par AIMÉ GIRARD, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

ses compatriotes, et leur faire l'exposé fort instructif des différentes méthodes employées pour convertir l'alfa et le bois en matière première pour la fabrication du papier; exposé auquel il donnait, peu de temps après, de grands développements dans le cours de chimie industrielle qu'il professait au Conservatoire des Arts et Métiers.

De son côté, le *Moniteur de la Papeterie française* ne cessait de ranimer le courage des fabricants qui hésitaient encore à entrer dans la voie nouvelle, les tenant sans cesse au courant de tous les progrès que faisait leur industrie et de la situation exacte du commerce de la papeterie en France et à l'étranger. Il a toujours donné également le compte rendu des travaux si importants du Syndicat de l'Union Générale des Fabricants de Papier de France, dont il est l'organe officiel. Les honorables manufacturiers qui ont été, tour à tour, placés par leurs confrères à la tête de l'administration de ce Syndicat, ont, en toute circonstance, défendu avec une rare énergie les intérêts de l'industrie papetière et agi auprès des pouvoirs publics pour assurer son indépendance et concourir à sa prospérité.

Mais, dans cette occurrence, le Syndicat était en face d'un courant irrésistible. Il fallait pourvoir aux besoins de la consommation qui tendait, de jour en jour, à employer de préférence des papiers plus communs, et, dans ces conditions, le Gouvernement ne pouvait songer à priver les étrangers des avantages qu'ils tiraient de leur situation exceptionnellement favorable à raison de l'abondance et de la qualité des matières premières dont ils disposaient, qui leur avait permis d'installer et de développer plus rapidement qu'en France, les systèmes nouveaux. On peut mettre en fait que les fabricants de papier français étaient ainsi devenus tributaires de l'étranger pour la matière première qui constituait, depuis plusieurs années, un des éléments principaux de leur industrie, à tel point que le vicomte d'Avenel assure que l'emploi du chiffon « ne correspond plus qu'au dixième du total des papiers actuels¹ » et leur était imposée par les exigences du marché national.

Ils n'avaient, désormais, d'autre ressource que de solliciter l'entrée en franchise de la pâte de bois, ou tout au moins d'obtenir que les droits soient réduits dans la plus large mesure possible.

¹ *Le mécanisme de la Vie moderne*, par le vicomte G. D'AVENEL, 2^{me} série. Paris, Colin et Cie, 1897.

Ce fut en 1890, à l'occasion du renouvellement des traités de commerce, qu'une vive agitation se produisit dans toutes les branches de l'industrie française qui emploient le papier, au sujet du Régime douanier des pâtes à papier et de la cellulose.

Le Syndicat de l'Union Générale des Fabricants de Papier de France, réuni en assemblée générale, le 10 mai 1890, répondant au questionnaire qui lui avait été adressé par le Ministre du Commerce, après avoir fait observer que les pâtes de bois sont importées en très grande quantité d'Allemagne, de Belgique, de Suisse, de Suède et Norwège, et d'Autriche, venait d'adopter les conclusions suivantes :

« Quelques maisons françaises fabriquent les pâtes de bois nécessaires à leur consommation ; mais la plus grande partie de nos papeteries emploient les pâtes étrangères ; aussi l'Union des Fabricants de Papier demande-t-elle, pour cette dernière raison, l'entrée en franchise des pâtes de bois.

« L'application d'un droit d'entrée sur ces matières premières obligerait, en effet, un assez grand nombre de fabricants à fermer leurs usines. »

Cette protestation contre l'établissement de tout droit d'entrée sur les pâtes de bois était, d'après M. Eugène Mayer, appuyée par plus de *trois cent cinquante* fabricants de papier, et combattue par *trente-quatre* fabricants de pâtes à papier et de cellulose¹.

Le Syndicat de l'Union Générale des Fabricants de Papier était également soutenu avec la plus grande énergie par un comité d'action choisi par les membres de la presse parisienne, de la presse de l'appel au peuple, de la presse monarchique, de la presse périodique, de la presse départementale, de la Chambre syndicale des Editeurs de musique, du Syndicat des Editeurs-Libraires, des cinq Chambres syndicales du papier et des industries qui le transforment, enfin de la Chambre syndicale des papiers en gros.

En se reportant aux principales objections soulevées par ces nombreux protestataires, on constate que les appréhensions qu'ils avaient, dès cette époque, étaient pleinement justifiées, et que, depuis lors, la situation ne s'est pas sensiblement améliorée. Ils

¹ Rapport de M. Gustave Simon au Comité d'Association et Syndicat de la presse républicaine départementale.

faisaient ressortir, notamment, l'insuffisance de la production nationale en présence du développement sans cesse croissant de l'emploi, par l'industrie française, de la pâte de bois et de la cellulose pour la fabrication du papier et une foule d'autres usages dont on ne pouvait encore calculer le nombre et l'importance.

Le Syndicat professionnel des Fabricants français de Pâtes à papier et de Cellulose, au contraire, sollicitait un droit d'entrée en France représentant une moyenne *ad valorem* de 15 0/0, affirmant qu'à l'aide de ce droit compensateur, on arriverait sûrement, en peu d'années, à un développement suffisant pour répondre à tous les besoins de la consommation de l'industrie papetière et de toutes les autres industries de transformation¹.

Le tarif général des douanes, actuellement en vigueur, détermine de la manière suivante les droits d'entrée par unité de cent kilogrammes :

		<i>Tarif général</i>	<i>Tarif minimum</i>
Pâtes de bois	Mécaniques sèches	Fr. 1.50	Fr. 1.00
	» humides	» 0.75	» 0.50
	Chimiques	» 2.50	» 2.00

étant spécifié que les pâtes brunes ou mi-chimiques rentrent dans la catégorie des pâtes mécaniques.

L'établissement de ces droits n'a pas justifié les prévisions du Syndicat professionnel des Fabricants français de Pâtes à papier et de Cellulose, ni développé bien sensiblement la production nationale. Pour ces dernières années, le mouvement d'importation se résume comme suit :

I. — *Joncs et roseaux bruts et sparte :*

1896	1897	1898
6.426.608 k.	7.317.100 k.	6.341.900 k.

II. — *Pâtes de cellulose mécaniques et chimiques :*

1896	1897	1898
116.073.157 k.	115.769.800 k.	132.726.508 k.

Il résulte de ce tableau que la situation s'est encore aggravée depuis 1891, époque à laquelle M. Failliot, rapportant un entretien

¹ *Mémoire sur le régime douanier des Pâtes à papier et de la Cellulose*, présenté au Parlement par le Syndicat professionnel des Fabricants français.

qu'il venait d'avoir avec un fabricant de papier qui était, en même temps, fabricant de pâtes de bois, s'exprimait ainsi : « J'insistais auprès de lui sur ce point déjà tant cité qu'il ne se trouverait jamais assez de bois en France pour fabriquer les *cent vingt millions de kilos* que nous demandons annuellement à l'étranger, et que ce serait le déboisement que l'Administration des forêts cherche tant à éviter¹. »

Le sol français n'est pas en état de produire tous les bois nécessaires à la fabrication des pâtes consommées par l'industrie ! Tel était, on l'a vu, l'argument principal que faisait valoir le Syndicat de l'Union des Fabricants de Papier et les nombreuses associations syndicales qui faisaient cause commune avec lui pour réclamer l'entrée en franchise du bois et de la pâte à papier.

L'insuffisance signalée était évidemment manifeste alors puisque déjà l'étranger expédiait en France l'énorme quantité de 120.000.000 de kilogrammes par an ! Elle l'est non moins aujourd'hui du moment où les tableaux officiels des douanes enregistrent, pour l'année 1898, une augmentation de 16.000 tonnes environ.

Il est juste de reconnaître que la consommation du papier se développe de plus en plus, et que néanmoins l'industrie papetière a su parvenir à accroître sa production dans une mesure qui dépasse sensiblement l'importance de ses achats de matières premières à l'étranger.

Mais encore faut-il ajouter que ce ne sont malheureusement pas les bois de provenance française qui, à eux seuls, ont permis de faire face à ce surcroît incessant de production. M. Alexandre Roy², inspecteur des forêts à Precy (Nièvre), a constaté que la Norvège seule exporte, en dehors des pâtes mécaniques ou chimiques, environ 500,000 stères de bois pin ou sapin, en rondins écorcés de 1^m10 de longueur, sur lesquels *un quart ou un cinquième entre en France*. « En fait, a-t-il ajouté, les fabriques qui produisent en France la cellulose chimiquement, emploient une quantité considérable de bois importés. »

Ces rondins étrangers, ainsi écorcés et ramenés à des dimensions qui, tout en rendant le transport et l'emploi plus faciles, permettent

¹ *Bulletin de la Chambre syndicale des Papiers en gros*. 1^{er} février 1891.

² *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*. 15 juin 1897, page 298.

d'éviter les droits de douane qui frappent les bois de construction et de menuiserie, méritent la préférence qui leur est accordée. Les arbres dont ils proviennent ont été plantés dans des terrains propices, sous un climat froid et humide, qui favorisait admirablement leur croissance. Leur tige épaisse, élevée, lisse, est exempte de ces plaies qu'on trouve dans beaucoup de régions en France à l'intérieur des arbres, surtout dans les parties montagneuses où il est, le plus souvent, si difficile d'arrêter et de fixer la terre végétale sur les rochers.

Ces plaies produisent des taches noirâtres qui altèrent notablement la qualité des pâtes. D'après M. Camus¹, inspecteur des forêts à Aubenas (Ardèche) « il faut évaluer à $\frac{1}{10}$ environ ceux qui devraient être éliminés en raison de ces tares qui les rendraient impropres à fournir une cellulose bien blanche. »

Les fabricants français n'ont pas de l'engouement pour les pâtes de bois étrangères; ils sont forcés de convenir qu'elles sont, pour la plupart, de bonne qualité. L'expérience l'a démontré dans le passé, mais il importe surtout d'envisager l'avenir.

Depuis bien des années, on se demande si la France pourrait, à l'aide de ses propres ressources, fournir toutes les matières premières nécessaires à la fabrication des pâtes et du papier. Le Syndicat professionnel des Fabricants de Pâtes à papier et de Cellulose l'affirmait². L'évènement a démenti son attente puisque, bien qu'il ait obtenu, grâce à l'établissement de droits d'entrée en France, la protection qu'il sollicitait, les quantités de pâtes importées de l'étranger, d'abord stationnaires, accusent maintenant une forte augmentation.

Qu'elle est donc, en l'état, la situation de cette industrie?

M. Alexandre Roy la fait connaître en mettant en comparaison l'Allemagne et la France.

« L'Allemagne³, dit-il, a élevé la production de la cellulose à l'état d'industrie nationale.

« Elle a une superficie d'environ 54.000.000 d'hectares en rapport, sur lesquels environ 14.000.000, soit 26 $\frac{0}{0}$ sont en forêts.

¹ Lettre du 14 septembre 1897.

² *Mémoire sur le régime douanier des Pâtes à papier et de la Cellulose*, présenté au Parlement par le syndicat, page 9.

³ *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*. 15 juin 1897, pag. 299 et 300.

« Il y a sur ces 14.000.000 d'hectares boisés, 9.000.000 en résineux, dont 6.000.000 en pin, surface approximative, et 3.000.000 en sapin.

« La France, d'après la statistique faite en 1882, renferme 9.400.000 hectares boisés — Etat, Communes et bois de particuliers — dont 1.631.000 hectares de forêts résineuses pures et 327.000 hectares feuillus et résineux mélangés.

« Il est fort difficile, sinon impossible, d'établir un rendement en cellulose; on ne peut que comparer les superficies occupées respectivement, en France et en Allemagne, par les résineux propres à la fabrication de la cellulose :

9.000.000 d'hectares en Allemagne,

1.500.000 hectares en France. »

C'est bien là, en effet, le nœud de la question. Et déjà, dans une lettre adressée, le 13 février 1891, au Président du Comité Central de l'Union des Fabricants de Papier, M. C. Metenett¹ avait fait clairement ressortir cette grande disproportion en signalant le nombre des usines existant à cette époque en Allemagne et en Autriche.

Allemagne

534 fabriques de pâte de bois mécanique;

63 fabriques de pâte de bois chimique.

Autriche

211 fabriques de pâte de bois mécanique;

63 fabriques de pâte de bois chimique.

En France, à ce même moment, alors que la grande majorité des fabricants de papier réclamait auprès des pouvoirs publics l'entrée en franchise des pâtes, la liste des Membres du Syndicat professionnel des Fabricants français de Pâtes à papier et de Cellulose qui demandaient l'application d'un droit *ad valorem* de 15 %, ne réunissait que trente-huit adhésions.

Par contre, les Américains qui ont coutume de pousser hardiment en avant les idées qui peuvent leur procurer la richesse et les affranchir de tout appel à la production étrangère, n'ont pas moins de deux mille usines outillées pour transformer les bois de leurs immenses forêts en

¹ *Le Moniteur de la Papeterie française*. Février 1891.

pâte à papier. Et quoique, d'après *Westminster Gazette*¹, la consommation du papier-journal aux Etats-Unis dépasse, à elle seule, 2.000 tonnes par jour, ces usines font face, en outre, à la consommation nationale pour presque toutes les autres sortes de papier et, depuis quelques années, expédient en Europe et notamment en Angleterre, des quantités considérables de pâtes mécaniques et chimiques très appréciées.

Pour donner une idée de la puissance d'organisation de ces grandes usines américaines, il suffit de citer un exemple.

La Compagnie de Pulp de Chicoutimi reçoit le bois de toutes les parties de l'immense territoire du fleuve Saguenay, au port de Chicoutimi. Elle produit actuellement 35 tonnes de bois mécanique et 20 tonnes de pâte chimique par vingt-quatre heures. A côté de cette première installation, elle construit une seconde usine à pulp mécanique de 70 tonnes par vingt-quatre heures et complètera enfin son organisation par une usine à papier.

On estime que lorsque cet établissement sera achevé, le 1^{er} octobre 1899, il fournira annuellement au port de Chicoutimi plus de 60.000 tonnes de fret².

Ces gigantesques entreprises trouvent leur aliment dans les forêts du Nouveau-Monde; mais leurs ressources ne sont pas inépuisables. « On a calculé qu'on a ainsi détruit, en 1895, près de 50.000 hectares de forêts et l'on compte qu'il en sera détruit plus du double en 1897³. »

Il faudra donc prévoir l'avenir aussi bien en Amérique qu'en Europe où plusieurs Etats ont dû proposer des projets de loi pour réglementer l'exploitation forestière en vue surtout de prévenir les dangers dont les menaçaient les abus commis par les producteurs de pâtes de bois.

Pour user ainsi de précaution, ces Etats se sont basés sur ce que la sylviculture n'est pas assimilable à l'agriculture proprement dite. Pendant que l'agriculture, à l'aide de travaux constants, donne presque

¹ *La Libre Parole* du 29 juin 1898.

² *La Presse de Montréal* du 12 février 1898. — *The Canada Lumberman*. Toronto, octobre 1898, page 22.

³ *Le Petit Marseillais* du 21 août 1897.

toujours un rendement annuel, il faut, en moyenne, un demi-siècle pour produire un arbre. Les hommes compétents qui se sont occupés de cette question, au cours de la discussion du Régime douanier devant le Parlement, ont affirmé que quarante à soixante années s'écoulaient avant qu'un arbre ait atteint la grosseur voulue pour être utilement employé à la fabrication de la cellulose. Et voici en quels termes M. Alexandre Roy a confirmé cette appréciation¹ :

« Le pin bien aménagé, sur un sol moyen, peut donner, en coupes à soixante ans, une moyenne de 4^{m3},4 par an et par hectare. Le sapin, dans le même temps, peut fournir 7^{m3}.

« Le mètre cube de sapin pèse environ quatre cent cinquante kilos, ces 7^{m3} de bois correspondent à 3.150 kilos de bois parfait, et comme 6^{m3} de bois de sapin donnent environ 1.000 kilos de cellulose, le produit annuel à l'hectare de sapin, en cellulose, peut être évalué à mille cent soixante-six kilos. »

Les résultats évidents de ces données et la plus dangereuse de leurs conséquences, est que si la France était amenée, par un concours de circonstances imprévues, à supprimer l'importation des 139.000.000 de kilos de pâtes qu'elle reçoit actuellement encore de l'étranger, il faudrait pour répondre aux besoins de la consommation nationale, organiser et développer en toute hâte des usines pourvues d'un matériel spécial et faire des abattages exceptionnels dans les forêts « aménagées en futaies pleines de quarante à soixante ans. »

Jamais l'Administration Forestière, dont tous les efforts tendent à favoriser les reboisements en vue d'atténuer les ravages trop fréquents des inondations, ne tolérerait une telle dévastation.

Sans doute, les progrès de l'industrie de la cellulose permettent d'employer aujourd'hui d'autres essences que les bois résineux², les frênes, les peupliers, les bouleaux, etc., mais ces espèces ne couvrent pas de vastes superficies et ont, en général sous notre climat, de nombreuses tares. Cette observation s'applique également aux châblis et bois de nettoyage qu'on retire de l'aménagement sous futaie et il

¹ *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*. 15 juin 1897.

² *Les succédanés du Chiffon en papeterie*, par V. URBAIN. Paris, Gauthier-Villars et Fils, Masson et Cie, pages 20, 29 et 121.

suffit de visiter quelques fabriques de pâtes à papier et de cellulose pour acquérir la certitude que les grands et beaux arbres, exempts de plaies, caries et nœuds, sont toujours recherchés de préférence; le commerce des bois de charpente et de menuiserie en ressent le contre-coup depuis un certain temps.

Bien que les essais de laboratoire démontrent que la plupart des essences de bois peuvent fournir de la pâte à papier, l'application pratique a conduit la grande industrie à n'employer que celles qui, soumises au traitement le moins dispendieux, donnent la cellulose la plus pure et la plus abondante.

Plusieurs des ouvrages cités au cours de cette étude donnent, à cet égard, les renseignements les plus complets et il suffit de rappeler que parmi les nombreuses combinaisons proposées pour le traitement chimique du bois, deux ont prévalu : le procédé à la soude et celui au bisulfite, parce qu'ils n'attaquent pas les fibres mais dissolvent les corps étrangers et désagrègent les matières intercellulaires.

Quant au procédé mécanique, il consiste simplement, on le sait, à désagréger le bois, le broyer et à enlever les corps étrangers en laissant libres les filaments.

La pâte ainsi fabriquée, ne contient plus que des fibres très courtes, non complètement débarrassées des matières incrustantes et agglutinantes. Le papier qu'elle produit garde, au sortir de la machine, un aspect rugueux; sa surface est inégale et il faut recourir à un satinage très énergique pour corriger ces défauts.

Par suite de cette division mécanique de la pâte en parties très fines, elle n'est, pour ainsi dire, qu'un succédané plus avantageux que le kaolin et les sulfates de chaux ou de baryte en ce sens que le fabricant, tout en donnant ainsi beaucoup de charge au papier, augmente en même temps son volume.

Mais si l'on fait entrer dans la composition du papier une proportion un peu forte de pâte mécanique, il perd rapidement le satinage, la coloration, n'offre plus de solidité et se déchire au moindre contact. Finalement, il tombe en poussière au bout de quelques années.

En France, la papeterie est actuellement encore une des seules industries faisant un emploi régulier et considérable de ces matières. Mais il importe de remarquer qu'un foule d'autres applications sont faites à l'étranger au moyen de transformations chimiques ou mécaniques.

Voici l'opinion qu'émettait, à ce sujet, lord Gladstone, dans un exposé financier présenté à la Chambre des Communes¹ :

« Personne, disait l'éminent homme d'Etat, ne se fait une idée des usages multiples auxquels se prête cette pâte. C'est, pour ainsi parler, sous toutes les formes possibles. Avec de la pâte de papier, les anatomistes fabriquent des membres artificiels; d'autres artisans s'en servent pour faire des télescopes; ceux-ci l'appliquent à la construction des poupées, des peignes.

« On a vu, à l'Exposition Universelle de 1878, des panneaux de porte en papier d'alfa et même des roues de voiture. Qui peut donc fixer les limites à l'industrie de l'alfa, lorsqu'on voit le caoutchouc, si souple et si variable par sa nature, devenir plus dur que le bois? »

D'autre part, après avoir rappelé l'usage du linge, des vêtements en papier, M. d'Avenel fait cette spirituelle énumération² :

« Le papier se métamorphose encore, par la compression, en semelles de chaussures, que les fabricants garantissent imperméables, en tonneaux, en tuyaux, roues, vases de toutes sortes, en simili-stuc pour l'ornementation des édifices, en couvertures plus légères et plus résistantes, dit-on, que l'ardoise. Avec lui on construit des cheminées d'usine, voire des maisons entières.... incombustibles, et des canots de six mètres de longueur, ni plus ni moins sujets à chavirer que les embarcations ordinaires. »

M. Alexandre Roy³ mentionne également parmi les débouchés nouveaux adoptés en Amérique, les wagons, roues de locomotives, traverses de chemins de fer, poteaux télégraphiques, briques en papier comprimé, pierres de taille, articles de ménage, seaux, baquets, cuvettes, baignoires, etc. Il exprime enfin l'espoir qu'on parviendra à obtenir, à l'aide de la cellulose, des poutres, le matériel de superstructure des navires, des ponts volants et des cuirassés.

Bien que dans cette série variée d'industries de transformation, il y en ait dont le succès est problématique, il est néanmoins acquis qu'un vaste champ est ouvert dans ce nouvel ordre d'idées.

La France ne peut se laisser aller plus longtemps à ne suivre que

¹ *Journal de la Jeunesse*. 22 août 1896.

² *Le mécanisme de la Vie moderne*, 2^{me} série, page 7.

³ *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*.

de fort loin ce mouvement que les progrès de la science développent chaque jour, et puisque la persistance des importations étrangères tend à prouver que l'industrie des pâtes à papier et de la cellulose ne trouve pas dans les bois indigènes toutes les matières premières nécessaires à sa fabrication, il faut recourir à l'emploi d'autres végétaux, tels que l'alfa, les nombreuses variétés de bambous, les arundo divers, le broussonetia, etc., autant de productions du sol algérien et du sud de la France, qu'on peut développer facilement avec la certitude d'obtenir des résultats considérables, largement rémunérateurs pour l'agriculture dans ces régions.

