

Photo Naud-Afrique Photo.

*Dendrocalamus strictus (Asie).*

# LES BAMBOUS, SOURCE ÉVENTUELLE DE CELLULOSE POUR L'AFRIQUE

par Jacqueline DOAT,

*Ingénieur de Recherches au Centre Technique Forestier Tropical.*

## SUMMARY

### **BAMBOO : A TROPICAL SOURCE OF CELLULOSE FOR AFRICA**

*In Asia, bamboo has for long been used for making paper. In Africa, where bamboo plantations are less extensive, bamboo is not at present used for making paper.*

*Some experimental plantations have been set up, and have shown that bamboo could easily be acclimatized in Africa, and that the cost of this raw material could be worth-while if it were produced on a sufficiently large scale.*

*A papermaking study carried out in the laboratory and on a semi-industrial scale showed that it is possible to obtain from African bamboo several types of pulp possessing interesting properties, in particular an exceptional tearing strength, comparable*

to and even superior to that of pulps made from softwoods. For this reason, bamboo pulp constitutes a valid complement to hardwood pulps with which it can be mixed.

The setting up of a pulp and paper plant working for a regional market, and even more so an important unit producing pulp for export, would be feasible only after setting up artificial plantations able to supply constant tonnages of raw material.

Moreover, it would be necessary to have recourse to industrial pilot tests and to make a close study of the cost of the pulps likely to be produced and marketed on a market which will remain highly competitive in the coming years. It may be hoped, however, that on a long term basis African bamboo may be a very interesting raw material for the pulp and paper industry.

## RESUMEN

### LOS BAMBÚS, FUENTE TROPICAL DE CELULOSA PARA AFRICA

En Asia, el bambú es utilizado desde hace largo tiempo para la fabricación de papel. En Africa, donde las plantaciones son menos importantes, los bambús son inexplorados actualmente desde el punto de vista papetero.

Se han efectuado algunas plantaciones experimentales, que han servido para demostrar que el bambú podía ser fácilmente aclimada en Africa y que el precio de coste de esta materia prima podría resultar muy interesante si la misma fuese producida a gran escala.

Un estudio papetero, realizado en la etapa de laboratorio y en la etapa semiindustrial ha demostrado de forma patente que se podían obtener, a partir de los bambús africanos, varios tipos de pastas que poseen características interesantes y, en particular una resistencia excepcional al desgarramiento, comparable e incluso superior a aquella de los papeles obtenidos mediante pastas de coníferas. Por este motivo, las pastas de bambús constituyen un complemento perfectamente valioso de las pastas de frondosas, con las cuales pueden quedar mezcladas.

La creación de una fábrica de pastas y de papeles que trabajen para el mercado regional, y, con mayor motivo, de una importante unidad papetera que produzca pasta para la exportación, únicamente sería realizable después de haber creado plantaciones artificiales, capaces de proporcionar tonelajes constantes de materia prima.

Por otra parte, es importante proceder a ensayos industriales experimentales y estudiar con suma atención el precio de coste de las pastas que pueden ser fabricadas y puestas en venta en un mercado que habrá de ser muy sujeto a la competencia durante el transcurso de los próximos años. No obstante, cabe esperar que, a largo plazo, los bambús africanos representarán una materia prima muy interesante para la industria papetera.

Les bambous sont utilisés depuis très longtemps pour la fabrication du papier. Ils ont constitué la matière première des anciennes papeteries artisanales de la Chine et du Japon. Les bambous sont, en effet, très abondants en Asie, dans les zones tropicales et subtropicales suffisamment humides et, en particulier, en Inde, au Pakistan, en Malaisie, au Cambodge, etc... jusqu'au Japon. Parmi les genres les plus fréquemment rencontrés, on peut citer : *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys*, *Arundinaria*, *Ochlandras*, etc...

En Afrique, il n'existe que deux espèces de bambou spontané : l'*Arundinaria alpina* et l'*Oxytenanthera abyssinica* ; les autres espèces ont été introduites.

*Arundinaria alpina* se rencontre dans la plupart des montagnes d'Afrique Orientale et au Cameroun à des altitudes comprises entre 2.000 et 3.400 m et en climat humide (pluviométrie de 1.800 à 3.000 mm) sur des sols argileux ou volcaniques.