En ce qui concerne l'Algérie, M. Trabut¹ termine son très savant travail sur les conditions d'existence et les causes de destruction de l'alfa en donnant l'assurance qu'après achèvement de toutes les voies de pénétration « l'Algérie pourra produire annuellement 400.000 tonnes d'alfa. Dans le département d'Alger, en territoire militaire, plus de 600.000 hectares d'alfa sont inexploités, faute de moyen de transport et pourront fournir plus de 120.000 tonnes. »

En Tunisie, où les alfas sont assez abondants pour faire un appoint considérable, la vente est actuellement entravée par le droit d'exportation de 12 fr. 70 par tonne qui les frappe.

Les industriels qui traitent habituellement l'alfa constatent que le rendement varie, suivant la provenance et la qualité de la plante, entre 40 % et 50 %. Ce résultat a été confirmé par l'analyse faite en avril 1887, au Museum, par M. Fremy.

A signaler encore le diss (*festuca patula*) qui couvre d'immenses espaces de côtes en Algérie, et le palmier nain (crin végétal) qui envahit sans cesse les cultures. Mais, d'après les observations de M. G. d'Orcet², ces deux plantes sont un peu délaissées parce que leur rendement est de 15 % inférieur à celui de l'alfa et leur pâte très colorée.

Le même auteur avait, en outre, étudié la ferula, une ombellifère du genre fenouil, qui croît au milieu des galets et des sables les plus arides, dont le rendement serait de 80 %; « mais au point de vue de l'exportation, son extrême légèreté la rend démesurément encombrante. »

¹ *Etude sur l'Halfa. Stipa tenacissima*, par L. TRABUT, professeur à l'Ecole de Médecine d'Alger. Jourdan, Alger 1889.

² *Economiste Français*. Octobre 1873.



Le sud de la France, bien que n'offrant pas d'aussi vastes superficies, possède cependant de très grandes étendues de terrains propres à la production de nombreuses espèces de plantes fibreuses dont le développement est certain dans la zone dénommée *climat méditerranéen* où l'olivier résiste aux variations de la température.

L'étendue du territoire de l'île de Camargue est de 72.000 hectares, sur lesquels 7.000 à peine sont situés à une altitude suffisante au-dessus du plan d'eau des vidanges pour être irrigués, et une quantité tout au plus égale est susceptible de l'être.

D'après le système proposé par la Société Lyonnaise d'Etudes pour la transformation agricole de l'île de Camargue¹, fondée par MM. Fauquier et C^{ie}, il s'agirait d'installer au sud de la Camargue de puissantes machines d'exhaustion pour rejeter à la mer tous les écoulements de l'île, et au nord des machines d'adduction pour organiser des irrigations régulières. On espère arriver ainsi à soustraire cette immense étendue de territoires à l'action du sel dont la remontée constante « menace et atteint successivement tout le territoire. »

La transformation de ces terrains marécageux en riches campagnes, favorisera exceptionnellement la culture en grand des bambous; mais en attendant la mise à exécution de cette colossale entreprise, on trouve dès à présent, dans les terrains incultes, les étangs et marais de la Camargue, d'énormes quantités d'arundos donnant de la cellulose de bonne qualité.

Il n'est pas douteux que, malgré les efforts considérables tentés par un certain nombre de grands propriétaires, et les résultats partiels que la culture de la vigne a donnés sur quelques points, la production de l'île est bien inférieure, dans son ensemble, à ce qu'elle était autrefois.

On retrouve la preuve certaine de cette décadence dans les Archives des Etats de Languedoc². Un procès-verbal du 8 janvier 1701, relatif à l'urgence de faire des réparations à l'entrée du petit Rhône appelée la Brassière de Fourques, constate que, parmi les propriétaires exposés aux inondations, ceux de l'île de Camargue ne sont pas les

¹ Lyon. Imprimerie Léon Morel.

² *Histoire générale de Languedoc*, par Dom. CL. DEVIC et Dom. J. VAISSETE. Tome XIV, page 1531. Toulouse, Edouard Privat, éditeur, 1877.

moins intéressés à la prompté exécution du travail projeté, « *puisqu'ils jouissent de deux millions de revenu!* »

Combien ce chiffre est supérieur aux estimations données par les ingénieurs qui, dans la dernière période de ce siècle, se sont occupés de la question! D'après M. A. Leger¹ notamment, *le revenu brut* de l'île n'était plus, en 1875, que de 1.100.000 francs et, déduction faite des contributions, frais d'entretien et charges diverses, ne dépassait pas *six cent mille francs*.

La situation est sensiblement la même en ce qui concerne les terres basses situées entre la tête du petit Rhône et le bief maritime du Canal de Beaucaire. Aussi, M. A. Leger s'appuyait-il sur des données malheureusement trop réelles, lorsqu'il formulait les plaintes suivantes au sujet de l'état d'abandon où se trouve toute cette région qui, aux temps de César et de Marius, était appelée *le grenier de la Provence*:

« On peut s'étonner de voir les plaines du Delta du Rhône, immense surface de plus de *cent trente mille hectares*, que la nature semble pourtant avoir comblées de ses faveurs en leur donnant tout ensemble le soleil du Midi, les eaux et les limons du Rhône, rester à peu près incultes et abandonnées, et paraître défier jusqu'ici les efforts de l'industrie humaine. »

Si maintenant on franchit le grand Rhône, on rencontre, sur la rive gauche, d'abord le Plan-du-Bourg qui, d'après M. Duval, ingénieur des Ponts et Chaussées, contient 11,300 hectares, puis la Crau avec ses 40,000 hectares, dont la moitié au moins mise en valeur grâce aux dérivations de la Durance par les canaux de Craponne et des Alpines, et enfin les marais de Fos dont la superficie est d'environ 4,500 hectares².

En dehors des avantages que lui procure le climat, cette région offre encore de grandes ressources au point de vue commercial et industriel. Elle est très heureusement située à proximité des ports de Marseille, Port-de-Bouc, Saint-Louis-du-Rhône et Cette. De nombreuses lignes de chemins de fer la sillonnent et la relient à la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Elle est également

¹ *La Camargue et le Plan-du-Bourg, Bouches-du-Rhône*, par ALFRED LEGER, ingénieur des Arts et Manufactures. Paris, Eugène Lacroix, 1875.

² *Note sur le Colmatage de la Plaine de la Crau, et le Dessèchement des Marais de Fos, en vue de leur mise en culture*, par A. DORNÈS, Paris. Imp. Chaix 1889.

desservie par le Rhône, le Canal d'Arles à Port-de-Bouc, et celui de Beaucaire à Aiguemortes.

Les Houillères du Gard et des Bouches-du-Rhône sont à portée de ces voies de communication et, sur plusieurs points, au milieu même de ces vastes étendues de terrains de la Camargue et de la Crau, sont installées les principales usines des grandes Compagnies de Produits Chimiques du Languedoc, de la Provence et de la Société Solvay et C^{ie}.

Enfin, les salins, si abondants et si productifs dans toute cette partie du littoral de la Méditerranée, sont eux aussi destinés à venir puissamment en aide aux fabricants de pâtes de cellulose, grâce aux applications nouvelles de l'énergie électrique¹.

Cette étude est le résultat de l'examen consciencieux, poursuivi sans relâche depuis plus de cinq ans, du sol et des modes de culture de toute cette région, des produits qu'elle donne, et des profits que peut en retirer l'industrie de la cellulose.

La série d'épreuves obtenues à l'aide de la photomicrographie, qui en forme l'élément principal, ne laisse aucun doute sur la variété et la richesse en fibres des plantes qu'on y récolte pour ainsi dire spontanément.

Quant aux travaux de grande culture, dont nous avons été les promoteurs en vue d'alimenter dans un avenir prochain les usines récemment fondées à Fos², MM. Joseph de Lafarge et Fleury du Sert, après avoir donné la première impulsion en 1896, en ont rapidement élargi le cercle par leur persévérance³. Et si grandes qu'aient été les difficultés qui ont momentanément mis obstacle à l'essor de cette nouvelle entreprise, les résultats obtenus dans un si court espace de temps, démontrent jusqu'à l'évidence, à l'aide de calculs de rendements qui ont été faits avec la plus rigoureuse exactitude, qu'il suffirait d'appliquer de bonnes méthodes de culture aux espèces signalées; et sur les divers points indiqués, pour combattre victorieusement

¹ *Les succédanés du Chiffon en papeterie*, par V. URBAIN, page 165.

² *Société des Pâtes de cellulose de Fos-sur-Mer*, par LÉON ROSTAING. Marseille, Imprimerie Marseillaise, 1896.

³ *Notice sur l'acclimatation et la culture industrielle du Bambou dans le sud de la vallée du Rhône*, par M. FLEURY PERCIE DU SERT, architecte-paysagiste à Annonay. Annonay, impr. Hervé.

l'invasion persistante des pâtes étrangères et obtenir, en peu d'années, des résultats constants et rémunérateurs.

En résumé, de concert avec l'Algérie et la Tunisie, l'*Agriculture* nationale peut produire des végétaux de croissance rapide en quantité plus que suffisante pour faire face à tous les besoins de la fabrication des *pâtes chimiques*, et donnant des fibres de qualité bien supérieure à la cellulose de bois étrangère.

La conséquence à prévoir de cette utilisation, est que la *Sylviculture* française, ainsi secourue, serait dès lors en état de fournir amplement toutes les quantités de bois nécessaires à la production des *pâtes mécaniques* quelque grande que puisse être l'extension que cette industrie sera appelée à prendre dans l'avenir.



DEUXIÈME PARTIE

Caractères Botaniques

DES

ORGANES VÉGÉTAUX

employés par la Papeterie

DEUXIÈME PARTIE

CARACTÈRES BOTANQUES DES ORGANES VÉGÉTAUX

Employés par la Papeterie

La cellulose, $C^{48} H^{40} O^{40}$ constitue la charpente ou le squelette de tout végétal. Quel que soit, en effet, le sujet observé, nous retrouvons toujours comme élément primordial et constitutif une cellule qui peut varier comme forme, comme diamètre et comme aspect, ou, suivant les plantes étudiées, être associée à d'autres cellules semblables, de manière différente. Nous trouvons même des végétaux composés d'une seule cellule, mais toujours cet organe primaire sera composé, à l'état sec, d'environ 97 % de cellulose.

Tout végétal peut donc devenir une source de cellulose; mais, comme l'industrie du papier recherche cette dernière sous une forme fibreuse, solide et feutrable, que la cellule qu'elle désire doit avoir une forme allongée et présenter à la fois, sous un faible diamètre, une grande résistance unie à une grande souplesse, elle fait une sélection non seulement entre les plantes, mais encore entre leurs divers organes.

Il n'entre pas dans notre programme actuel d'étudier complètement l'anatomie botanique en ce qui la rattache à l'industrie de la cellulose, nous croyons utile cependant, pour l'intelligence de ce qui va suivre, de rappeler en quelques pages ce qu'est la cellulose, quelles sont les principales formes sous lesquelles le microscope nous la fait voir; à quels tissus ou à quels organes appartiennent ces différentes formes; quelles sont, enfin, les plantes chez lesquelles nous trouvons en plus grande abondance la forme que nous cherchons.

La Cellule

Etudiée isolément et dès le début de son existence, la cellule qui se transforme par la suite pour former les divers tissus, se présente à l'œil sous la forme d'une vésicule primitivement ovoïde, mais devenant rapidement polyédrique par suite des pressions exercées sur ses parois par ses voisines. Elle se compose dans le plus grand nombre des cas :

1° D'une enveloppe continue appelée *paroi cellulaire*, composée primitivement d'une mince pellicule de cellulose pure. Elle s'épaissit progressivement par suite de l'interposition entre ses mollécules de deux substances d'une nature chimique différente, dont la réunion a reçu de certains botanistes le nom de *lignine* et qui joue un très grand rôle au point de vue qui nous intéresse. Nous étudierons plus loin cet épaississement de la paroi cellulaire.

2° Cette enveloppe renferme un liquide dit *liquide cellulaire*, dans lequel nage irrégulièrement une matière albuminoïde, à aspect gélatineux, qui a reçu le nom de *protoplasme*.

3° Dans ce liquide, un fort grossissement nous fait découvrir une masse plus consistante, arrondie, appelée *nucleus* et formée elle-même, quelquefois, de deux parties appelées *nucléoles*.

4° Outre le nucleus, de nombreux corps solides nagent au milieu du protoplasme : ce sont des grains de fécule, de chlorophylle, d'inuline, des bâtonnets, des cristaux d'oxalate ou de carbonate de chaux, des groupements arrondis appelés *aleuroles* ; on y rencontre, enfin, des globules gazeux et des gouttes d'huile.

Injection cellulaire

La membrane qui constitue la paroi cellulaire est primitivement mince et transparente ; mais à mesure que la cellule vieillit, cette paroi s'épaissit par l'interposition entre ses mollécules de la lignine qui, d'abord liquide, se dépose par couches successives à l'intérieur de la cellule. Ce dépôt est continu ou interrompu de diverses manières ; il est quelquefois assez considérable pour remplir toute ou presque toute la cellule et ne laisser qu'un vide extrêmement petit. Certains points de la membrane cellulaire restent intacts au moment où se forme la

première couche d'épaississement; il en résulte que cette couche secondaire présente des spores, des stries, des rayures annulaires spiralées ou longitudinales; de légers mamelons, des ponctuations, etc.; et comme les couches* successives conservent régulièrement la disposition de la première en l'accentuant, les cellules prennent ces aspects particuliers qui leur ont fait donner les noms de *cellules ponctuées, spiralées, striées*, etc. Nous étudierons, du reste, plus complètement ces divers aspects de la cellule en traitant des vaisseaux et trachées.

Mais indépendamment de l'importance que ces modifications de la cellule primaire peuvent avoir au point de vue de la détermination micrographique des divers organes auxquels elle appartient, il est un fait que le papetier doit envisager au point de vue de la valeur des matières premières qu'il emploie. Plus, en effet, une cellule est jeune, plus sa paroi est composée de cellulose pure; plus elle est vieille, plus cette même paroi sera injectée de lignine et moins sa cellulose sera pure. Or, les papiers de qualité supérieure sont composés des fibres du chanvre, du lin, de l'alfa, de la ramie, ou autres plantes annuelles, tout au moins quant à leurs organes extérieurs, les seuls utilisés. Les papiers de qualité inférieure, au contraire, proviennent de bois d'essences différentes, mais tous d'un âge plus ou moins avancé, variant de quarante à soixante ans, en général, et dont les cellules ont subi une injection plus ou moins complète. Ces derniers papiers ont, parmi leurs nombreux défauts, celui de devenir, à la longue, friables et cassants; la cellulose qui les compose semble être passée de l'état fibreux à l'état amorphe; le papier perd toute sa ténacité, il paraît brûlé. Cet effet a pour nous deux causes : la première, le lavage incomplet des pâtes, qui restent imprégnées de produits chimiques divers, notamment le bisulfite, qui attaquent à la longue la cellule et lui enlèvent sa ténacité; la seconde, une transformation lente et progressive de la lignine, transformation qui, par analogie, pourrait être comparée à la carbonisation du bois dans les houillères.

Le Tissu cellulaire

Comment la cellule vit-elle? comment se multiplie-t-elle? quelle est sa fonction? Ce sont tout autant de questions que le cadre de cette étude ne nous permet pas d'aborder actuellement. Nous nous conten-

terons de considérer la cellule faite, comme produit manufacturable, comme matière première toute prête, qu'il nous faut isoler et extraire du milieu dans lequel elle se trouve. Parmi ces cellules isolées, il nous faudra faire un choix, recueillir celles qui, par leurs formes peuvent nous être utiles et rejeter les autres. Nous les étudierons donc comme papetier et non comme botaniste.

L'association des cellules forme le *tissu cellulaire*, qui doit être considéré comme la trame de toute organisation végétale. Suivant la forme ou les modifications des cellules qui le composent il se divise en trois types différents :

- 1^o Le tissu cellulaire proprement dit ou parenchyme;
- 2^o Le tissu fibreux ou prosenchyme;
- 3^o Le tissu vasculaire.

1^o *Le tissu cellulaire* proprement dit ou parenchyme est formé par des cellules sphériques ou polyédriques dont tous les diamètres sont égaux; il est provisoire ou définitif; provisoire dans les jeunes organes dont les cellules n'ont pas encore subi les diverses modifications successives; définitif dans la moelle des arbres, le parenchyme des feuilles, des tiges, etc. Comme parenchyme provisoire, il est le point de départ des autres tissus formés par la transformation de ces cellules. Primitivement rondes ou ovoïdes, les cellules qui le composent deviennent polyédriques, généralement dodécaédriques, de sorte que la coupe en travers, dans une masse de tissu cellulaire, représente un filet à mailles hexagonales, assez semblables aux alvéoles du miel. Souvent cette forme est parfaitement régulière, ainsi qu'on l'observe quelquefois lorsque chacune des cellules a été soumise à des pressions égales; mais dans la plus grande généralité des cas, il est assez difficile de reconnaître la forme hexagonale par suite du développement plus important pris par l'une des faces au détriment des autres. On rencontre même parfois des formes pentagonales ou rectangulaires; les cellules sont quelquefois disposées sans ordre; mais le plus souvent, en se superposant régulièrement les unes sur les autres, elles forment des séries longitudinales qui s'observent très facilement chez les plantes monocotyllées, dans la masse parenchymateuse de la tige.

Les cellules laissent quelquefois entre elles et sur leurs angles des intervalles nommés *méat intercellulaires*, auxquels certains botanistes attribuent un rôle important dans la circulation des liquides végétaux.

2° *Le tissu fibreux* ou prosenchymateux est, de tous les tissus végétaux, celui qui a le plus d'importance au point de vue qui nous intéresse. Ses cellules sont, à cause de leur forme allongée et fusiforme, recherchées tout particulièrement par les papetiers, et quand nous apprécierons qu'une plante rend 20, 30 ou 40 % de cellulose fibreuse, cela voudra dire que la masse de ces tissus renferme une égale proportion de tissus fibreux.

C'est encore ce tissu que l'industrie textile recherche dans le liber ou les filaments ligneux de certaines plantes.

Il sert comme d'intermédiaire entre le tissu cellulaire proprement dit et les véritables vaisseaux et passe par des différences insensibles de l'un aux autres ; ses cellules très allongées offrent comme caractère constant que leurs extrémités, au lieu d'être coupées perpendiculairement à leur axe, se terminent en pointes allongées plus ou moins effilées. Coupées transversalement, elles ont, comme toutes les cellules, une forme polygonale quelconque, par suite des pressions latérales ; il est à remarquer que la pression est la même dans toute la longueur. Coupée longitudinalement une masse de tissu fibreux nous montre une série de lignes parallèles coupées de distance en distance par des cloisons très obliques.

Le tissu fibreux forme une partie du ligneux des végétaux dicotyllés. C'est au milieu de ce tissu et mêlés avec lui que se trouvent les vaisseaux ; ils forment également la masse des faisceaux ligneux des monocotyllées et des feuillets du liber ; ils se trouvent encore dans les nervures et les pétioles des feuilles et donnent au bois sa raideur et sa ténacité.

L'injection cellulaire se fait sur ces cellules comme sur celles du tissu parenchymateux. Une coupe transversale pratiquée sur une fibre déjà vieille montre parfaitement les diverses couches d'épaississement, et si l'organe observé appartient à une plante de la famille des conifères ou des cycadées, on observe des points transparents, tantôt arrondis, tantôt allongés, et qui paraissent entourés d'une sorte de bourrelet plus épais et plus opaque. Mais de nombreuses observations ont démontré que ces points n'étaient pas des perforations et que la membrane cellulaire était toujours intacte ; les points d'une cellule correspondent exactement à d'autres semblables placés sur une cellule voisine.

Toutes les fibres textiles extraites des végétaux et qui servent, soit

à l'industrie textile, soit à la fabrication des papiers fins, sont fournies par ces tissus qui offrent une ténacité et une résistance remarquables. Les libers des tyméléacées, des urticacées (*tillia*, *edgworthia*, *morus*, *broussonetia*, *urtica*; *bœmeria*, etc.), les filaments du lin et du chanvre, ceux extraits de la feuille de certains palmiers (*raphia*, *chamœrops*, etc.), de certaines liliacées et amaryllidées (*yucca*, *phormium*, etc.), les chaumes de certaines graminées (*bambusa*, *arundo*, *triticum*, *stipa*, etc.), et tous les textiles végétaux, en un mot, sont formés par les tissus fibreux ou parenchymateux.

3° *Le tissu vasculaire.* — Les cellules du parenchyme, en s'ajoutant bout à bout, s'anastomosent et, par la disparition des cloisons intermédiaires, forment des tubes plus ou moins longs qui constituent chez le végétal l'organe de la circulation, dont ils remplissent d'ailleurs la fonction. Comme les cellules qui les ont constitués, ces vaisseaux offrent des différences sensibles dans leur structure, et chaque forme correspond à une fonction spéciale.

Les botanistes décrivent un nombre considérable de vaisseaux divers, mais en étudiant leur formation, on arrive à conclure que beaucoup de ces distinctions ne sont que des modifications d'un même état. Pour simplifier leur étude, nous ne retiendrons que les formes suivantes:

a) Les vaisseaux à parois lisses ou laticifères, auxquels se rattachent les vaisseaux propres.

b) Les trachées à parois spiralées.

c) Les fausses trachées, qui contiennent les vaisseaux rayés, réticulés, ponctués et scalariformes.

a) *Les vaisseaux laticifères*, comme leur nom l'indique, ont pour fonction le transport d'un liquide spécial appelé latex, que certains botanistes considèrent comme la sève descendante, d'autres comme un produit secondaire de la végétation, une sécrétion. Ce sont des tubes complètement clos, à parois minces et transparentes, quelquefois très épaisses, comme chez certaines conifères; ils sont simples ou rameux et souvent anastomosés entre eux; enfin, nous les voyons quelquefois très contractés ou très dilatés par la présence du latex.

Suivant la classe de végétaux étudiés, nous trouvons les vaisseaux laticifères occupant une place différente. Si nous examinons, en effet, la structure des faisceaux fibreux épars au milieu du tissu parenchymateux qui compose une tige de palmier ou un chaume de graminée,

nous trouvons d'abord au centre un groupe de trachées et de vaisseaux rayés; tout alentour une enveloppe de vaisseaux laticifères, et enfin une seconde enveloppe de cellules fibreuses. Chez les dicotyllées, les vaisseaux laticifères au contraire se rencontrent répandus dans toute la masse du tissu cellulaire cortical, soit sous forme de faisceaux, soit sous forme d'enveloppe continue, soit comme répandus confusément dans la masse.

b) *Les trachées.* — La deuxième série des vaisseaux a reçu le nom de trachées, par suite de l'analogie de leur structure avec celle des vaisseaux respiratoires des insectes. Ils nous apparaissent sous la forme de vaisseaux à paroi mince et diaphane, à l'intérieur de laquelle s'enroule en spirale un fil ou une mince bandelette. Quand les tours de la spirale sont très rapprochés, il est difficile quelquefois de reconnaître l'enveloppe extérieure; elle existe cependant ainsi que le démontre la théorie de la formation des vaisseaux, qui ne sont, comme nous le savons, qu'une série de cellules anastomosées entre elles et dont les cloisons intermédiaires ont disparu. La spiricule est pleine; elle peut affecter une forme filiforme ou plane; elle est quelquefois bifurquée; quelquefois aussi deux ou trois spiricules se soudent entre elles pour former un ruban strié. Chez les dicotyllées, les trachées ne se rencontrent qu'autour de l'étui médulaire, dans les pétioles et les nervures des feuilles, les filets des étamines et les enveloppes florales. Chez les monocotyllées, au contraire, elles se rencontrent en plus grande abondance et constituent, nous l'avons vu, l'axe des faisceaux fibro-vasculaires. Suivant que l'origine des trachées est parenchymateuse ou prosenchymateuse, leurs extrémités sont obtuses ou effilées.

c) *Fausse trachées.* — On désigne sous ce nom tous les vaisseaux qui n'appartiennent pas au système à parois lisses ou au système spiralé. Ils ont pris suivant leur mode d'injection cellulaire, les noms de vaisseaux *réticulés*, quand ils paraissent avoir à l'intérieur une spiricule irrégulière; *ponctués*, quand la lignine s'est déposée sous forme de points; *rayés*, s'ils nous montrent des parties amincies succédant à des parties plus obscures et disposées sous forme de raies transversales; *scalariformes*, si ces raies sont plus larges et plus régulières.

Ces vaisseaux se rencontrent chez les monocotyllées dans les vaisseaux fibro-vasculaires et chez les dicotyllées dans l'épaisseur des couches ligneuses, mais jamais dans l'écorce.

Nous venons de disséquer en quelque sorte le tissu végétal. Nous

avons vu de quels organes il est composé et de quelle manière ces organes étaient associés entre eux; étudions maintenant cette association que le papetier s'efforce de détruire par des procédés chimiques ou mécaniques pour faire son triage entre les diverses formes. L'industrie textile a inventé le rouissage à l'eau ou à l'air pour arriver au même résultat. Elle veut bien séparer les faisceaux fibreux ou fibro-vasculaires de l'écorce et des tissus adjacents, mais elle tient à conserver à ces filaments toute leur longueur et leur ténacité. Le papetier cherche plus; il veut une dissociation plus complète, aussi les moyens agricoles de l'industrie textile ne suffisant pas, il a appelé la chimie à son aide, et quand, à son gré, celle-ci n'est plus allée assez vite, il s'est adressé simplement à la meule du meunier, au moyen de laquelle il a broyé et déchiré le tissu végétal jusqu'à le rendre propre à fabriquer un papier bien inférieur puisque aucun triage des cellules ne devient possible.

Les cellules, fibres et vaisseaux d'un même tissu sont réunis par une gomme résineuse appelée pectose et c'est cette pectose qu'il s'agit de rendre soluble et de faire disparaître. Les travaux de Fremy, repris au point de vue industriel par M. Kolb, ont établi toute la genèse de la transformation de la pectose, dont le premier terme sous l'influence de la chaleur, des acides et de l'eau, est la pectine soluble dans l'eau. Concurrément à la pectose, on trouve dans la gomme des tissus un corps spécial appelé pectase, qui agit sur la pectine et ses isomères de la même façon que le sucre et ses dérivés sous l'influence de la levure de bière au moment de la fermentation alcoolique. En présence de la pectase, la pectine se transforme en toute une série de produits pectiques solubles dans l'eau, qui permettent la désagrégation des fibres. Le dernier terme de cette transformation est l'acide pectique insoluble, qui se précipite sous la forme d'une matière grasse. M. Trécul, le botaniste bien connu, a complété l'étude de ces phénomènes par la découverte de l'amylobacter qui est la levure de la fermentation pectique, et cette découverte mise en œuvre par de nombreux liniculteurs et notamment par M. Scribe-Loyer, a amené le perfectionnement de l'opération du rouissage telle qu'elle se pratique aujourd'hui, par une véritable inoculation des routoirs.

Le papetier procède plus rapidement et plus complètement. Il attaque directement la pectose par des dissolvants qui agissent en même temps tantôt comme réducteurs, tantôt comme oxydants. De là,

trois procédés de traitement des pâtes : traitement à la soude avec pression, traitement par les bisulfites avec pression, traitement par les alcalis sans pression. De nombreux ouvrages ont traité cette question qui sort d'ailleurs complètement de notre cadre.

Les Poils

Il existe un autre organe que nous devons étudier, les poils qui constituent dans certains cas « gossypium, asclepias, etc. » une matière textile de tout premier ordre. Ce sont des prolongements des tissus sous-épidermiques; ce sont quelquefois des organes de respiration ou d'évaporation, ou des organes de sécrétion; quelquefois enfin des organes protecteurs ou disséminateurs des graines qui les recouvrent, ce qui est le cas pour la principale espèce de poils qui nous intéresse : le coton. Les poils affectent plusieurs formes; ils peuvent être simples, bifurqués ou étoilés, mais ils sont généralement constitués par une cellule à membrane mince et transparente, recouverte extérieurement par une couche de tissu épidermique.



Organisation des Tiges

Nous avons vu quels étaient les organes qui, par leur association, constituaient la plante. Nous allons étudier maintenant quelle place ces divers organes occupent dans la plante et de quelle manière ils y sont groupés. Nous étudierons donc successivement la *tige* et son mode de croissance dans les deux grandes classes du règne végétal qui nous intéressent. L'exiguité de notre cadre nous empêchera de mettre en cause les appendices et les organes secondaires qui offrent, du reste, moins d'intérêt pour l'industrie du papier.

La tige peut être ligneuse ou herbacée, simple ou rameuse, pleine ou creuse, et suivant la classe des végétaux à laquelle elle appartient, elle a reçu les noms de tronc, de chaume ou de stipe.

Le tronc est la tige des dicotyllées et des gymnospermes.

Le chaume est la tige des graminées, des cypéracées, etc.; il est ligneux dans toute la tribu des bambusées et dans le genre arundo, herbacé pour toutes les autres plantes de ce groupe.

Le stipe est la tige des palmiers, des pandancées, de certaines liliacées, etc.; il peut être ligneux, mais son bois a une contexture spéciale qui n'offre aucune ressemblance avec celui des arbres de nos forêts.

Tige des Dicotylées

La tige des dicotylées peut être ligneuse, sousfrutescente ou herbacée, et comme ces différences extérieures se retrouvent également dans l'organisation intérieure, nous étudierons ces différentes formes.

Le tronc des dicotylées et des conifères examiné sur une coupe transversale, représente une série de couches concentriques qui sont d'autant plus serrées qu'elle se rapprochent plus du centre de la plante. Sous une même coupe longitudinale, ces couches nous apparaissent comme des étuis ou cônes allongés, emboîtés les uns sur les autres; elles sont d'autant plus nombreuses que les arbres sont plus âgés, et l'âge de l'arbre peut être calculé exactement d'après leur nombre. Toutes ces couches se groupent en trois faisceaux : l'écorce, l'aubier et le duramen; l'axe de la plante est enfin constitué par l'étui médulaire qui renferme la moelle. La couche la plus extérieure de l'écorce a reçu le nom d'épiderme et disparaît partiellement quand le végétal avance en âge. Immédiatement au-dessous de l'épiderme, quand il existe, on rencontre un tissu cellulaire abondant, à éléments parenchymateux, renfermant souvent de la chlorophylle et devenant plus tard le *suber* ou couche de protection.

Sous une coupe transversale, cette écorce primaire forme une zone circulaire ininterrompue; à l'intérieur de celle-ci, on en observe une seconde, mélangée de beaucoup d'éléments parenchymateux ou fibrovasculaires, disposés par couches concentriques, qui peuvent se détacher les unes des autres comme les feuillets d'un livre, d'où son nom d'écorce libérienne ou de *liber*.

Le liber est donc celluloso-vasculaire : on y rencontre un parenchyme spécial, dit libérien, des vaisseaux laticifères et de nombreuses cellules fibreuses dont l'association produit des filaments d'une ténacité remarquable.

Sous le liber, nous trouvons le cambium ou couche génératrice qui se rencontre dans tous les végétaux; ses cellules sont légèrement allongées, à parois minces et sans couche d'épaississement. Suivant l'époque à laquelle on examine la couche cambiale, on la trouve formée

d'un nombre plus ou moins grand de couches cellulaires plus considérable en été qu'en hiver; elles servent à former extérieurement le liber et intérieurement l'aubier ou bois proprement dit. Dans le début, l'aubier a la même contexture que le cambium; mais peu à peu les cellules s'injectent de lignine et on y trouve alors des cellules et des vaisseaux ponctués, spiralés, etc.

L'aubier se forme chaque année par couches concentriques, qui commencent à se développer au début de la végétation par la multiplication des cellules cambiales; puis à l'automne, quand la végétation s'arrête, l'injection cellulaire commence, pour continuer jusqu'à ce que l'aubier soit devenu duramen.

Le duramen est donc la partie centrale de l'arbre, le vieux bois. Il est composé de cellules et de vaisseaux complètement morts, chez qui la circulation a cessé. Très souvent, dans les vieux arbres, ce duramen disparaît peu à peu au fur et à mesure de sa formation sous l'influence des agents atmosphériques. Nous en avons souvent l'exemple dans les vieux bois et surtout dans les vieux saules des prairies.

L'axe de l'arbre est enfin constitué par un tube ou étui qui renferme la moelle et nommé étui médulaire. Ce n'est pas un organe proprement dit, mais plutôt un méat central laissé par le ligneux; il renferme la moelle qui se compose de cellules parenchymateuses hexagonales, lâchement réunies entre elles et qui contiennent, quand elles sont jeunes, de nombreuses matières nutritives.

Rappelons, pour mémoire, une modification du tronc, la *tige sousfrutescente*, qui est plutôt un tronc multiple et quelquefois incomplètement lignifié. La description du tronc peut lui être appliquée en tous points, car il n'en est qu'une modification.

Tiges herbacées des Dicotyllées

Malgré une dissemblance apparente, la tige des végétaux dicotyllés, herbacés, est constituée de la même manière que celle des dicotyllés ligneux, et comporte comme elle trois zones distinctes : l'écorce, le corps ligneux et l'étui médulaire.

L'écorce se compose de trois couches seulement : l'épiderme, la couche herbacée, et le liber, qui très souvent prend un développement considérable. Il se présente quelquefois sous la forme de faisceaux

séparés et interrompus, quelquefois sous la forme d'une enveloppe continue.

Entre le liber et le corps ligneux, existe une couche transparente qui peut être comparée au cambium des tiges ligneuses.

Le corps ligneux existe également avec les mêmes dispositions concentriques que nous avons observées dans les tiges ligneuses, mais avec cette différence qu'il y est réduit à sa plus simple expression. On y retrouve cependant la même organisation : faisceaux fibro vasculaires, tissus parenchymateux, rayon médulaire, etc.

L'étui médulaire que nous retrouvons au centre de la tige, prend, dans les tiges herbacées, un développement beaucoup plus important que dans les tiges ligneuses ; il arrive quelquefois à occuper la plus grande partie de la tige.

Tiges des Monocotylées

Nous avons déjà divisé les tiges des monocotylées en deux groupes : les *chaumes* et les *stipes*. Les premières appartiennent au groupe des graminées, les secondes au groupe des palmiers, des liliacées et des fougères. Comme ces derniers groupes ne sont intéressants que par leurs appendices végétaux, feuilles, pétioles, etc., nous nous abstiendrons de décrire le stipe pour nous occuper plus longtemps du chaume de beaucoup le plus important. Ils ont du reste la même structure anatomique ou à peu près.

Le chaume. — Comme dans le groupe des monocotylées, nous retrouvons une tige ligneuse et une tige herbacée, mais plus encore que dans ce groupe les analogies de structures internes et externes sont complètes. Une seule différence existe entre eux, le chaume herbacé est annuel et le chaume ligneux vivace, au moins pour quelques années.

Les graminées, et les plantes des familles voisines, ont deux espèces de tiges : la tige souterraine ou rhizome, et la tige aérienne ou chaume. Le rhizome est la vraie tige de la plante ; c'est par lui qu'elle se propage et qu'elle vit plus ou moins longtemps ; le chaume, même ligneux, a une existence limitée qui ne dépasse pas quelques années.

La propagation de la plante se fait par l'allongement du rhizome souterrain qui, chaque année, s'étend et se ramifie tout autour du centre, de sorte que ces plantes ne sont jamais uniques comme tige,

ou même comme individu, mais constituent une association de centres vitaux dépendants mais non solidaires les uns des autres. Quelques genres ont une propagation très rapide et arrivent à envahir en peu de temps des espaces considérables. Leurs rhizomes s'allongent suivant une ligne droite et horizontale, et les yeux dont ils sont pourvus émettent des chaumes qui sortent de terre à des distances variables du centre de la plante, quelquefois plusieurs mètres; la plante est dite alors traçante. D'autres groupes ont un rhizome plus court, plus ramassé sur lui-même, qui ne se développe que peu en longueur et dont les bourgeons terminaux et latéraux sortent de terre tout près du centre de la plante. Celle-ci se présente alors sous la forme d'une touffe compacte dite cespiteuse.

Les tiges souterraines et les chaumes ont à peu de différence près la même structure anatomique, mais pour plusieurs raisons dont les principales sont la conservation des plantes et la difficulté d'exploitation des tiges souterraines, les chaumes seuls sont utilisables industriellement.

La canne du roseau est un exemple complet et parfait du chaume dans tout son développement. C'est un cône très allongé à surface lisse, interrompu de distance en distance par des anneaux plus saillants qui sont le point de départ des ramifications, ou le point d'insertion des gaines ou des feuilles suivant le genre. Coupée dans le sens de sa longueur, nous voyons chacun des anneaux correspondre à des cloisons plus ou moins épaisses qui interceptent le vide central de la tige et le sectionnent en un certain nombre de loges cylindriques dont la paroi est recouverte d'une mince couche de tissu cellulaire à aspect nacré et feuilleté qu'il ne faudrait pas cependant confondre avec la moelle qui n'existe nulle part dans les chaumes, pas plus d'ailleurs que dans aucune tige de monocotylée.

Coupée en travers la section du chaume nous montre un anneau parfait ou légèrement déformé sur un côté. Cette déformation provient de la cannelure qui, dans certains genres, sillonne le méristal et correspond à une ramification.

Le chaume est constitué, comme toutes les tiges de monocotylées par une masse de tissus parenchymateux au milieu de laquelle sont épars de nombreux faisceaux fibro vasculaires. Dans le chaume, le tissu parenchymateux est réduit à sa plus simple expression alors que dans certains stipes de palmiers, de liliacées ou de fougères, il occupe

une place très considérable. Les faisceaux fibro vasculaires se rencontrent en beaucoup plus grand nombre du côté externe, et arrivent par leur grande abondance à former une espèce d'écorce excessivement dure, tandis que, du côté du centre de la tige, ils sont plus ouverts et moins serrés. A chaque nœud du chaume, les faisceaux semblent perdre leur direction parallèle et rectiligne, et s'entremêlent au sein d'une masse parenchymateuse très compacte.

Ils sont composés intérieurement d'une ou deux trachées entourées chez les liliacées de vaisseaux rayés et ponctués ; le tout est enveloppé par du tissu fibreux très allongé.

Coupé en travers, ce tissu nous apparaît comme parsemé d'un grand nombre de trous arrondis dont le nombre va croissant, mais le diamètre diminuant du centre à la périphérie.

Examinée au microscope, une préparation de pâte de paille nous montre les organes suivants : (Voir Planche XIX)

- a) Cellules parenchymateuses spiralées ;
- b) Cellules parenchymateuses lisses ;
- c) Fibres allongées ou cellules prosenchymateuses ;
- d) Fausses trachées ;
- e) Vaisseaux scalariformes d'origine fibreuse ;
- f) Fragments de trachées.

(Ce dernier organe appelé communément cellules en dents de scies se trouve dans toutes les graminées. Certains auteurs leur ont donné une origine épidermique, mais de nombreuses observations nous font croire au contraire que ce sont simplement des fragments de trachées à parois fortement injectées et à spiricules très saillantes).

Ces divers organes se retrouvent dans toutes les graminées, mais dans des proportions variables comme chacun peut s'en rendre compte par l'examen des planches.

Ainsi dans l'alfa nous retrouvons des fibres en très grand nombre, quelques rares cellules parenchymateuses, quelques cellules en dents de scies, pas de vaisseaux, ni de fausses trachées. Cela provient évidemment de ce que, dans l'alfa, la matière première est constituée par la feuille beaucoup plus que par le chaume.

Les organes de l'arundo paraissent beaucoup plus volumineux que ceux de la paille, et l'absence totale des cellules en dents de scies est très remarquable.

Le bambou, quelles que soient les espèces, nous montre des fibres

d'une longueur remarquable, associées à quelques rares cellules parenchymateuses.

Nous venons de voir quels sont les organes que nous recherchons dans les tissus végétaux, et de quelle manière ils sont distribués dans la plante. Quels sont maintenant les groupes de plantes dans lesquels nous trouverons ces organes en plus grand nombre et dans les meilleures conditions d'exploitation industrielle? Nous diviserons les plantes propres à la fabrication du papier en quatre groupes :

GRUPE I. — *Coton et Asclépias*, dont la matière première est constituée par les poils protecteurs et disséminateurs des graines. Nous passerons sous silence l'asclépias qui, pour le moment du moins, ne nous paraît pas exploitable industriellement.

GRUPE II. — *Plantes à écorces*, dans lesquelles la matière textile est constituée par le liber ou les vaisseaux fibro vasculaires des couches ligneuses des dicotyllées herbacées : chanvre, lin, ramie, ortie, genêt, broussonetier, edgworthia.

GRUPE III. — *Monocotyllées*, chez lesquelles la matière textile est constituée par les faisceaux fibro vasculaires des tiges ou des feuilles : bambou, roseaux, eulalia, paille, sorgho, alfa, aloès, phormium, varech.

GRUPE IV. — *Bois*, chez lesquels tous les organes sont plus ou moins utilisés : sapin, épicea, peuplier, bouleau et tremble.

Estimation du rendement par hectare

Nous regrettons de ne pouvoir donner avec précision le rendement par hectare des végétaux compris dans ces quatre groupes. Il est si étroitement subordonné aux conditions climatériques, à la fertilité du sol, aux soins apportés à la culture, qu'il faut, pour avoir quelque certitude à cet égard, recourir aux renseignements locaux.

Pour notre part, nous avons constaté au cours des expériences que nous avons faites sur divers points de la Provence que, dans la Crau par exemple, un hectare d'arundo donax produit à partir de la troisième année de plantation, une coupe de 12 à 15,000 kilos au

maximum, tandis que dans les îles si fertiles du Rhône, la même superficie donne une production qui atteint et dépasse 40,000 kilos.

Même remarque pour les bambous dont le rendement évalué à la quatrième année de plantation, à 5 ou 6000 kilos par hectare, peut s'élever, vers la huitième ou neuvième année dans les terrains les plus favorables à leur développement, à plus de 50,000 kilos en coupe blanche.

En ce qui concerne l'alfa, M. Trabut¹ estime que « un hectare de steppe peut contenir 3.000 à 5.000 souches qui rendront de 500 à 1.000 kilos de feuilles sèches. »

D'après M. H. Lecomte², la culture du chanvre tend à diminuer en France, mais le rendement devient de plus en plus grand, et suivant un tableau dressé par lui, dépasserait en moyenne 700 kilos de filasse par hectare.

Dans son ouvrage « La Ramie », le baron Jean de Bray³ rapporte que M. de Malartic ayant cultivé la ramie dans la plaine de Crau, a récolté 20,000 kilos de tiges vertes effeuillées par hectare, dont il a retiré 800 kilos de fibres blanchies alors que, à la Guyanne, M. Michely évalue le rendement par hectare à 3735 kilos de filasse blanchie. Il ajoute qu'on obtient également environ 3000 kilos de feuilles séchées par hectare, qui produisent une pâte à papier très blanche et très solide.

Enfin, nous avons fait connaître (page 19) l'appréciation de M. Alexandre Roy sur le rendement par hectare du pin et du sapin.

¹ *Etude sur l'Alfa*, page 29.

² *Les Textiles végétaux, leur examen micrographique*. Paris, Gauthier-Villars et Fils, G. Masson, éditeurs.

³ Paris, librairie A. Drouin, 1879.

TROISIÈME PARTIE

Caractères généraux et Caractères micrographiques

DES

PLANTES

Employées par la Papeterie

LIBRARY
UNIVERSITY OF LILLE
1911

TROISIÈME PARTIE



Caractères généraux et Caractères micrographiques

DES

PLANTES EMPLOYÉES PAR LA PAPETERIE

Caractères analytiques des fibres des Végétaux examinées au microscope

Après avoir étudié la constitution, la formation et le développement de cette matière fibreuse formant la trame des organes des végétaux, à laquelle on a donné le nom de cellulose, nous devons nous appliquer à rechercher d'une manière précise et pratique, sous le champ du microscope, les caractères physiques de ces fibres et les réactions chimiques qui se produisent par le contact de certains réactifs. Ces observations bien conduites nous permettront d'analyser les différentes espèces de fibres qui concourent à la formation de tel ou tel papier, et de déterminer exactement le nombre de chacun de ces éléments.

L'ouvrage, traduit de l'allemand et commenté par M. Marteau, intitulé : *Analyses et essais des papiers*, indique, d'une façon détaillée et aussi complète que possible, la marche à suivre pour faciliter les nombreuses analyses physiques ou chimiques auxquelles les papiers peuvent être soumis. Nous n'aborderons donc pas ce sujet et renverrons également à cet ouvrage pour la manière de faire les préparations microscopiques.

Nous donnons ci-après la description des caractères physiques propres à chaque nature de fibre. Mais il est un point qui doit fixer

particulièrement notre attention, nous voulons parler de la coloration des préparations.

L'analyse qualitative des fibres d'un papier, ou d'une pâte à papier pour nous exprimer plus correctement, est basée sur les diverses colorations que prennent ces fibres sous l'action de réactifs spéciaux. Ce fait mérite d'être étudié avec soin. Nous ne rechercherons pas, quant à présent, la cause de ces colorations, cette étude donnerait lieu à des considérations très intéressantes et instructives, mais nous devons nous borner à en constater les effets.