En altitude élevé, les zones de peuplements purs sont très étendues (plusieurs dizaines de milliers d'hectares au Kenya). A plus basse altitude, ce bambou se mélange avec des feuillus ou des résineux.

*Oxytenanthera abyssinica* se trouve en peuplements grégaires couvrant parfois de grandes surfaces, dans des conditions écologiques extrêmement variées : de 0 à 2.000 m d'altitude, de 700 à 2.000 mm de pluviométrie avec une saison sèche de 3 à 7 mois. Tous les sols, à l'exception des terrains salins ou argileux lourds, peuvent lui convenir. Ce bambou est l'un des plus résistants à la sécheresse. On le signale sur les pentes inférieures des massifs montagneux de l'Afrique tropicale et en plaine, en

particulier, en Guinée, au Sénégal, en Ethiopie, au Congo, en Zambie, au Soudan, en R. C. A., au Mozambique. Les tiges dépassent rarement 10 m de haut et 5 cm de diamètre. Elles sont souvent pleines ou presque pleines. L'installation de cette espèce n'est jamais définitive, elle est parfois sujette, par places, à des régressions temporaires.

La culture de ce bambou n'a été faite jusqu'ici que sur de très petites surfaces, notamment au Soudan sur terres irriguées et au Congo Kinshasa. Les tiges atteignent leur maturité à la 3<sup>e</sup> année et elles peuvent commencer à être exploitées à partir de la 6<sup>e</sup> année. Il est difficile de chiffrer actuellement les rendements à l'hectare que pourraient donner des plantations d'*Oxytenanthera abyssinica*, ces rendements dépendent de la nature des sols et des conditions climatiques. Ainsi au Congo Kinshasa, des rendements de 8 à 11 t de matière sèche à l'hectare et par an, ont été signalés. Dans des pays situés en zones tropicales sèches, ils seraient vraisemblablement nettement inférieurs et de l'ordre de quelques tonnes.

*Bambusa vulgaris* dit « Bambou de Chine » (bien que son origine asiatique ne soit pas certaine) a été introduit dans de nombreux pays africains où il est devenu subspontané. Ses exigences écologiques sont, en effet, extrêmement larges. Il s'adapte à des climats variés et à de nombreux types de sols. On le rencontre dans les zones de forêt dense aussi bien que dans les zones de savane boisée assez humide à basse altitude et jusqu'à 1.000 m. Les tiges atteignent 15 m de haut et poussent en touffes serrées. Des plantations expérimentales de *Bambusa vulgaris* ont été réalisées en Côte-d'Ivoire sur plusieurs centaines d'hectares ainsi qu'au Congo Brazza-

ville et au Congo Kinshasa. Les touffes ont une trentaine de brins dès l'âge de 4 ans et elles peuvent commencer à être exploitées à ce moment-là. Elles atteignent leur pleine dimension à un âge compris entre 5 et 10 ans. L'aménagement le plus rationnel semble être l'exploitation sélective à rotation de 3 à 4 ans en laissant chaque fois la moitié ou le tiers des brins adultes sur la tige. Les chiffres de rendement suivants ont été relevés :

Côte-d'Ivoire : 10 t sèches par hectare et par an.  
Trinidad : 2,5 à 5 t sèches par hectare et par an.  
Congo-Brazzaville : 55 t de tiges vertes à l'hectare sur une plantation de 4 à 5 ans.

Congo-Kinshasa : 15 t sèches par hectare et par an.  
Les essais effectués au Congo-Kinshasa sur les

deux espèces ont montré que *Bambusa vulgaris* conduit à de meilleurs rendements à l'hectare qu'*Oxytenanthera abyssinica* auquel il devra être préféré chaque fois que cela sera possible.

*Dendrocalamus giganteus* est un bambou d'Asie avec lequel aucun essai sylvicole systématique n'a été entrepris en Afrique. Toutefois, sur une touffe implantée à Madagascar — dans des conditions écologiques extrêmement favorables, il est vrai — on a obtenu des tiges de très grande taille. Il semble donc, qu'à partir de ce bambou des rendements intéressants puissent être obtenus. C'est pourquoi son étude papetière a été envisagée au stade du laboratoire en même temps que celle d'autres bambous d'Afrique francophone.