L'agent de coloration le plus fréquemment employé, pour l'étude des pâtes à papier au microscope, est l'iodure de potassium en solution aqueuse, à laquelle on ajoute comme véhicule ou mordant, aidant à la pénétration de la coloration, soit de l'acide sulfurique, soit du chlorure de zinc, qui l'un et l'autre attaquent à froid la cellulose.

Certains auteurs et praticiens préconisent l'emploi d'un mélange en proportions convenables d'iodure de potassium, d'acide sulfurique et de glycérine. Ce réactif ainsi composé n'exerce son action colorante sur les fibres qu'au bout d'un certain temps, et les résultats ne sont jamais bien concluants, surtout si on étudie des pâtes composées exclusivement de coton, de chanvre et de lin, et s'il s'agit d'établir la proportion de chacun de ces éléments. Les résultats sont beaucoup plus nets si la pâte est composée de fibres issues de succédanés formés de plantes annuelles ou d'écorces; il en est de même pour les bois chimiques et mécaniques d'essence résineuse ou non résineuse, car la coloration met en relief d'une façon plus complète les caractères propres aux fibres de ces divers types, et facilite ainsi leur recherche.

Le second réactif, très en usage, préférable à notre avis, est le chlorure de zinc iodé. Ce réactif exerce son action d'une façon beaucoup plus rapide et plus complète que le précédent. Les colorations obtenues sont plus intenses et plus tranchées, surtout s'il s'agit de pâtes à papier composées de coton, de chanvre ou de lin. Mais par suite de l'action énergique de ce réactif, et de l'intensité des colorations, la pâte à papier doit être absolument débarrassée de toute trace de fécule, colle, charge, qui donnent avec ce réactif une coloration violette tellement intense qu'elle empêche tout examen. Si nous analysons les succédanés fournis par les plantes annuelles ou les écorces, et les succédanés de bois résineux ou non résineux, traités chimiquement, nous obtenons une coloration violette plus ou moins

uniforme, qui nous signale à coup sûr dans une pâte à papier la présence d'un élément de ce groupe, mais nous empêche d'apprécier d'une façon précise les caractères physiques de la fibre, et par conséquent d'en déterminer la nature.

Résumant en quelques mots ce qui précède, nous dirons que, pour l'analyse qualitative et par suite quantitative des pâtes de chiffons pures ou en mélange, on doit préférer le chlorure de zinc iodé, mais que, dès qu'on veut déterminer la nature d'un succédané traité chimiquement, le mélange d'acide sulfurique et iode doit être employé. On voit donc que, pour analyser un papier composé de chiffons et d'un succédané quelconque, il faudra d'abord faire une préparation avec le chlorure de zinc iodé pour établir la proportion de chiffons et de succédanés et ensuite traiter cette pâte à nouveau par l'acide sulfurique et l'iode pour savoir si ce succédané est de l'alfa ou de la paille, du bois de peuplier ou de bouleau ; etc.

Nous voudrions pouvoir analyser les unes après les autres les compositions de pâtes qui forment les papiers actuellement dans le commerce, et en reproduire les colorations. Mais, tout fabricant ayant sa manière de travailler et ses compositions propres, il faudrait analyser chaque papier. Nous nous bornerons à étudier dans chaque classe les compositions les plus en usage. Nous diviserons les papiers en papiers de chiffons purs et papiers de succédanés. Cette seconde classe sera subdivisée d'après la qualité de la cellulose produite en succédanés fournis par des plantes annuelles et les écorces, et succédanés de plantes âgées ou bois traités chimiquement ou mécaniquement.

I. — PAPIERS DE CHIFFONS PURS

Les papiers dits de chiffons sont composés exclusivement de coton, de chanvre et de lin, ou pour employer le langage en usage de cotonnes, de toiles ou d'un mélange de ces deux éléments.

Considérons d'abord un papier composé de cotonnes seulement. Après avoir jeté un premier coup d'œil sur notre préparation dont la coloration brune caractéristique nous guidera pour rechercher les caractères physiques :

	<i>Iode et So^3</i>	<i>Chlorure de zinc iodé</i>
Cotonnes	brune	brune rouge

nous nous reporterons alors à la planche N° I qui nous donne les caractères pris sur la fibre provenant directement de la plante et dont nous trouvons la description dans le texte. Nous examinerons de même la planche II qui nous montre le travail du défilage sur cette matière brute, et enfin la planche III qui donne un type de coton passé au raffinage et par conséquent tel qu'il se trouve dans le papier. Bien que certains caractères aient pu s'affaiblir, ils sont cependant assez marqués pour que nous puissions parfaitement les reconnaître.

Etudiant de même un papier composé de toiles seulement, la coloration bleue violette que prend le chanvre dirigera notre étude des planches.

	<i>Iode et So³</i>	<i>Chlorure de zinc iodé</i>
Toiles	bleue verdâtre	bleue violette rouge

Notre étude portera, de même que pour le coton, sur la fibre provenant directement de la plante, puis sur du chanvre défilé, et enfin sur du chanvre raffiné.

Par la comparaison des couleurs et au moyen de la planche N° XXXVIII, nous pouvons étudier un mélange de coton et de chanvre, mélange fait en parties égales :

		<i>Iode et So³</i>	<i>Chlorure de zinc iodé</i>
Cotonnes		brune	brune rouge
Toiles	Chanvre	bleue verdâtre	bleue violette rouge
	Lin	jaune brune	jaune d'or intense

II. — PAPIERS DE SUCCÉDANÉS

Les papiers de succédanés occupent aujourd'hui une place considérable dans le commerce. Ils sont rarement composés d'une seule qualité de fibres; le plus souvent, ils sont formés par un alliage de plantes annuelles ou d'écorces avec les bois chimiques ou mécaniques, ou encore par un mélange de ces diverses qualités de succédanés avec le chiffon.

A. — Succédanés de plantes annuelles et d'écorces.

	<i>Iode et So³</i>	<i>Chlorure de zinc iodé</i>
Alfa	jaune brune	bleue
Paille	jaune claire	bleue
Bambou	jaune brune	bleue
Murier à papier	jaune claire	bleue

B. — *Succédanés de plantes âgées, bois.*

	<i>Iode et So³</i>	<i>Chlorure de zinc iodé</i>
Bois chimique résineux	jaune claire	bleue
Bois chimique non résineux	jaune	bleue
Bois mécanique résineux	jaune d'or	jaune pâle
Bois mécanique non résineux	jaune d'or	jaune pâle

Le microscope sert non seulement à faire l'analyse qualitative et quantitative des éléments qui composent les papiers, mais on peut encore guider d'une manière précise le travail du raffinage dans les pâtes. Il est de même intéressant de se rendre compte de la manière dont la colle et la charge se déposent sur les fibres suivant le plus ou moins d'affinité de chacune d'elles. La reproduction N^o XXXVI nous montre très nettement la manière dont se fait ce dépôt.

Enfin, étudiant par transparence un papier, on peut encore, à l'aide du microscope, se rendre compte de l'enchevêtrement des fibres et par conséquent régler le mouvement de la table de fabrication d'après la qualité des fibres employées et la qualité du papier à obtenir. Cette étude permettra également de reconnaître, d'après la contexture même du papier, si celui-ci a été fabriqué à la machine continue, à la machine ronde ou à la main. De même, on pourra suivre les effets du satinage.

Les deux reproductions que nous donnons ne sont qu'une indication de ce qu'on peut obtenir d'après ce procédé par transparence.

Pour l'analyse quantitative, il suffira de faire la proportion de chacun des éléments trouvés à l'analyse qualitative, mais il faudra avoir soin de tenir compte, dans une certaine mesure, du diamètre et du degré de raffinage de chacun de ces éléments. Il est difficile, pour ne pas dire impossible, de donner une règle absolue; l'habitude seule peut fournir des données à peu près certaines. Aujourd'hui on a une tendance de plus en plus marquée à raffiner séparément chaque nature de fibre et à se servir d'une pile mélangeuse pour obtenir l'homogénéité de la pâte. Du reste, nous avons pu remarquer que lorsqu'on raffine ensemble diverses natures de succédanés, ou même diverses espèces de chiffons, il s'établit, d'après les différences de densité des éléments, des courants, et qu'on obtient un effet souvent contraire à celui sur lequel on comptait.

PLANCHES

EXPLICATION
DES
PLANCHES

EXPOSITION DES MANUSCRITS

1881

1881

EXPLICATION DES PLANCHES



PLANCHES I, II, III. — **Coton**

Gossypium. Mult. Spe. Lin.

Description

Arbuste ligneux ou sousfrutescent, à feuilles composées. Calice à cinq dents. Fruit capsulaire à 3-5 loges polyspermes. Graines enveloppées dans des poils très allongés.

Culture

Originaire de l'Asie et de l'Amérique, ne peut être cultivé que dans la zone avoisinant les tropiques. Importé en Europe en très grande quantité pour le tissage des étoffes, le coton est aussi très apprécié par les fabricants de papier.

La matière textile est constituée par des poils unicellulaires qui recouvrent les graines.

Caractères micrographiques

Le poil se présente sous forme d'un ruban lisse et régulier à section à peu près circulaire, portant une rayure longitudinale caractéristique. L'extrémité supérieure de ce poil est conique tandis que l'extrémité inférieure présente une large déchirure résultant de la désarticulation du poil à son point d'insertion sur la graine. Par suite de la dessiccation, le poil de coton s'aplatit et se contourne sur lui-même; il se présente alors sous la forme d'un large ruban pourvu de deux rebords en ourlet.

Fibres : longueur 36,mm000

» diamètre 0,mm030

Le canal intérieur souvent aplati est très développé et absolument régulier.

Coloration

Iode et acide sulfurique : brune.

Chlorure de zinc iodé : brune rouge.

Rendement

La papeterie n'emploie le coton que sous forme de chiffon et le traite par les procédés ordinaires. Cent vingt-huit à cent trente kilos de ce chiffon de bonne qualité produisent cent kilos de pâte blanchie et sèche.

Pour les sortes communes dites cotonnes sales, la quantité de matière nécessaire pour obtenir cent kilos de pâte s'élève à cent quarante-cinq et cent cinquante kilos.

PLANCHES IV, V, VI. — **Chanvre. Cannabis Sativa**

Cannabinée. Tourn. et Lin.

Description

Annuelle, tige de deux mètres à deux mètres cinquante, simple, herbacée. Feuilles digitées formées de cinq à sept folioles, planes, acum. Fleur dioïque, les mâles en grappes, les femelles chacune pourvue d'une bractée. Fruit, cariopse uniloculaire.

Culture

Originnaire de l'Asie, mais cultivée de tout temps dans le midi de l'Europe.

Elle fournit la matière première pour les cordes et les toiles de bonne qualité.

La matière textile est constituée par les filaments très allongés du liber qui est lui-même formé d'un tissu fibro-vasculaire très souple et très tenace. Cette matière s'extrait de la plante au moyen du rouissage.

Caractères micrographiques

Les fibres de chanvre agglomérées en faisceaux très caractéristiques se présentent sous forme de rubans à parois épaisses, striés longitudinalement et transversalement, et cannelés à leur surface par des nœuds ou renflements.

L'extrémité de la fibre se présente en pointe émoussée en forme de spatule, souvent désagrégée sur la longueur.

Fibres : longueur 22,mm000

» diamètre 0,mm019

Le canal central large, régulier, est souvent peu apparent.

Coloration

Iode et acide sulfurique : bleue verdâtre.

Chlorure de zinc iodé : Bleue violette rouge.

Rendement

Employé sous forme de chiffons, de déchets de cordes et quelquefois aussi à l'état de filasse dans la fabrication des beaux papiers, le chanvre est traité d'après les procédés usuels. Pour obtenir cent kilos de pâte blanchie et sèche, il faut :

Chiffon de bonne qualité et usagé, environ cent vingt à cent ving-trois kilos.

Cordes, environ cent trente kilos.

Filasse, environ cent quinze kilos.

PLANCHE VII. — **Lin. Lin de Riga**

Linum Usitatissimum. Linées. Lin.

Description

Annuelle, tige de cinquante centimètres, simple, herbacée. Feuilles linéaires lancéolées. Fleur bleue à cinq pétales.

Culture

Cette plante est acclimatée dans toute la zone tempérée et jusque dans le nord de l'Europe. La culture en est très étendue et fournit une quantité considérable de matière première pour le tissage des linges de belle qualité.

La matière textile est constituée par les filaments du liber qui est lui-même formé d'un tissu fibro-vasculaire très souple et très tenace. Cette matière s'extrait de la plante au moyen du rouissage.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, lisse à membrane épaisse, mamelonnée et ponctuée, marquée de distance en distance par des anneaux d'épaississement. Extrémités très effilées. Cette fibre se présente sous un aspect rectiligne ou légèrement arqué.

Fibres : longueur 30,mm000

» diamètre 0,mm017

Le canal central est généralement bien marqué, mais par suite de l'épaississement de la membrane, il n'apparaît souvent que comme une ligne sombre.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune brune.

Chlorure de zinc iodé : jaune d'or intense.

Rendement

Le lin est employé à fabriquer les papiers fins, sous forme de chiffons traités par les procédés ordinaires. Le rendement est variable suivant l'état d'usure de cette matière; cent quinze à cent dix-huit kilos de lin à l'état de chiffon neuf, produisent cent kilos de pâte blanchie et sèche.

PLANCHE VIII. — **Ramie. Urticacées.**

Urtica Nivea. Urtica tenacissima. Lin. Roseb

Description

Plante vivace, sousfrutescente, tiges de deux à quatre mètres, multiples. Feuilles ovales dentées, d'un vert sombre sur la face externe, et blanches duveteuses sur la face interne. Fleur monoïque en grappes.

Culture

Cette plante est cultivée depuis longtemps en Chine, dans l'Inde et l'Archipel Indien. Des essais d'acclimatation ont été faits en France dans les départements méridionaux ainsi qu'en Algérie mais sans donner, jusqu'à présent, des résultats bien probants.

Sa culture, trop restreinte encore, fournit cependant une matière de toute première qualité.

La matière textile est constituée par les filaments du liber qui sont extraits de la plante par des procédés mécaniques.

Caractères micrographiques

La fibre isolée, ou réunie en faisceaux d'une désagrégation facile, porte des stries longitudinales obliques à la longueur. Les stries transversales sont peu nombreuses. La fibre est terminée par deux pointes en forme de spatule.

Fibres : longueur 200,^{mm}000

» diamètre 0,^{mm}040

Le canal central, large, est à peu près régulier.

On observe souvent dans la masse des fibres très largement spiralées.

Coloration

Iode et acide sulfurique : bleué.

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

La filasse, dont le prix est assez élevé, n'est guère entrée jusqu'à présent en France que dans la composition de certains papiers fiduciaires de qualité supérieure. Elle est classée comme matière se comportant très bien lorsqu'on l'emploie pour fabriquer des papiers à la forme.

Les feuilles de cette plante, étant elles-mêmes très fibreuses, donnent aussi une pâte à papier à la fois très solide et blanche.

Toutefois, le traitement de la ramie nécessite l'emploi de procédés particuliers, variables suivant les applications que le fabricant veut en faire et le matériel dont il dispose.

Le rendement est à peu près identique à celui des plus belles filasses de chanvre.

PLANCHE IX. — **Ortie**

Urtica Urens. Mult Spe. Tourn.

Description

Vivace, tige de cinquante centimètres à un mètre, munie de poils. Herbacée ou sousfrutescente. Feuilles alternes dentées. Fleur monoïque ou dioïque disposée en épis.

Culture

Plante croissant spontanément dans les lieux incultes, et se rencontrant en espèces différentes sous toutes les latitudes.

Caractères micrographiques

La fibre se présente sous forme d'un fuseau effilé, sillonné longitudinalement et strié obliquement. Elle a comme aspect général beaucoup d'analogie avec la fibre du chanvre.

Fibres : longueur 25,mm000

» diamètre 0,mm040

Le canal central, régulier, très apparent, est à paroi mince.

Coloration

Iode et acide sulfurique : brune.

Chlorure de zinc iodé : bleue violette.

Rendement

Quelques essais, rares encore, ont été faits en papeterie avec cette plante qui fournit une très belle matière première, constituée par les filaments du liber, et un rendement à peu près égal à celui du chanvre lorsqu'elle est traitée par les mêmes procédés.

PLANCHE X. — Genet d'Espagne

Spartium Junceum. Lin.

Description

Arbrisseau ligneux de deux mètres, à rameaux glabres cylindriques. Feuilles rares, lancéolées. Fleur jaune papilionacée.

Culture

Spontanée dans tout le sud de l'Europe.

On extrait des tiges de cette plante une filasse un peu grossière qui n'a pas reçu, jusqu'à présent, une application industrielle bien étendue.

La matière textile est constituée par les faisceaux ligneux; elle s'extrait de la plante par des procédés mécaniques et chimiques.

Caractères micrographiques

La fibre très élargie et aplatie dans le milieu se termine par deux extrémités effilées.

Fibres : longueur 10,mm000

» diamètre 0,mm020

Le canal, régulier, adopte tout à fait la forme en losange allongé de la fibre.

Coloration

Iode et acide sulfurique : brune qui peut passer au jaune paille dans les cellules vieilles et injectées.

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

La filasse extraite du Genet d'Espagne, propre et soyeuse, peut, dans cet état, être comparée à la filasse du chanvre, et traitée par les mêmes procédés, donne un rendement presque aussi considérable.

PLANCHE XI. — Murier à Papier

Broussonetia Papyrifera. Morées. Willd.

Description

Arbre ligneux s'élevant de dix à quinze mètres de hauteur, à feuilles polymorphes. Fleurs en capitules d'environ deux centimètres pourvues de bractées. Les fruits sont des akènes charnus.

Culture

Originaire probablement de la Chine et du Japon, cette plante est dans ces pays, ainsi qu'en Polynésie, l'objet d'une culture très importante. L'écorce est exploitée pour la fabrication des étoffes et du papier.

La culture de cette plante, très possible en Europe, est des plus facile et devrait être conduite comme une culture forestière.

La matière textile est constituée par le liber très abondant qui enveloppe les tiges et les branches. On l'extrait par des procédés mécaniques et le rouissage.

Caractères micrographiques

La fibre se présente sous forme d'un fuseau très allongé, à parois minces et transparentes, striées dans la longueur. L'extrémité arrondie se termine souvent en spatule. Les fibres sont quelquefois réunies en faisceaux.

Fibres : longueur 15,mm000

» diamètre 0,mm030

Canal central bien marqué, se présente souvent comme une ligne.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune claire

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

La filasse, extraite des tiges et surtout des branches, sert en Orient à la fabrication des plus beaux papiers de Chine et du Japon si recherchés et estimés.

Egalement introduite en Europe par quelques rares fabricants, dans la composition de papiers spéciaux, elle donne des produits très propres, souples et résistants.

Son rendement varie entre cinquante et soixante pour cent suivant l'état de maturité de la plante ou de formation de l'écorce, et aussi suivant le degré de lessivage et de blanchiment auquel elle est soumise.

PLANCHE XII. — *Edgworthia Papyrifera*.

Thymelécées

Description

Arbrisseau d'un mètre cinquante à deux mètres, multicaule, à feuilles alternes lancéolées, inflorescence en corymbe. Fleurs paraissant avant les feuilles, blanches à centre jaune, très odorantes. Cet arbuste offre cette particularité que les ramifications et le prolongement de la tige sont toujours disposés par trois.

Culture

Cette plante est originaire du Japon où elle l'objet d'une culture importante pour la fabrication du papier dit *Papier Impérial*. Quelques rares exemplaires ont été introduits en France où elle n'a été cultivée que comme plante ornementale.

Comme dans toute la famille des thymelécées, la matière textile est constituée par un liber très développé formé lui-même de filaments fibreux très longs et très soyeux, blancs nacrés.

La matière textile est extraite en Chine et au Japon par des procédés mécaniques très rudimentaires et sa blancheur est telle qu'elle est utilisée pour la fabrication du papier sans le secours d'aucun agent chimique.

Caractères micrographiques

Fibre très allongée (la plus longue de toutes les fibres extraites de tissus), à parois lisses et minces, marquées de distance en distance par des anneaux d'épaississement. Elle se présente sous un aspect très enchevêtré à extrémités effilées. C'est pour la papeterie une matière de tout premier ordre, donnant des produits d'une solidité et d'une souplesse égale à celle de l'étoffe.

Fibres : longueur 30,mm000

» diamètre 0,mm012 environ

Coloration

Iode et acide sulfurique : brune.

Chlorure de zinc iodé : canal jaune clair et paroi bleue.

Le canal central, à parois minces, occupe une grande partie de la fibre.

Rendement

Les expériences faites sur les propriétés de l'*edgworthia* permettent d'affirmer que son rendement en pâte à papier est très considérable.

PLANCHE XIII. — Bambous (Nees)

Famille des Graminées. Sous tribu des Bambusées



Généralités

Sous le nom générique de bambous, on comprend toute une catégorie de plantes dont les nombreuses espèces sont très répandues, sauf en Europe où quelques genres cependant ont été acclimatés.

Description

Ce sont des végétaux ligneux à tige souterraine rhizomateuse dont les bourgeons produisent des chaumes ligneux, fistuleux et munis de nœuds. Suivant les espèces, ces chaumes peuvent varier de cinquante centimètres à trente mètres de hauteur, munis de branches, qui, elles-mêmes, produisent des ramifications secondaires. L'inflorescence extrêmement rare est un panicule formé d'épillets. Les deux genres suivants, à végétation vernale, ont pu être acclimatés en Europe; ce sont les phyllostachys et les arundinarias. Les autres, tous à végétation automnale, ne peuvent se cultiver que sous les tropiques et sous l'hémisphère austral.

D'après ce qui ressort de l'étude anatomique des tiges des monocotyllés, la matière textile du bambou comme de toutes les graminées, est constituée par les filaments fibro-vasculaires qui, mêlés au tissu parenchymateux, constituent la tige et ses appendices.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, lisse, à membrane mince, sans couche d'épaississement. Extrémités très effilées. Cette fibre se présente sous un aspect rectiligne ou légèrement arqué. On y observe souvent une ligne longitudinale sombre et quelquefois aussi on rencontre des fragments de trachées qui apparaissent sous la forme de cellule rectangulaire dont les bords seraient découpés en dents de scie.

Le canal central est largement ouvert.

Fibres : longueur 6,mm000 à 10,mm000
» diamètre 0,mm015

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune brune.

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

Cette matière première est employée de temps immémorial en Chine, au Japon et dans les Indes¹, où elle entre pour une très grande part dans la fabrication du

⁽¹⁾ Annals of the Royal Botanic Garden, Calcutta, Vol. VII. The Bambuseæ of British India, by J. S. Gamble M. A., F. L. S. Conservator of Forests, School Circle, and Director of the Imperial Forest School, Dehra Dun, 1896.

papier. Les tiges, pesées à l'état de siccité normale, et traitées à l'aide de procédés mécaniques et chimiques spéciaux, fournissent une proportion de pâte blanchie variant entre trente-sept et quarante-trois pour cent, suivant l'âge et l'espèce de la plante¹.

PLANCHE XIV, XV. — **Arundo Donax. Canne de Provence**

Graminées Festucacées. Lin.

Description

Vivace, chaume élevé de trois à six mètres. Feuilles engainantes lancéolées. Inflorescence en panicule formée d'épillets.

Culture

Spontanée dans les départements méridionaux et tout le littoral méditerranéen. Cette plante qui ne reçoit pas de culture proprement dite est cependant l'objet d'une exploitation importante, et ses chaumes sont très recherchés pour divers usages agricoles.

Comme pour le bambou, la matière textile est constituée par des filaments fibro-vasculaires épars au milieu du tissu parenchymateux du chaume et de ses appendices.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, à membrane lisse, mince; quelques-unes se distinguent par des anneaux d'épaississement. On remarque sous le champ du microscope de nombreuses cellules parenchymateuses très caractéristiques et des fragments de trachées. Extrémités très effilées et se présentant sous forme de fuseaux contournés sur eux-mêmes.

Fibres : longueur 10,mm000

» diamètre 0,mm015

Canal central très développé.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune paille.

Chlorure de zinc iodé : bleue violette.

¹ Pour la description des genres et la culture, consulter les ouvrages spéciaux, notamment la *Notice sur l'acclimatation et la culture industrielle du bambou dans le sud de la vallée du Rhône*, par M. FLEURY PERCIE DU SERT.

Rendement

La pâte d'arundo donax employée dans des fabriques de papier, plus spécialement en Amérique, Espagne et Italie, donne une fibre souple, longue, d'un feutrage facile, permettant de produire de beaux papiers. Les tiges, dont le blanchiment exige certaines précautions, et l'emploi de procédés un peu spéciaux, produisent à l'état de siccité normale trente-huit à quarante pour cent de pâte blanchie et sèche.

PLANCHE XVI. — **Arundo Phragmites**

Graminées. Festucacées. Trin.

Description

Vivace, longuement traçante, tige d'un mètre cinquante à deux mètres, raide. Feuilles largement lancéolées. Inflorescence en panicule, diffuse, souvent colorée en violet foncé.

Culture

Cette plante, spontanée dans les lieux marécageux des pays tempérés, n'a jamais reçu aucune culture. Elle est cependant l'objet d'une exploitation assez importante dans les régions où elle se trouve.

La matière textile est constituée par les filaments fibro-vasculaires de la tige, et donne une matière première d'assez bonne qualité.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, à membrane mince. Extrémités effilées. Cette fibre qui se présente sous forme d'un fuseau arqué est contournée souvent sur elle-même. Elle est mêlée à de nombreuses cellules parenchymateuses, et à des fragments de vaisseaux et de trachées.

Fibres : longueur 4,mm000 à 6,mm000

» diamètre 0,mm025

Canal central très largement ouvert.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune claire

Chlorure de zinc iodé : violette.

Rendement

Les tiges, traitées par les mêmes procédés que l'arundo donax, donnent des résultats analogues, soit un rendement d'environ quarante pour cent en pâte blanchie et sèche.

PLANCHE XVII. — **Bauque. Arundo Festucoïdes**

Description

Vivace, tige d'un mètre à un mètre cinquante, simple sousfrutescente. Feuille linéaire lancéolée, engainante. Fleur en panicule blanchâtre très lâche.

Culture

Cette plante est spontanée dans les marais et dans les cours d'eau. Elle fournit à l'état jeune un foin de qualité inférieure.

La matière filamenteuse s'extrait de la plante entière.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, extrémités très effilées, à membrane mince. On remarque beaucoup de cellules parenchymateuses de petite dimension, des fragments d'épiderme et de vaisseaux.

Fibres : longueur 2,mm000

» diamètre 0,mm013

Canal central assez apparent mais très réduit.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune paille.

Chlorure de zinc iodé : jaune

Rendement

La bauque est employée, de préférence, à fabriquer des papiers d'emballage de très bonne qualité. Elle est d'un feutrage facile. Pour l'introduire dans la composition des sortes fines, il convient de la traiter comme l'alfa. Elle fournit alors une pâte à papier dont le rendement, variable suivant la nature du terrain qui la produit, est comparable à celui des alfas les plus ordinaires, soit quarante à quarante cinq pour cent.

PLANCHE XVIII. — *Eulalia Japonica*. Hort.

Graminées.

Description

Plante vivace, d'introduction récente, originaire du Japon, tige de deux à trois mètres, simple, sousfrutescente, renfermant de la moelle dans le canal intérieur, interrompue de distance en distance par des nœuds. Feuilles très longuement lancéolées et engainantes, panachées dans certaines espèces horticoles. Fleurs en panicule grisâtre.

Culture

Cette plante cultivée jusqu'à présent pour l'ornementation des jardins, peu difficile sur la qualité du sol, peut produire des coupes très abondantes; elle pousse en touffes serrées, d'un aspect très ornemental.

Caractères micrographiques

Comme dans tout le groupe des monocotyllés, la matière utilisable est constituée par les filaments fibro-vasculaires très résistants.

Fibre allongée, lisse à membrane mince, sans couches d'épaississement. Extrémités finement arrondies. Cette fibre très enchevêtrée est mêlée à de grandes cellules parenchymateuses provenant de la moelle. On y rencontre des trachées dont les bords sont nettement découpés en dents de scie, ainsi que des vaisseaux scalariformes.

Fibres : longueur 5,^{mm}000

» diamètre 0,^{mm}014

Canal central bien ouvert.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune.

Chlorure de zinc iodé : jaune.

Rendement

Les opérations analytiques faites pour déterminer la proportion de fibres contenue dans l'eulalia, démontrent qu'elles sont très allongées, résistantes, et peuvent être comparées, au point de vue du rendement, à l'arundo, soit quarante pour cent.

PLANCHES XIX, XX. — *Triticum Vulgare*

Paille. Lin.

Description

Annuelle, simple, fistuleuse, munie de nœuds; tige d'un mètre à un mètre cinquante. Feuilles lancéolées, engainantes. Inflorescence en épis formés d'épillets sessiles.

Culture

Il est inutile de rappeler la culture du froment que tout le monde connaît.

Caractères micrographiques

Les fibres sont constituées par des cellules prosenchymateuses en forme de fuseaux allongés, à pointes émoussées ou brisées et presque toujours recourbées. Ces cellules sont à membrane mince et lisse.

On rencontre dans la masse des tissus, de nombreux vaisseaux scalariformes très caractéristiques, ainsi que des trachées, des fausses trachées et des cellules parenchymateuses spiralées.

Nous attirerons spécialement l'attention du lecteur sur ces fragments de trachées appelés communément cellules en dents de scies que l'on trouve dans toutes les graminées dont nous avons déjà parlé.

Fibres : longueur 2,mm000
» diamètre 0,mm015

Le canal central, étroit et souvent resserré sur lui-même, est cependant très bien marqué.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune claire.

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

La paille dont l'emploi était généralement répandu dans la papeterie il y a quelques années, est moins en usage aujourd'hui. Tous les ouvrages spéciaux décrivent les divers modes de traitement auxquels elle peut être utilement soumise. Elle donne, d'après le *Mémoire du Syndicat professionnel des Fabricants de Pâtes à papier et de Cellulose*, déjà cité, trente-huit kilos de pâte sèche blanchie par cent kilos de paille.



PLANCHE XXI. — **Sorghum Vulgare**

Millet à balais. Perse.

Description

Grande plante annuelle, tige dressée, simple, munie de nœuds. Contrairement aux graminées étudiées précédemment, la tige du sorgho est pleine. Elle est constituée par un parenchyme très lâche au milieu duquel sont noyés de gros filaments fibro-vasculaires. Feuilles simples, lancéolées, engainantes, duveteuses. Inflorescence en panicule.

Culture

Cette plante est l'objet d'une culture assez importante en Provence et en Languedoc comme céréale secondaire. Ses panicules séchées et dépouillés de leurs graines sont employés pour la confection des balais.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, à extrémités obtuses, lisses, à membrane mince, se présentant sous un aspect enchevêtré et mêlée à de nombreuses cellules parenchymateuses.

Fibres : longueur 4,^{mm}000

» diamètre 0,^{mm}015

Canal central bien marqué

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

La tige, employée par quelques fabricants de papier du Midi à la production des sortes communes, ne donne pas des résultats bien encourageants, le rendement en cellulose fibreuse étant très faible. Elle offre, en outre, le grave inconvénient de recéler une notable quantité de sucre qui rend le traitement difficile surtout au point de vue du lessivage.

PLANCHES XXII, XXIII. — Alfa

Stipa ténacissima. Lin.

Description

Vivace, tige de soixante centimètres, herbacée. Feuilles linéaires, repliées sur elles-mêmes. Inflorescence en panicule formé d'épillets pédonculés.

Culture

Spontanée dans les lieux arides du nord de l'Afrique et du sud de l'Espagne. Cette plante est l'objet d'une exploitation très importante en Algérie et en Tunisie pour la fabrication du papier et de certaines vanneries.

La matière textile est formée par les tissus ligneux et fibro-vasculaires qui forment la trame des feuilles et de la tige. Elle est isolée par les procédés chimiques ordinaires et par la lessive de soude en particulier.

Caractères micrographiques

La fibre se présente sous forme d'un fuseau allongé et régulier, les extrémités sont effilées et on ne distingue sur la paroi cellulaire aucune couche d'épaississement.

On rencontre de nombreux poils d'un diamètre supérieur à celui des fibres et terminés à une extrémité par une pointe effilée et à l'autre par une déchirure caractéristique.

On y remarque également des cellules épidermiques à bords ondulés et quelques fragments de trachées.

Fibres : longueur 1,mm500

» diamètre 0,mm013

Le canal central bien caractérisé apparaît généralement comme une ligne, grâce à l'épaisseur de la membrane, mais il est d'ordinaire très apparent.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune brune.

Chlorure de zinc iodé : bleue.

Rendement

Cette fibre, d'un feutrage facile, donne beaucoup de souplesse et de main au papier.

En Angleterre, et plus spécialement en Ecosse, les fabricants de papier excellent dans l'art de produire, avec l'alfa, employé pur ou mélangé d'autres pâtes, des quantités considérables de papiers, exceptionnellement beaux sous le rapport de la pureté et de la qualité.

Le traitement de cette pâte exige des soins tout particuliers, et l'emploi judicieux de divers appareils spéciaux.

Lorsqu'une usine réunit toutes les conditions requises, on obtient de l'alfa d'Espagne un rendement à peu près régulier de cinquante pour cent, tandis que les alfas d'Algérie et de la Tripolitaine, de moins belle qualité, et surtout moins propres, ne produisent que quarante à quarante-cinq pour cent de pâte sèche et blanchie.

PLANCHE XXIV. — Aloès

Agave Americana. Lin. — Famille des Amaryllidées

Description

Plante vivace, à tige courte. Feuilles très volumineuses, toutes radicales, lancéolées, canaliculées, terminées et bordées par de fortes épines.

Cette feuille est formée par un parenchyme très aqueux, à cellules de grande dimension. Au milieu de ce parenchyme, existe tout un réseau de faisceaux fibro-vasculaires analogues à ceux que nous trouvons dans les tiges des végétaux monocotyllés.

L'inflorescence est une série de corymbes portés sur une hampe de grande dimension pouvant atteindre jusqu'à dix mètres de hauteur.

Culture

Cette plante, originaire de l'Amérique du Sud, a été introduite en Europe vers le milieu du XVI^{me} siècle, et s'est naturalisée dans toute la région méditerranéenne.

La matière textile est constituée par les faisceaux fibro-vasculaires dont il a été question plus haut et peut être extraite par des procédés mécaniques.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, à membrane épaisse portant des renflements assez variables; tantôt la fibre est étranglée, tantôt large et contournée sur elle-même. Il y a des stries et des spores assez caractéristiques. Extrémités très effilées, mais pouvant se désagrèger et présenter l'aspect de la fibre du chanvre.

Fibres : longueur 3,^{mm}000
» diamètre 0,^{mm}016

Canal central bien marqué.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune brune.

Chlorure de zinc iodé : jaune brune intense.

Rendement

L'aloès, désigné aussi en papeterie sous le nom de *Pite*, produit une matière première de très bonne qualité, surtout lorsqu'elle est traitée à l'état neuf.

Plus généralement, le fabricant de papier la reçoit sous forme de tissus ou de sacs usagés pour l'emballage de la laine, du coton, etc. Dans ces conditions, on estime que pour obtenir, par les procédés ordinaires, une pâte jaune clair (teinte soie écrue) le déchet est de trente-trois pour cent, et qu'il atteint trente-sept pour cent lorsqu'on veut arriver à produire de la pâte très blanche et sèche.

PLANCHE XXV. — **Phormium**

Phormium Tenax. Forst.

Description

Plante vivace, herbacée, à feuilles toutes radicales disposées en éventail de deux mètres. Inflorescence en panicule conique. Fleur unilatérale.

Culture

Cette plante, originaire de la Nouvelle-Zélande, est très bien acclimatée dans le sud de la France, où elle n'a cependant été cultivée, jusqu'ici, que comme plante d'ornement.

La matière textile est constituée par les faisceaux fibro-vasculaires des feuilles. La fibre, assez résistante, peut être extraite au moyen du rouissage; cependant c'est par le lessivage que les fabricants de papier la traitent.

Caractères micrographiques

Fibre allongée, à parois lisses, marquée de distance en distance par des anneaux d'épaississement auxquels correspond souvent un coude de la fibre, ce

qui lui donne l'aspect du chaume d'une graminée. Extrémités terminées en pointes effilées.

Fibres : longueur 3,mm000

» diamètre 0,mm014

Canal très apparent, très régulier, à parois minces. On observe souvent à l'intérieur des bâtonnets.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune intense.

Chlorure de zinc iodé : jaune brune.

Rendement

La papeterie emploie d'assez grandes quantités de phormium expédié sec en balles de l'étranger, ou provenant, le plus souvent, de tissus ou de sacs usagés comme emballages. Dans ce dernier cas, le déchet varie de trente à trente-cinq pour cent, suivant l'état de la matière première.

On tend quelquefois à confondre le phormium avec le *Jute* qui lui est bien inférieur.



PLANCHE XXVI. — Varech

Zostera Marina. Lin.

Description

Tige rampante et rameuse, herbacée. Feuilles linéaires, étroites, très longues, membraneuses et planes. Fleur monoïque nue, réunie en épi et renfermée dans la gaine d'une feuille florale.

Culture

Plante très répandue dans les fonds sablonneux de l'Océan et la Méditerranée sous le nom de varech.

Caractères micrographiques

Cette fibre se présente sous forme d'un fuseau très fin, lisse et régulier, extrémités terminées en pointes.

Fibres : longueur 3,mm000

» diamètre 0,mm006

Canal central très tenu, se réduit à une ligne.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune.

Chlorure de zinc iodé : jaune brune.

Rendement

Cette matière, utilisée comme succédané du crin pour la confection des matelas, a été employée industriellement, il y a un certain nombre d'années, dans une papeterie située en Provence, sur les bords de l'étang de Caronte. Mais les varechs à peu près constamment immergés dans l'eau de mer, demeurent imprégnés d'une telle quantité de sel, qu'il est très difficile de les amener à l'état de siccité normale; et il résulte des expériences faites récemment, que le rendement en cellulose est très faible.

PLANCHES XXVII, XXVIII. — **Bois résineux**

Description

Les bois résineux, employés pour la fabrication du papier, proviennent tous des genres *Abies*, *Larix* et *Pinus*, de la famille des conifères.

L'*Abies pectinata* ou sapin argenté, l'*Abies excelsa* ou *Epicea*, et le *Larix* ou mélèze d'Europe, et diverses espèces de pins, couvrent des espaces très étendus dans les forêts du nord de l'Europe et toutes les régions montagneuses de la France, notamment les Alpes, les Vosges, le Jura et les Cévennes. Il est à remarquer toutefois que dans ces dernières régions c'est l'*Abies pectinata* qui domine; il y est d'ailleurs spontané; l'*Abies excelsa* et le *Larix Europea* y ont été acclimatés mais on n'en rencontre pas encore de grandes quantités. D'autres espèces, employées jusqu'à ce jour pour l'ornementation des jardins, pourraient être cultivées très avantageusement pour la fabrication du papier. Leur végétation rapide et régulière, le beau grain de leur bois, font espérer, en effet, que des plantations importantes pourraient en être faites. Un essai de reboisement tenté dans le massif du Pilat (Loire), à l'altitude de mille cent mètres, avec l'*Abies Tsuga Douglasii*, originaire de l'Amérique septentrionale, et introduit en Europe en 1827, a parfaitement réussi, et tout permet de croire que nos forêts s'enrichiront prochainement de cette nouvelle espèce qui atteint, dans son pays d'origine, soixante-cinq mètres de hauteur.

Jusqu'à ce jour, les bois employés pour la fabrication du papier ont été, en majeure partie, importés en France de Suède, de Norvège, etc., et le grave reproche fait à nos bois indigènes est la trop grande quantité de nœuds prove-

nant de l'insertion des branches. On a reconnu depuis quelques années qu'en exploitant les bois à l'âge de vingt ou vingt-cinq ans, au lieu de quarante ou soixante, on obviait en partie à cet inconvénient. C'est ce qui se pratique dans quelques grandes usines au Canada, mais déjà on se plaint qu'elles déboisent rapidement les forêts qui les avoisinent. En France, ce mode d'exploitation serait ruineux pour les propriétaires et désastreux pour le pays. Cependant des fabricants de pâtes de bois ont, depuis peu, tenté un essai d'exploitation des Cévennes dans cet ordre d'idées.

L'industrie prépare les pâtes de bois au moyen de deux procédés : le procédé mécanique et le procédé chimique.

Le *procédé mécanique*, brutal, ne produit que des pâtes de qualité inférieure, et consiste dans la simple désagrégation des tissus par un broyage énergétique. Les fibres ne conservent plus leur forme allongée, les cellules restent injectées de toutes les matières contenues dans l'eau de végétation, de leur matière agglutinante et incrustante, et ne peuvent donner que des pâtes très secondaires par suite du peu de pureté de la cellulose.

La *pâte de bois traitée chimiquement* n'offre pas ces inconvénients, car elle est constituée par des fibres bien dissociées au moyen des bisulfites ou de la soude; elles conservent toute leur longueur, et les lavages successifs auxquels elle est soumise rendent la cellulose beaucoup plus pure.

Caractères micrographiques

Fibres allongées, à extrémités obtuses, plates, à parois épaisses et fortement injectées. On observe, sur toute la longueur, un grand nombre de lentilles beaucoup plus transparentes et entourées d'un cercle plus coloré que la paroi de la cellule; ces cellules sont dites mamelonnées.

Coloration

Iode et acide sulfurique : jaune claire.
Chlorure de zinc iodé : bleue.

Observation

On retrouve dans la pâte de bois mécanique les mêmes caractères que dans la pâte de bois chimique, mais la trituration brutale et prolongée que les fibres ont eu à subir, et l'absence de lavage, rendent les caractères beaucoup plus confus. De plus les fibres sont aplaties, brisées et très écourtées.

Coloration

Iode et So^3 : jaune d'or.
Chlorure de zinc iodé : jaune pâle.

Rendement

La densité des bois les plus propres à la fabrication des pâtes à papier présente des variations accusant de tels écarts de poids au mètre cube que, pour certaines essences, ils s'élèvent à un quart, voire même à un tiers.

Très différente est aussi l'estimation que font les fabricants des pertes qui résultent de l'enlèvement des nœuds et déchets, de l'entraînement des fibres et des matières incrustantes en cours de fabrication. Aussi, trouve-t-on en consultant les nombreux ouvrages qui donnent la description des procédés en usage pour le traitement du bois, des divergences d'appréciation qui doivent être attribuées, en grande partie, à ces causes.

D'après un tableau dressé par M. Urbain¹, le produit absolu en cellulose que donnent les essences de bois nouvellement abattues serait : *pour les bois résineux*, de trente-trois à trente-huit pour cent, et pour *les bois non résineux*, de vingt-six à trente-six pour cent.

M. Alexandre Roy² trouve par son calcul « qu'un pin de trente-cinq à quarante ans, écorcé, ébranché, énodé, ne représente guère qu'un mètre cube et fournira à peine cent soixante kilos de pâte propre à la papeterie ».

PLANCHES XXIX à XXXIV. — Bois non résineux

Description

Les bois non résineux, employés pour la fabrication du papier, appartiennent à de nombreux genres botaniques, mais les principaux employés sont : *Betula Alba*, *Populus Tremula*, les différentes espèces de *Populus* et notamment le *Tremula* ou peuplier tremble, le *Nigra* ou peuplier suisse, l'*Angulata* ou peuplier de la Caroline, le *Fastigiata* ou peuplier d'Italie, le *Canescens* ou grisard, *Candicans* ou peuplier du lac Ontario, *Nivea* ou peuplier neige, etc. Ces espèces habitent les rivages des fleuves et tous les terrains humides et profonds. Elles produisent un bois à grain fin et serré, tendre et facile à travailler.

Une pâte importée d'Amérique, sous le nom de pâte de *Magnolia*, paraît donner un produit de bonne qualité, mais nous n'osons pas affirmer que cette pâte provienne du *Magnolia*.

Comme pour les bois résineux, ces bois sont traités mécaniquement et chimiquement. Le premier mode de traitement offre pour ces essences les mêmes

¹ *Les succédanés du chiffon en papeterie*, page 90.

² *Bulletin de la Société des Agriculteurs*, 15 juin 1897, page 298.

inconvenients que ceux déjà signalés. Cependant, la pâte obtenue avec ces espèces est plus souple et moins cassante, cela tient à ce que souvent les bois employés sont plus jeunes et l'injection cellulaire moins complète.

Caractères micrographiques

Tremble

Fibre très allongée, à paroi mince et à extrémités effilées. Le canal central apparaît comme une ligne large et plus foncée, marquée dans le milieu d'un trait plus clair. On rencontre, disséminés dans la masse, de nombreux vaisseaux ponctués.

Coloration. — Iode et acide sulfurique : jaune.

Chlorure de zinc iodé : bleue foncée.

Coloration pâte mécanique. — Iode et acide sulfurique : jaune claire.

Chlorure de zinc iodé : jaune claire.

Peuplier. Bouleau blanc

Fibre allongée et très effilée, à parois épaisses, canal central marqué par une ligne plus claire. On observe dans la masse, des trachées à section très large et dont les spiricules sont très minces et très serrées pour le peuplier, très larges, au contraire, pour le bouleau.

Coloration. — Iode et acide sulfurique : jaune.

Chlorure de zinc iodé : bleu claire.

Magnolia

Fibres longues, à parois épaisses, recouvertes d'une couche d'épaississement accusée par une double ligne. Extrémités émoussées. On rencontre, dans la masse, des trachées larges à spiricules serrées et renfermant des agglomérations de corpuscules arrondis.

Coloration. — Iode et acide sulfurique : jaune.

Chlorure de zinc iodé : bleue claire.

Rendement

Le *Syndicat Professionnel des Fabricants français de Pâtes à papier et de Cellulose*¹, a estimé qu'il faut six cent cinquante kilos de tremble ou de bouleau pour obtenir cent trente kilos de *pâte de bois chimique sèche*, et trois cent vingt-cinq kilos de bois pour fabriquer cent kilos de *pâte mécanique*.

¹ *Mémoire sur le Régime douanier.*

PLANCHE XXXV. — **Fibre Animale**

Les rognures de peaux de diverses provenances servent à la fabrication d'un papier spécial appelé : parchemin artificiel.

Ce papier, longtemps en usage pour la confection des gargouses, est encore employé par les filateurs, batteurs d'or, etc.

PLANCHE XXXVI.

Adhérence de la colle et de la charge autour des fibres

Cette reproduction d'un papier non entièrement lavé, ni complètement désagrégé, démontre sous quelle forme la résine libre ou le résinate d'alumine, suivant les diverses opinions, est précipitée sous l'action chimique du sulfate d'alumine et retient la charge.

PLANCHES XXXVII à XLIX. — **Papiers divers**

Ces planches, ainsi que plusieurs des précédentes : III, VI, XV, XX, XXXIII, reproduisent la composition de papiers fabriqués à diverses époques, soit à la cuve ou à la forme, soit à la machine continue. Elles portent l'indication des pâtes qu'elles contiennent, pour faciliter le contrôle des expériences par comparaison.

Les planches XLVIII et XLIX qui sont la reproduction directe par transparence de papiers non désagrégés, méritent l'attention par leur nouveauté. Elles font nettement ressortir la différence qui existe entre le mode d'arrangement, d'*enchevêtrement* des fibres qui entrent dans la composition d'un papier suivant que celui-ci a été fabriqué à la machine continue, ou bien à la forme.

Il a paru intéressant aussi de comprendre dans cette série de planches la reproduction de quelques spécimens de papiers anciens, fabriqués à l'époque où les chiffons étaient préparés dans les pourrissoirs et broyés ensuite à l'aide de maillets, dans des piles à effilocheur et à affiner.

Il résulte de l'examen de ces types qu'il n'entraît alors dans la composition de ces papiers que du chanvre, et que le mode de trituration par maillets laissait aux fibres une grande longueur.

Les ouvrages imprimés sur ces papiers sont encore aujourd'hui très beaux et en parfait état de conservation. Ils ont pour titre :

1^o PLANCHE XLV : *Platine de honesta voluptate et valetudine*. Imprimé à Rome en 1472 ;

2^o PLANCHE XLVI : *Joannes Fernelii Ambianatis, de naturali parte medicinæ, Libri septem. Lugduni apud Joan. Tornœsium, 1556* ;

3^o PLANCHE XLVII : *Théâtre d'Agriculture et Mesnage des Champs*, d'Olivier de Serres. Imprimé à Paris au commencement de l'année 1600.

PLANCHE L. — Coloration des pâtes

Se reporter à la description de chacune des planches qui donne la coloration obtenue suivant que la préparation a été faite avec le chlorure de zinc iodé ou le mélange d'acide sulfurique et d'iode.

Voir planche L, le tableau des principales colorations obtenues par l'emploi du chlorure de zinc iodé, qui est la préparation la plus usitée.

TABLE

DES MATIÈRES

1873
1873
1873

TABLE DES MATIÈRES

CONFIDENTIAL
LILLE

TABLE DES MATIÈRES



Introduction Page v

Première Partie

Exposé historique des recherches et expériences faites à diverses époques pour remplacer le chiffon dans la fabrication du papier » 13

Deuxième Partie

Caractères botaniques des organes végétaux employés par la papeterie. — La Cellule. — Injection cellulaire. — Le tissu cellulaire. — Les poils. — Organisation des tiges. — Estimation du rendement par hectare » 29

Troisième Partie

Caractères généraux et caractères micrographiques des plantes employées par la papeterie. — Description. — Culture. — Coloration. — Rendement » 47

Planches

PL. I.	Coton. Gossypium	Description	»	55
» II.	Chiffon de cotonnes	»	»	55
» III.	Papier de cotonnes.	»	»	55
» IV.	Chanvre. Cannabis Sativa	»	»	56
» V.	Chiffon de toile	»	»	56
» VI.	Papier de chanvre	»	»	56
» VII.	Lin. Lin de Riga	»	»	57
» VIII.	Ramie. Urticacées	»	»	58
» IX.	Ortie. Urtica Urens	»	»	59
» X.	Genet d'Espagne. Spartium Junceum	»	»	60
» XI.	Murier à papier. Broussonetia Papyrifera	»	»	61
» XII.	Edgeworthia Papyrifera.	»	»	62
» XIII.	Bambous	»	»	63
» XIV.	Arundo Donax. Canne de Provence	»	»	64
» XV.	Papier d'Arundo Donax	»	»	64
» XVI.	Arundo Phragmites.	»	»	65

PL. XVII.	Arundo Festucoïdes. Bauque	Description page	66
» XVIII.	Eulalia Japonica	»	67
» XIX.	Triticum Vulgare. Paille	»	68
» XX.	Papier de paille	»	68
» XXI.	Sorghum Vulgare. Millet à balais	»	69
» XXII.	Alfa. Stipa tenacissima	»	70
» XXIII.	Papier d'Alfa	»	70
» XXIV.	Aloès. Agave Americana	»	71
» XXV.	Phormium Tenax	»	72
» XXVI.	Varech	»	73
» XXVII.	Bois résineux : Sapin chimique	»	74
» XXVIII.	» Sapin mécanique	»	74
» XXIX.	Bois non résineux : Tremble chimique	»	76
» XXX.	» Tremble mécanique	»	76
» XXXI.	Magnolia	»	76
» XXXII.	Bouleau blanc	»	76
» XXXIII.	Peuplier	»	76
» XXXIV.	Pâte de bois au bisulfite	»	76
» XXXV.	Fibre animale	»	78
» XXXVI.	Papier : Adhérence de la colle et de la charge autour des fibres	»	78
» XXXVII.	Papier à cigarettes	»	78
» XXXVIII.	» coton et chanvre	»	78
» XXXIX.	» coton, chanvre et bois chimique	»	78
» XL.	» alfa et chiffons	»	78
» XLI.	» alfa, chiffons et bois chimique	»	78
» XLII.	» alfa, chiffons et bois mécanique	»	78
» XLIII.	» alfa, bambou et arundo donax	»	78
» XLIV.	» de Chine	»	78
» XLV.	» fabriqué au quinzième siècle	»	78
» XLVI.	» » au seizième siècle	»	78
» XLVII.	» » au dix-septième siècle	»	78
» XLVIII.	» » à la machine continue	»	78
» XLIX.	» » à la forme	»	78
» L.	Colorations obtenues par la préparation au chlorure de zinc iodé	»	79





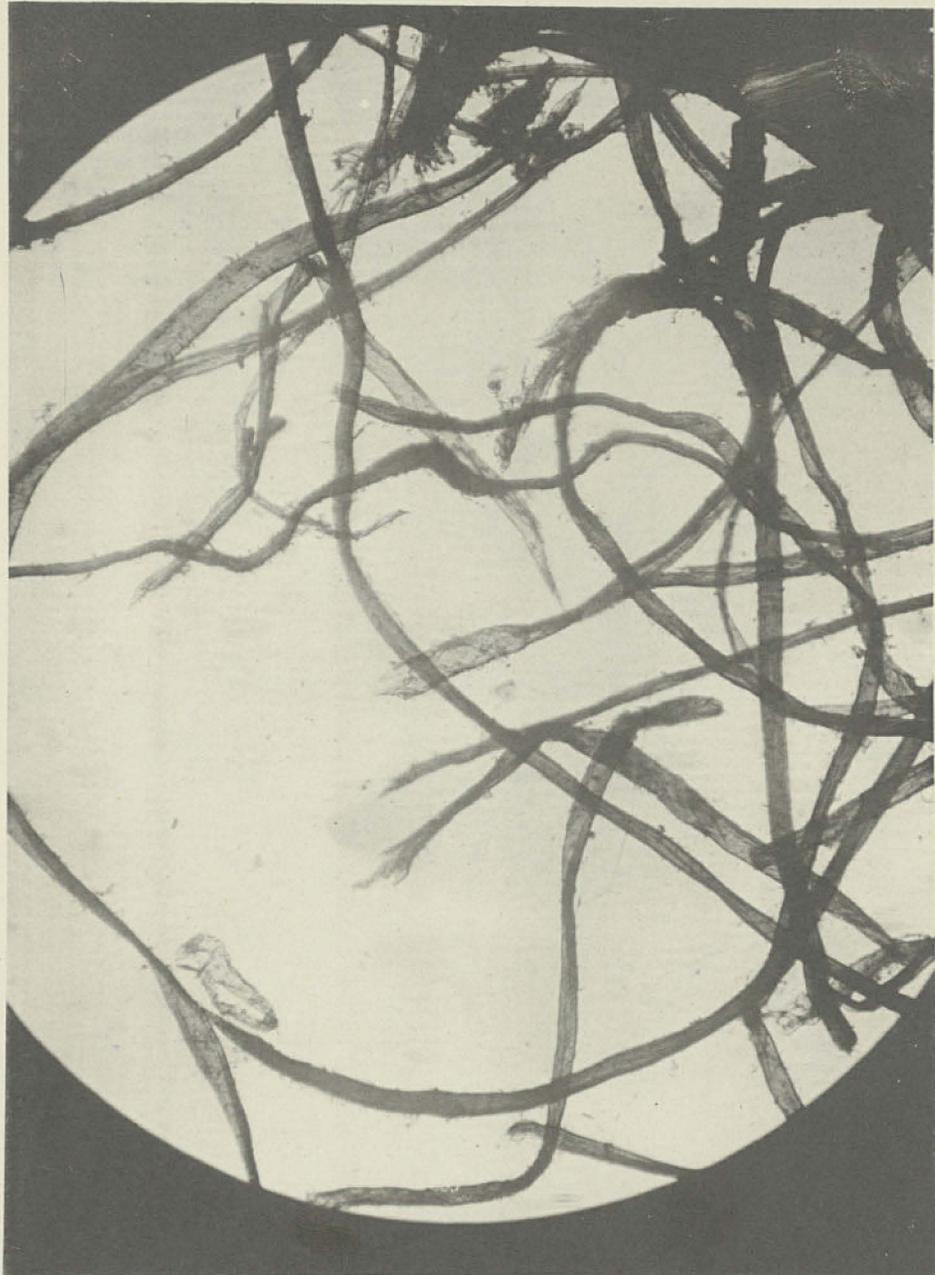
PLANCHES



Coton

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

II



Chiffons de Cotonnes



Papier de Cotonnes

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

IV



Chanvre

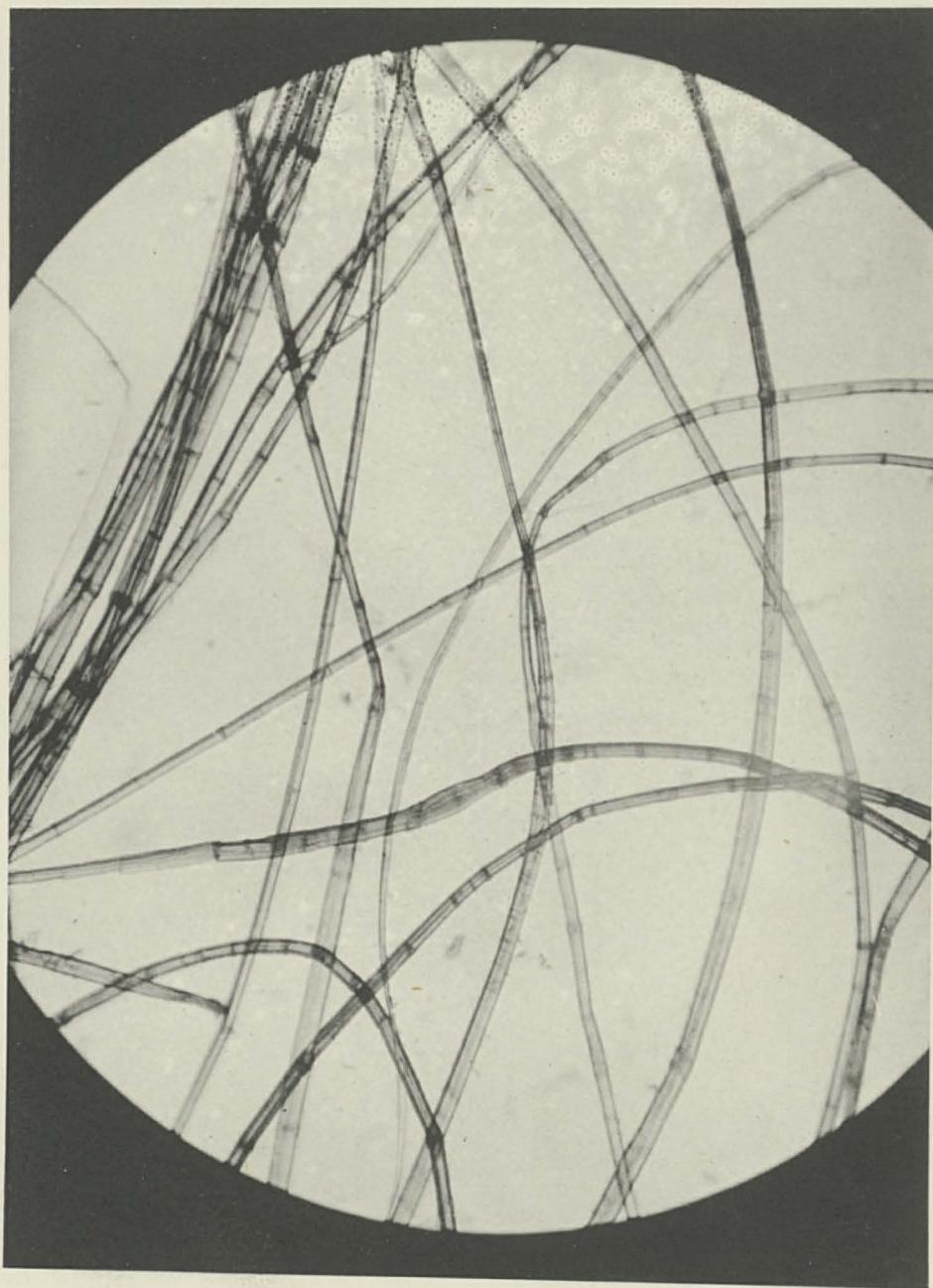


Chiffons de Toiles



Papier de Chanvre

VII



Lin

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

VIII

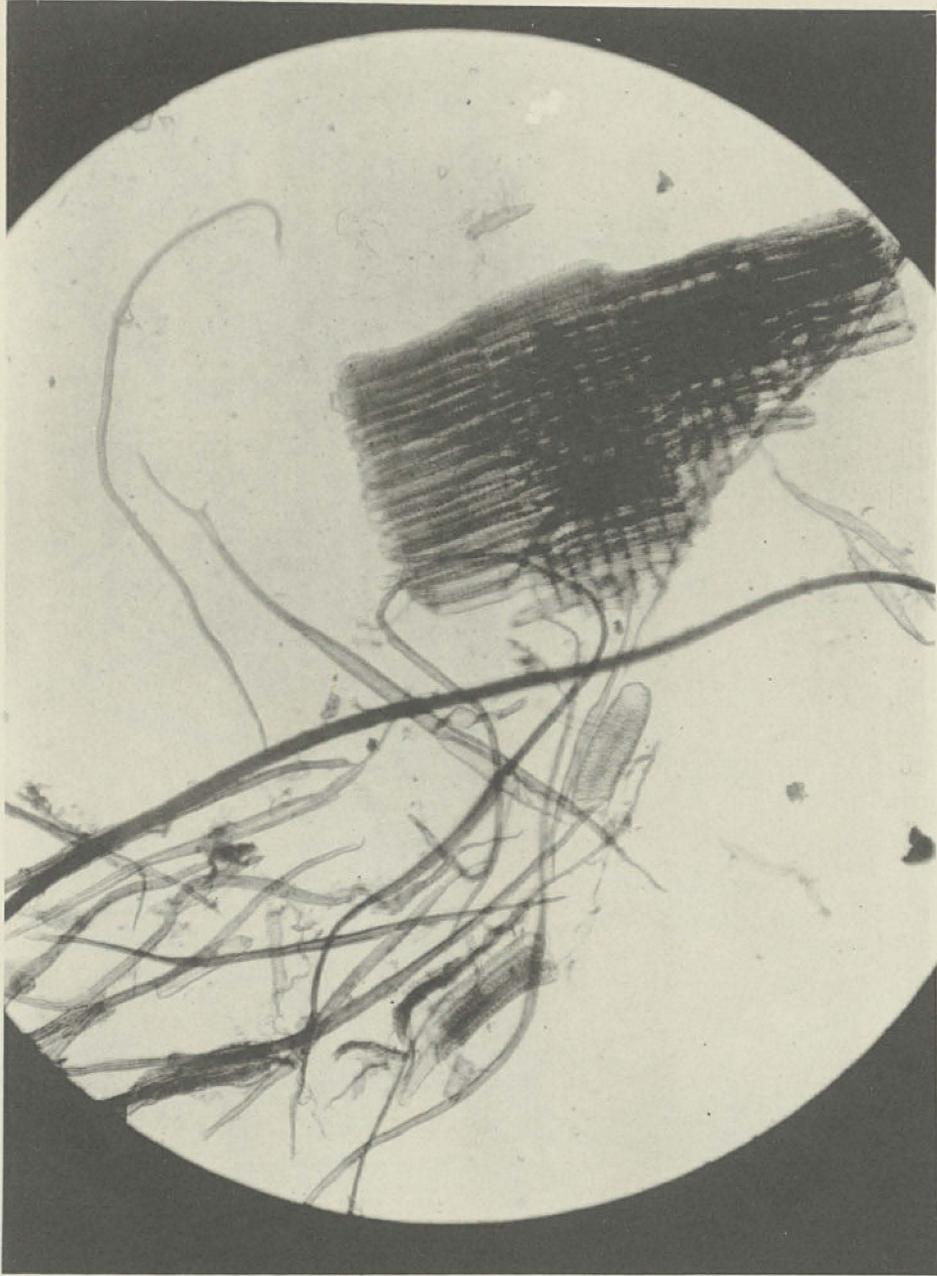


Ramie



Ortie

X



Genet



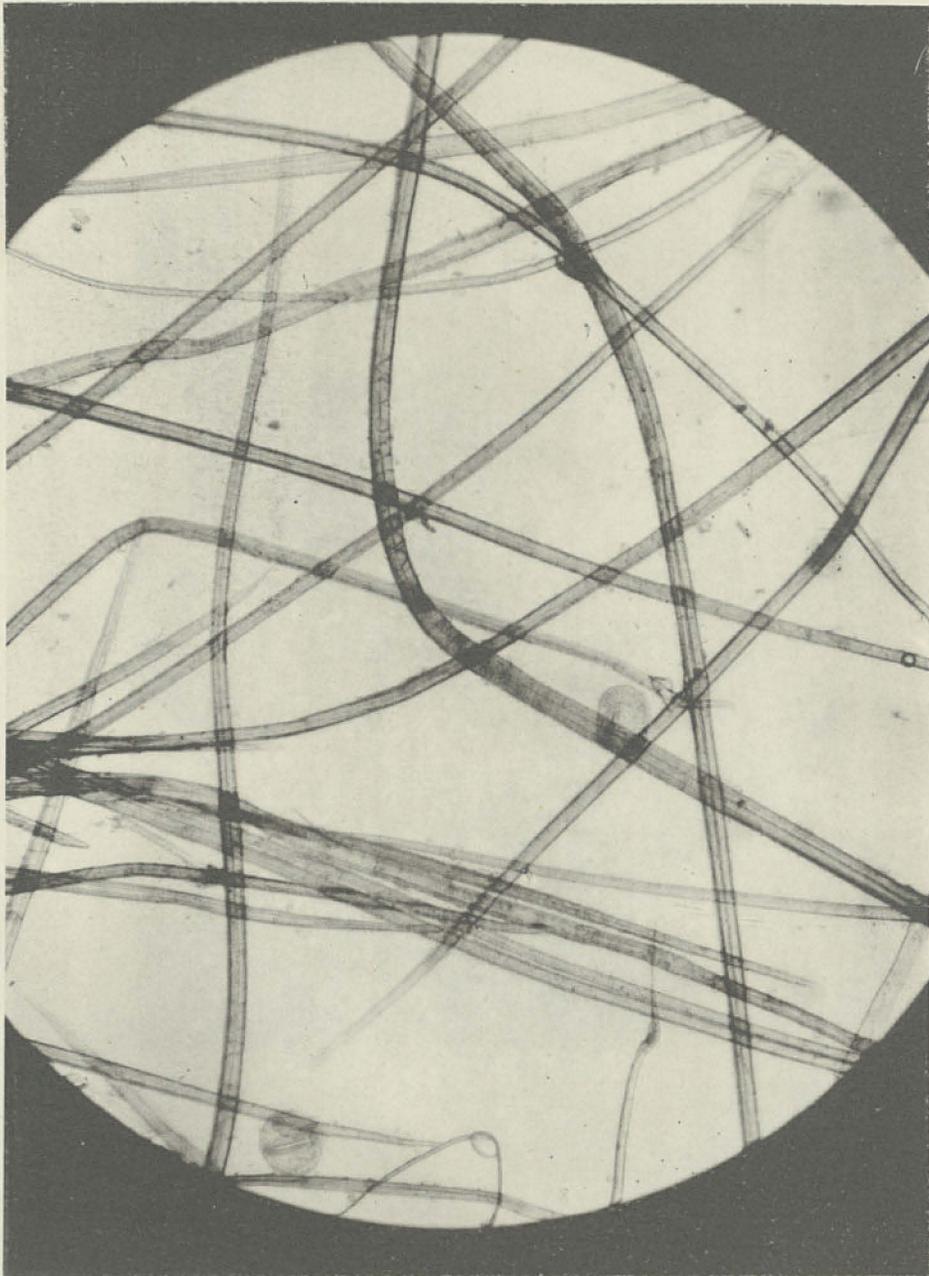
Murier à Papier



Edgworthia

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

XIII

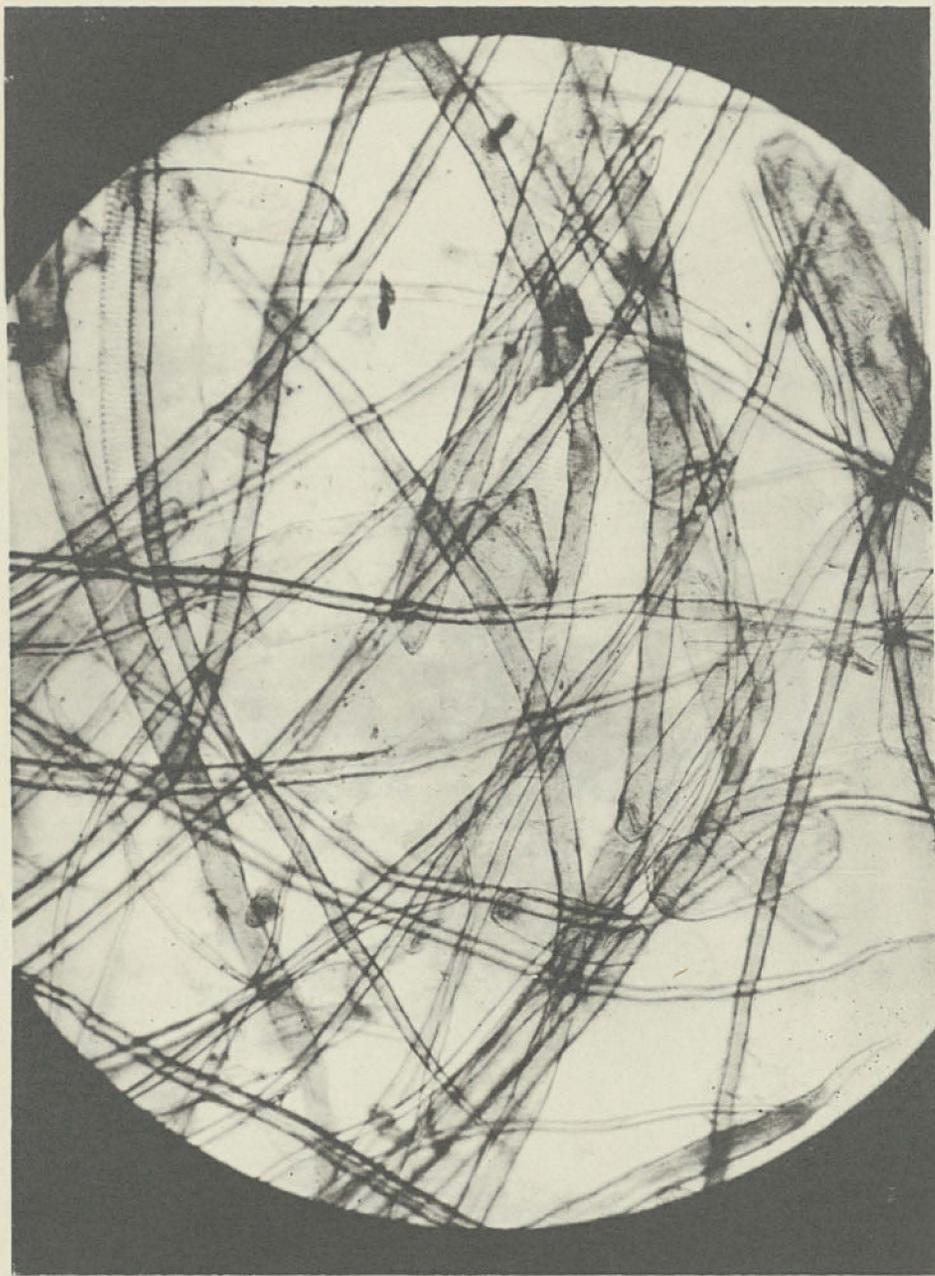


Bambou

XIV



Arundo Donax



Papier d'Arundo Donax



Arundo Phragmites



Arundo Testucoïdes



Eulalia Japonica



Paille

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

XX



Papier de Paille



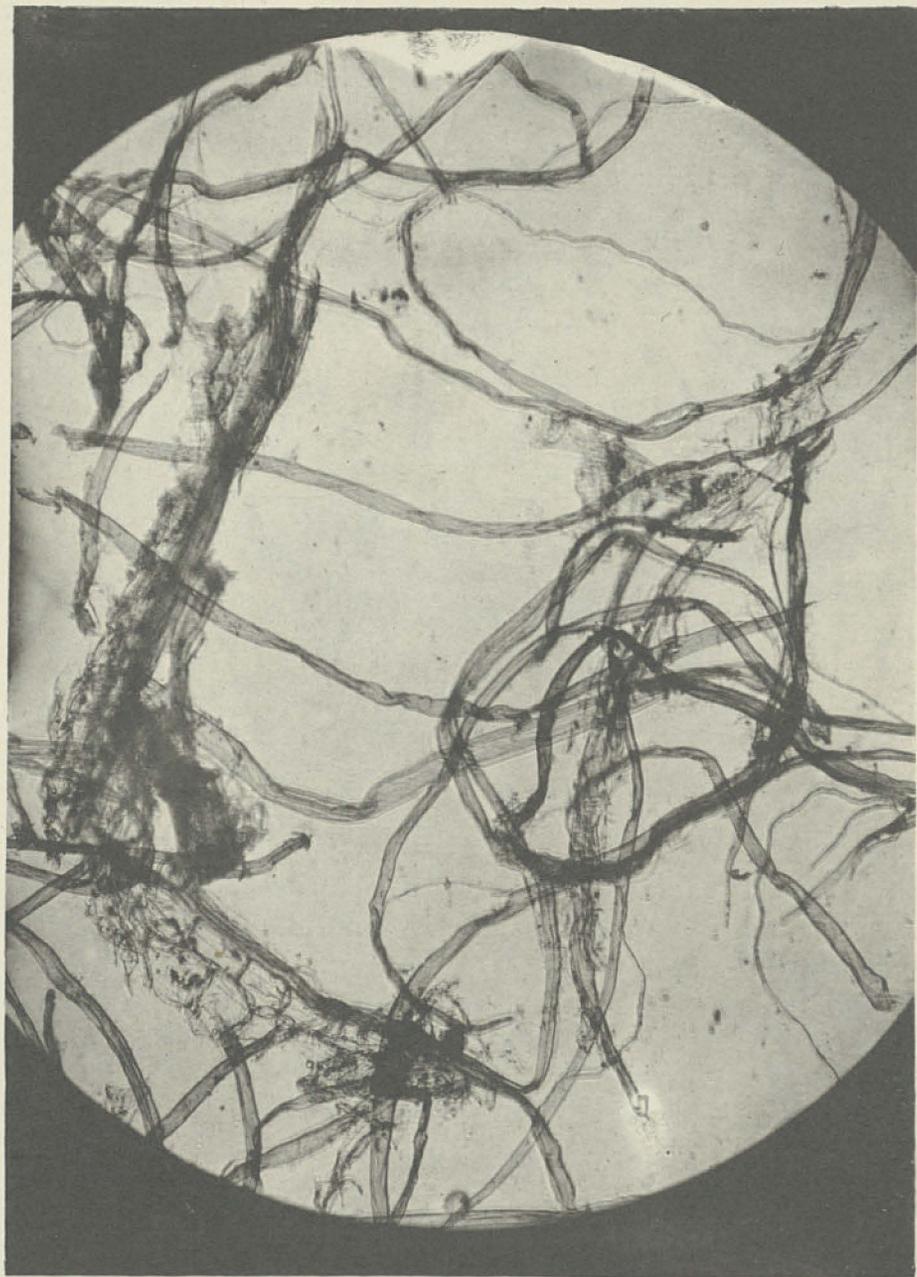
Sorgho



Alfa



Papier d'Alfa

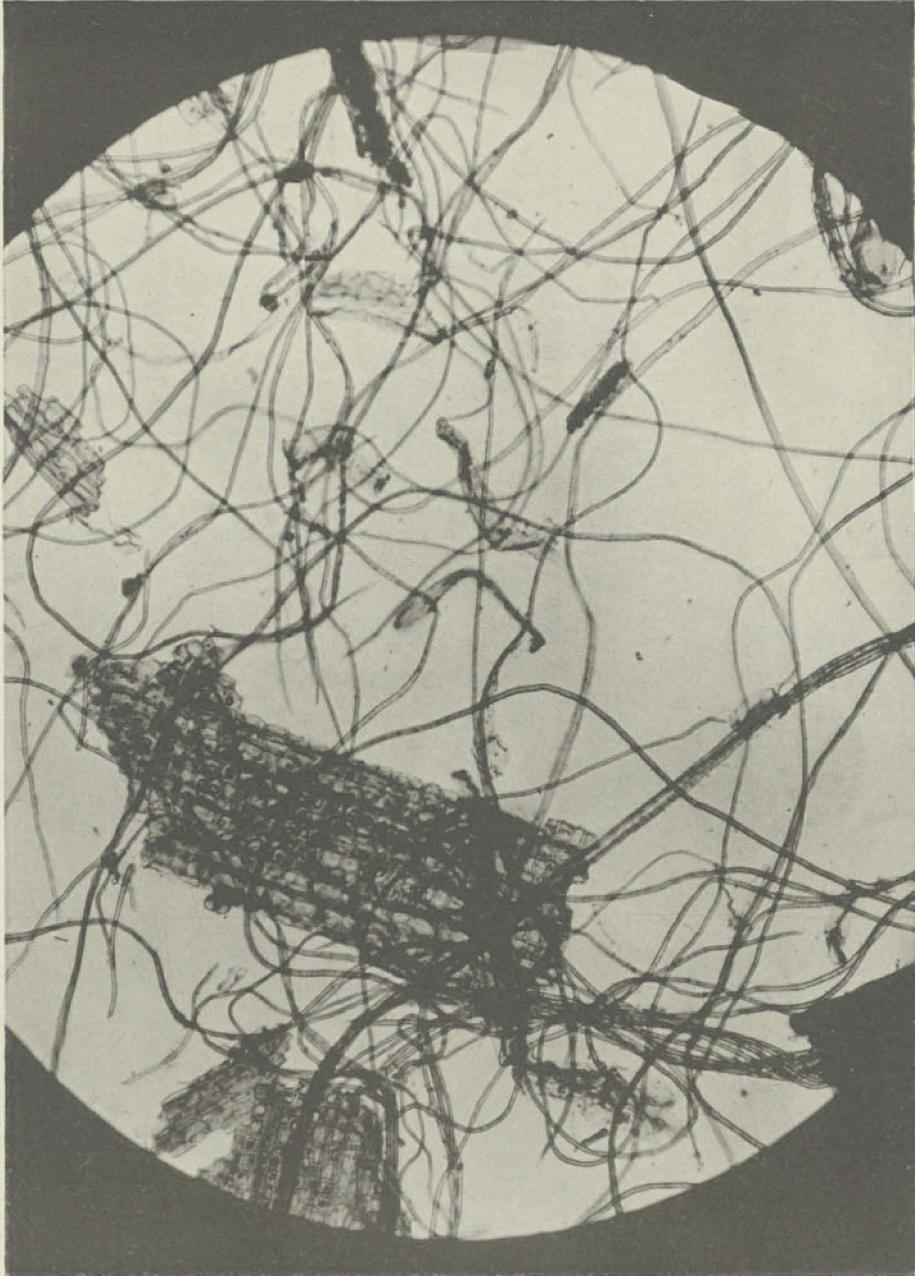


Aloès



Phormium

XXVI



Varech



Sapin Chimique

XXVIII



Sapin Mécanique



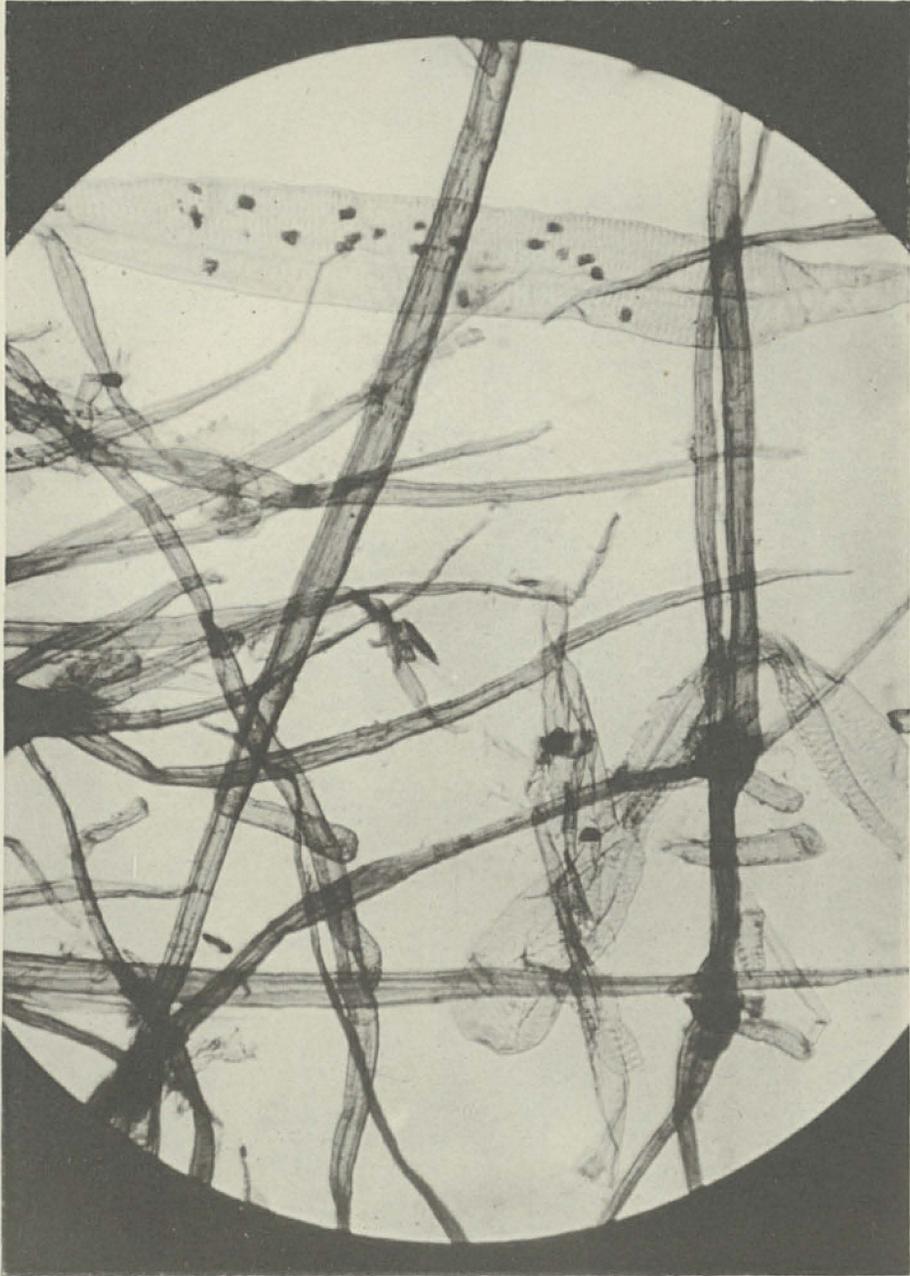
Tremble Chimique



Tremble Mécanique

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

XXXI



Magnolia



Bouleau Blanc

XXXIII



Peuplier

XXXIV



Pâte de Bois au Bisulfite

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

XXXV



Fibre Animale



*Adhérence de la Colle et de la Charge autour
des Fibres*

XXXVII

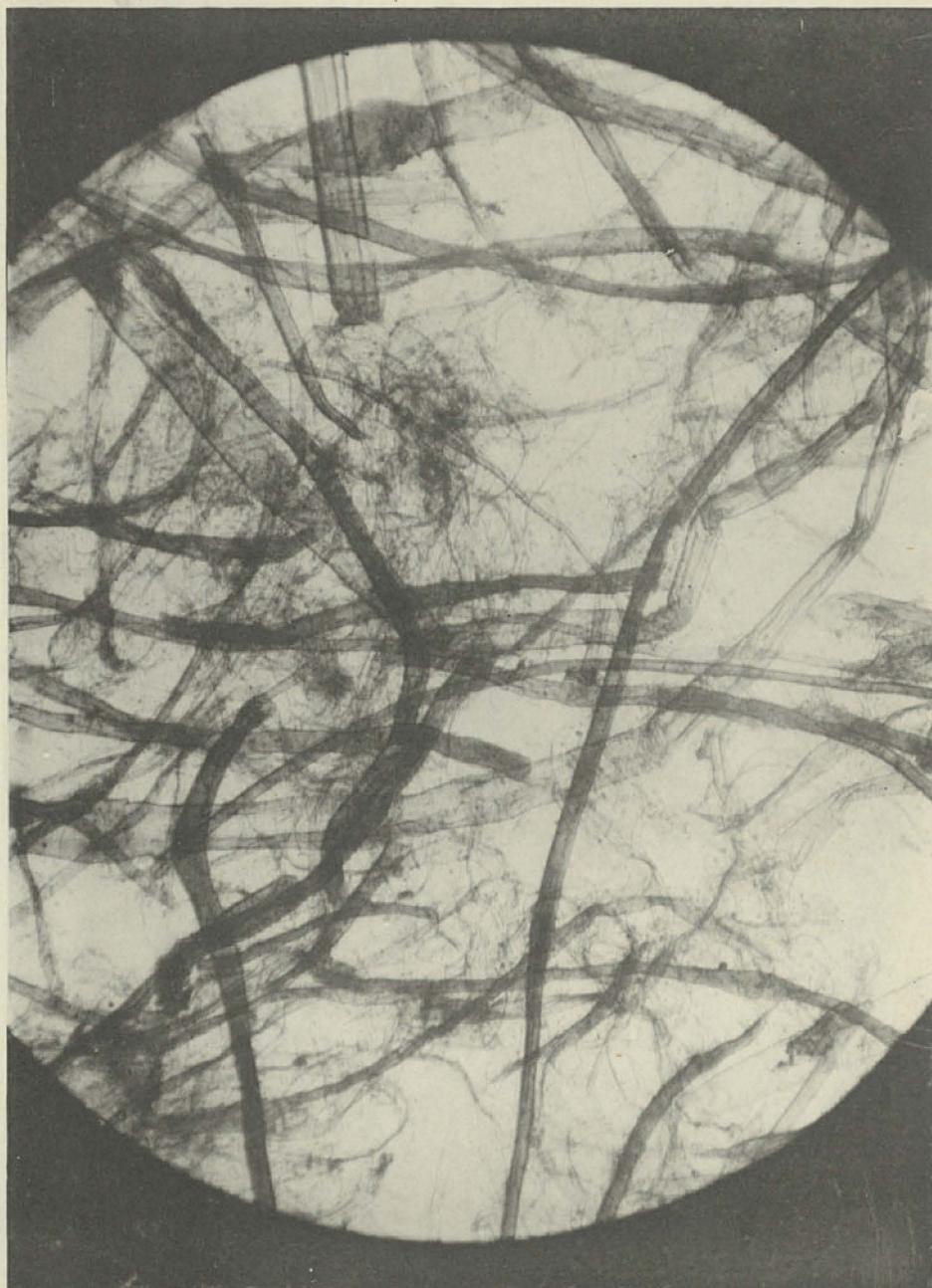


Papier à Cigarettes

XXXVIII



Pâte Coton et Chanvre



Pâte Coton, Chanvre, Bois Chimique

XL



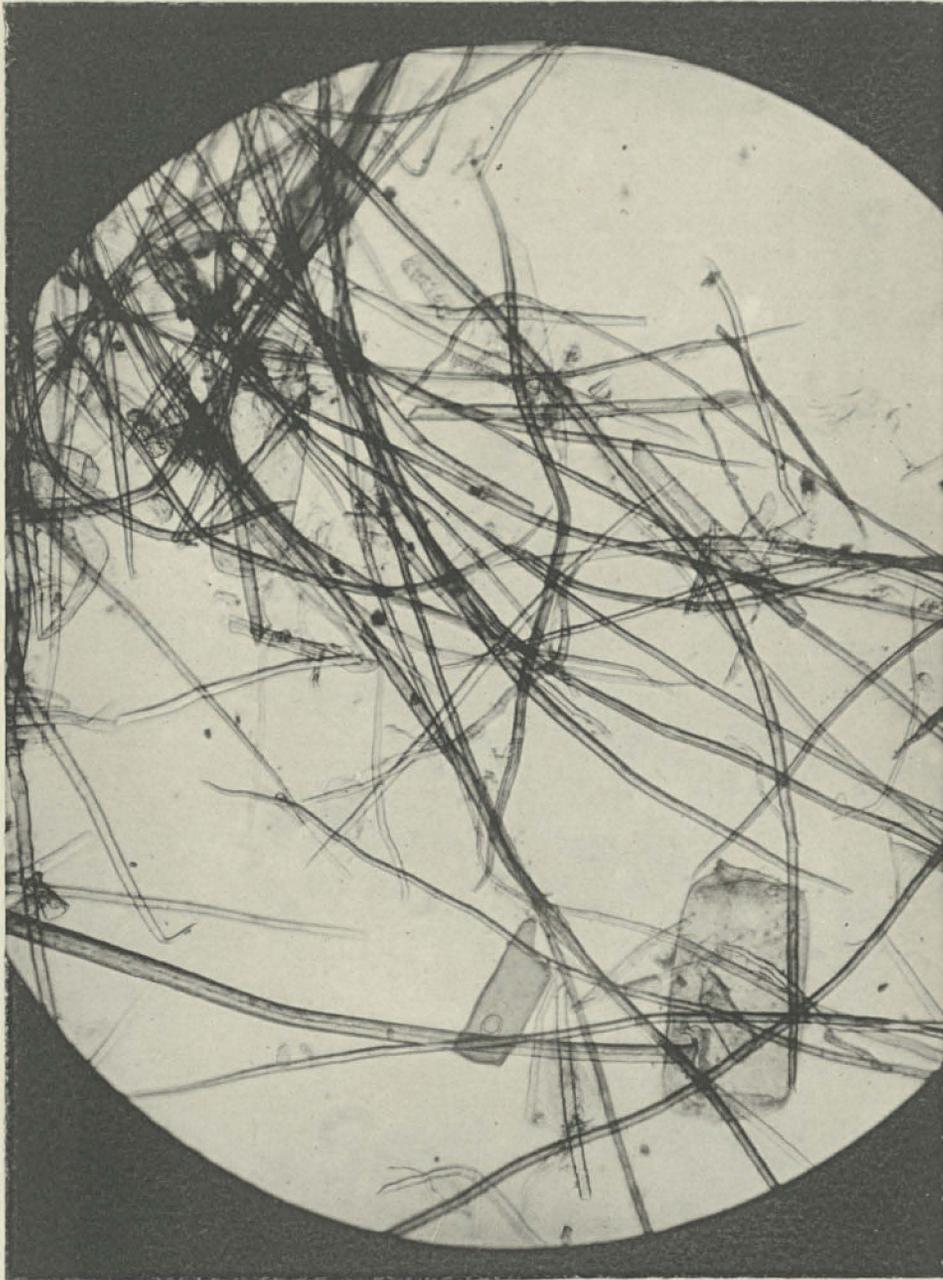
Papier d'Alfa et Chiffons



Papier d'Alfa, Chiffons, Bois Chimique



Papier d'Alfa, Chiffons, Bois Mécanique



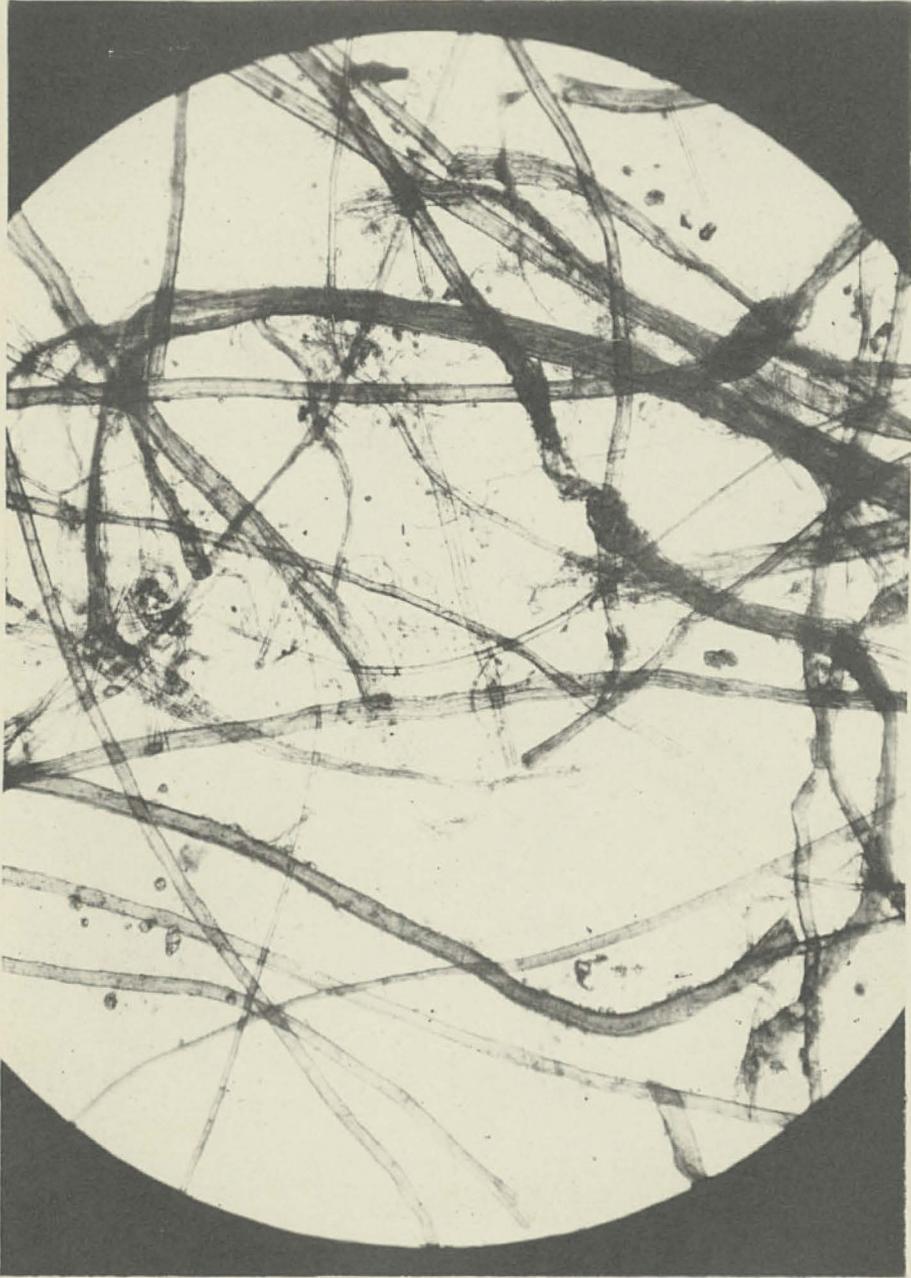
Papier d'Alfa, Bambou, Arundo

XLIV



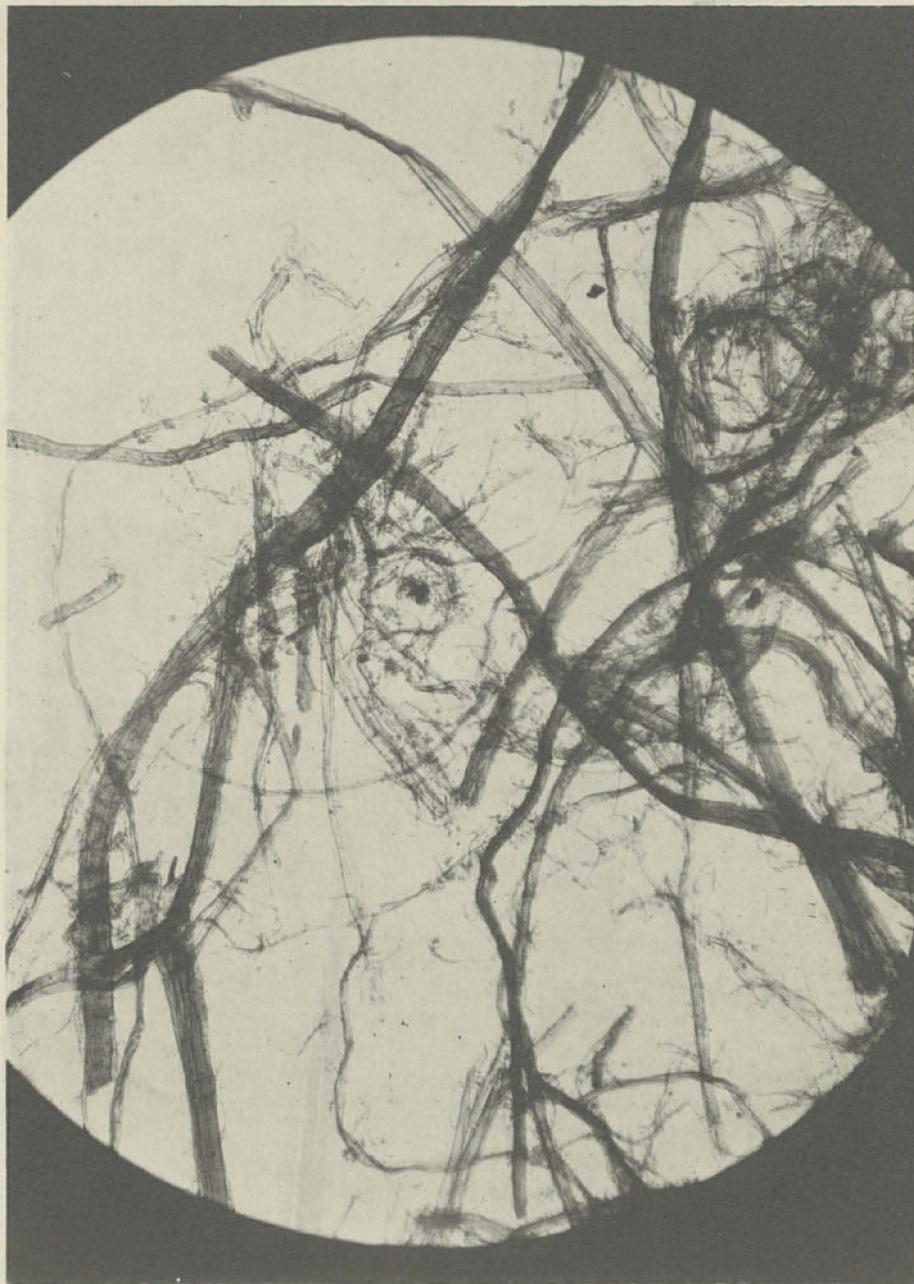
Papier de Chine

XLV



Papier fabriqué en 1472

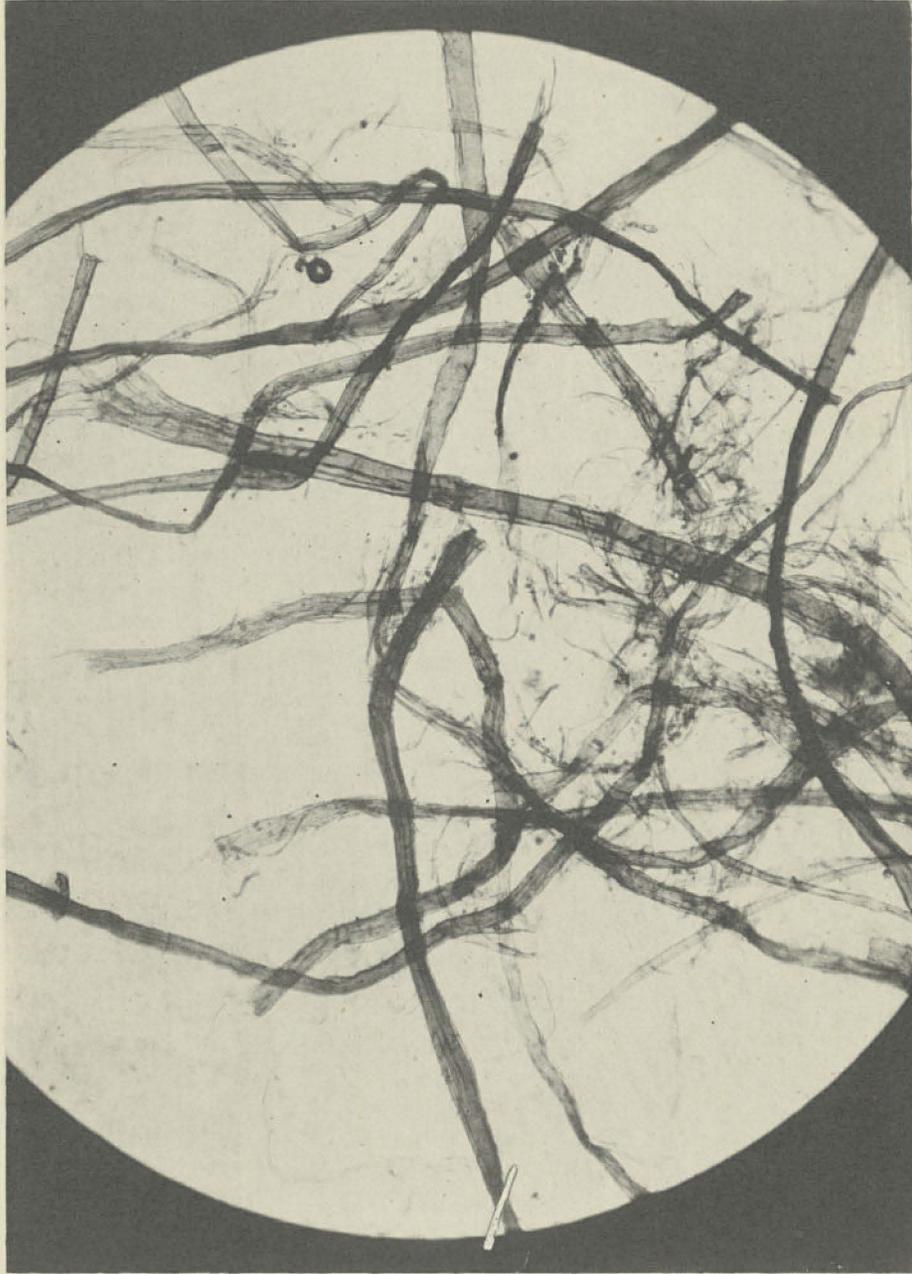
XLVI



Papier fabriqué en 1556

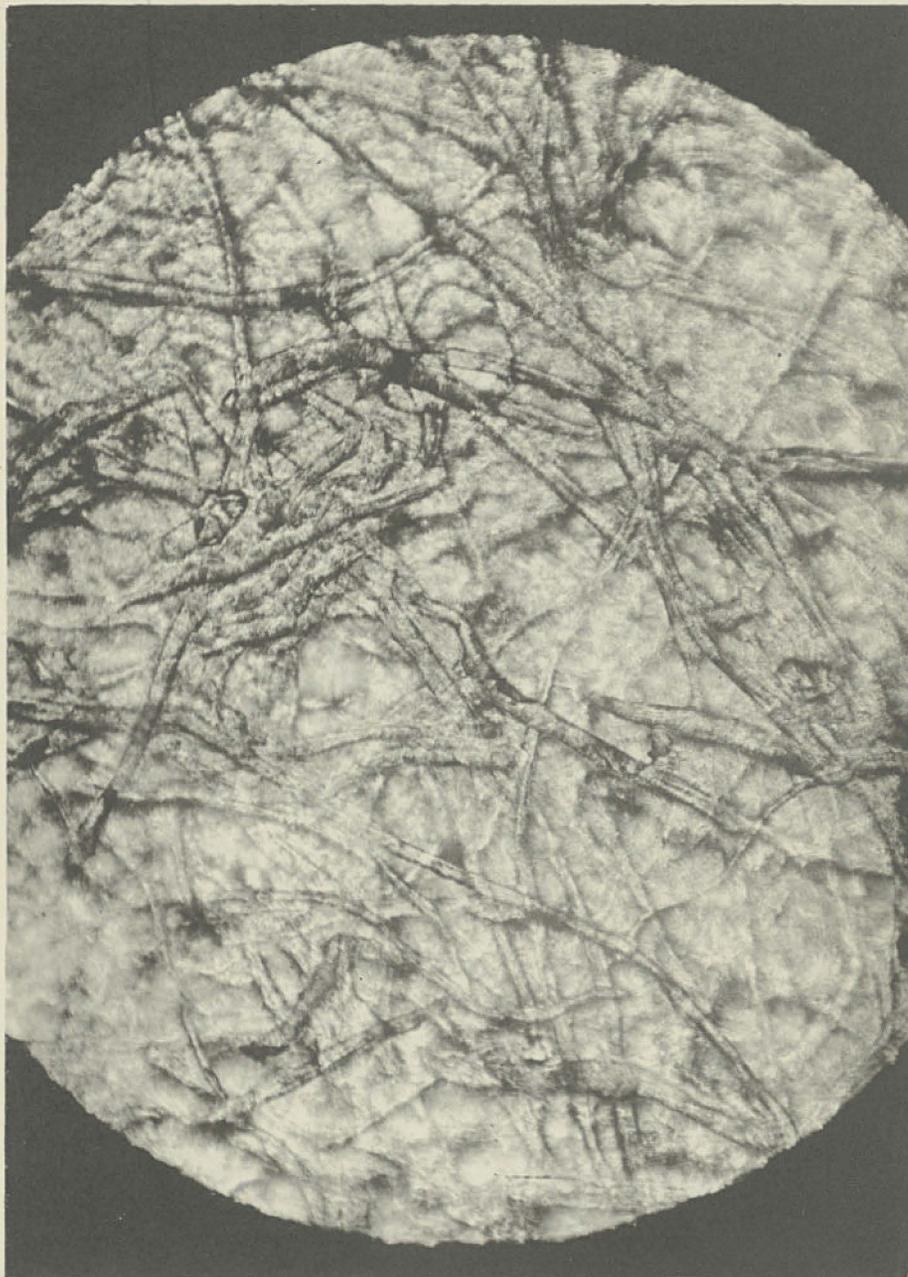
MUSÉE
COMMERCIAL
LILLE

XLVII

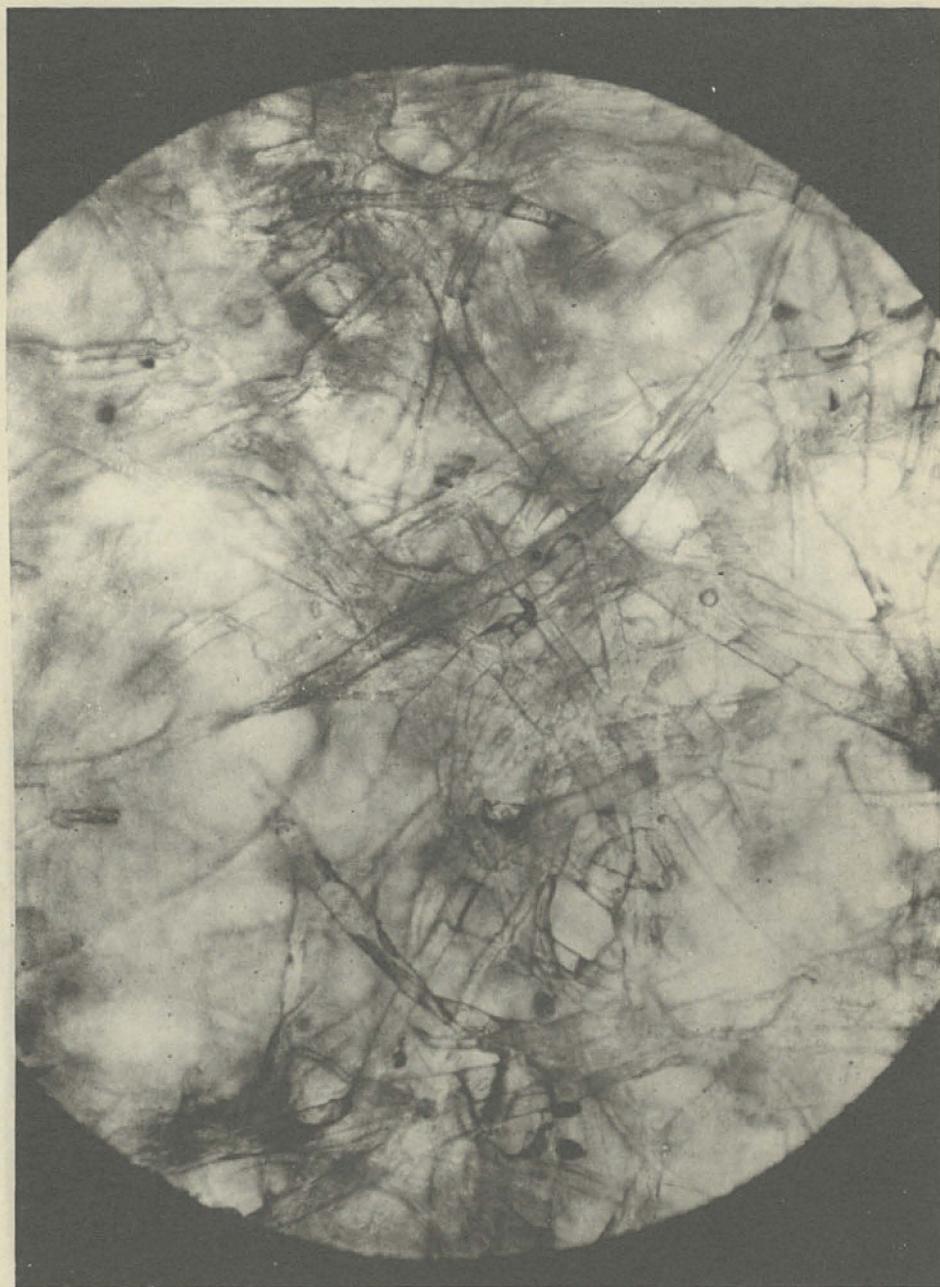


Papier fabriqué en 1600

XLVIII



Papier fabriqué à la Machine continue



Papier Vergé fabriqué à la Forme

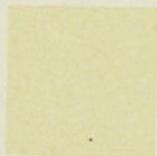
*Colorations obtenues par la préparation au
Chlorure de Zinc Jodé*



Chanvre



Bois Chimique



Lin



Bois Mécanique



Coton



Paille

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE
H. DESFORGES
39, Quai des Grands-Augustins, 39

LA
FABRICATION DE LA
SOIE ARTIFICIELLE
PARISIENNE

PAR
Joseph FOLTZER
TECHNICIEN EN FILATURE, Maison N. GÉLIOT et FILS.
CORRESPONDANT DES GRANDES REVUES TECHNIQUES
ANCIEN SOUS-DIRECTEUR DE FABRIQUES DE SOIE ARTIFICIELLE

1 volume gr. in-8, relié 7 francs.

Le **premier** ouvrage qui ait été publié sur la SOIE ARTIFICIELLE PARISIENNE. Publication intéressante et instructive, de vulgarisation très originale, mettant les procédés **inédits** de cette nouvelle fabrication à la portée de tous sous une forme réellement attachante.

Ce volume contient 5 reproductions photographiques, une planche en couleurs dans le texte et 10 planches hors texte.

Les Chapitres principaux sont :

La Cellulose — Origine de la Soie artificielle — La soie artificielle du Comte de CHARDONNET — Observations faites par le Comte de CHARDONNET, le D^r BRONNERI et le D^r LEHNER — Le fil artificiel brillant, produit par une solution de cellulose dans le chlorure de zinc — Le Viscoïde — La Soie artificielle parisienne et sa fabrication — Description d'une usine — Le Coton mercerisé — Le Blanchiment — Dissolution — Malaxeurs — Filtration — Réservoirs monte-jus — La Filature — Les Tuyaux capillaires — Le Lavage — Les Séchoirs — Humidification et Ventilation — Le Dévidage — Le Déchet — Machines de filature du Comte de CHARDONNET — Machines du D^r LEHNER — Autres imitations de la Soie naturelle — Personnel d'une usine — Force absorbée — Eclairage, etc. — Teinture — Observations Photo-microscopiques.

ENVOI FRANCO CONTRE MANDAT-POSTE

BAUDÉ (M.-et-L.). — Imp. LANGIN