\* \* \*

## UTILISATION INDUSTRIELLE DES BAMBOUS POUR LA PAPETERIE

Il n'existe pas, pour le moment, d'usine fabriquant sur une grande échelle de la pâte de bambou commercialisable sur le plan international. Les unités fonctionnant actuellement à partir du bambou, sont des usines intégrées travaillant pour un marché local ou régional. Les fabrications sont nombreuses et assez diversifiées. Il arrive parfois que l'on produise dans une même usine des cartons, des papiers

d'emballage ainsi que des papiers impression-écriture et des papiers fins. Les usines sont, pour la plupart, situées dans des pays d'Extrême-Orient. Une liste des principales unités de fabrication est donnée au tableau n° 1. Les usines vietnamiennes en fonctionnement avant la dernière guerre mondiale n'ont pas été signalées, non plus que les unités chinoises et japonaises pour lesquelles nous man-

TABLEAU N° 1  
Usines papetières traitant du Bambou

Pays	Nom de la Société	Type de cuisson	Tonnage fabriqué par an
Inde .....	Bengal Paper Mills (west Bengal)	Sulfate	14.000 t de papier impression-écriture
Inde .....	India Paper Pulp Co. (west Bengal)	Bisulfite de Mg	6.600 t de papier
Inde .....	Sirpur Paper Mills (Andhra)	Sulfate	15.000 t de papier
Inde .....	The Titaghur Paper Mills	Sulfate	42.000 t de papier impression-écriture, emballage, cartons
Inde .....	The Ballapur Paper Mills (Bombay State)	Sulfate	8.000 t de papier impression, offset, duplicata
Inde .....	The Mysore Paper Mills (Mysore State)	Kraft	8.000 t de papier impression-écriture
Inde .....	The National Newsprint and Paper Mills Neapanagar (Madhya Pradesh)	Sulfate de bambou et pâte mécanique feuillus	20.000 t
Inde .....	Orient Paper Mills (Orissa)	Sulfate	36.000 t de papier impression, emballage, crêpe, carton, divers...
Pakistan .....	Karnaphuli Paper Mills (East Pakistan)	Sulfate	30.000 t de papier impression-écriture et divers
Thaïlande .....	Kanchanaburi	Kraft ( 80 % bambou 20 % bombax	3.000 t/an
Cambodge .....	Usine de Chlong	Sulfate	8.000 t/an
Indonésie .....	State Paper Mill Goa (South Sulawesi)	Sulfate	9.000 t/an

quons de renseignements précis. On remarquera qu'en Inde les usines sont assez nombreuses ; dans ce pays, le bambou correspond en effet, à 70 % du tonnage des matières locales utilisées par l'industrie papetière (soit 250.000 t/an de papier de bambou).

Il existe d'autre part des projets de création de nouvelles unités papetières à partir des bambous

telles que la Thai Paper Industry en Thaïlande qui devrait produire 36.000 t an et l'usine de Banjuwangi (East Java) en Indonésie ainsi que des projets d'extension d'unités plus anciennes. Certaines usines fonctionnent dans des conditions de rentabilité satisfaisantes pour les pays considérés. D'autres, par contre, seraient déficitaires.

\* \* \*

## PERSPECTIVES GÉNÉRALES DU MARCHÉ MONDIAL DES PÂTES ET PAPIERS

Les consommations en papiers-cartons dans le monde sont en perpétuel accroissement. Elles sont passées de 42 millions de tonnes par an en 1950, à 73 millions de tonnes en 1960 et la F. A. O. prévoit que la demande mondiale de papiers-cartons sera de 125 millions de tonnes en 1970 et de 203 millions de tonnes, en 1980. Il est d'ailleurs courant de citer les consommations de produits papetiers par habitant pour indiquer le niveau de développement d'un pays. Actuellement, elles se situent autour des valeurs moyennes suivantes :

- 200 kg par habitant aux U. S. A.
- 70 kg par habitant en Europe Occidentale.
- 17 kg par habitant en Union Soviétique.
- 12 kg par habitant en Amérique Latine.
- 6 kg par habitant en Asie.
- 3 kg par habitant en Afrique.

Il est vraisemblable que l'Amérique du Nord et l'Europe de l'Ouest absorberont, au cours des dix prochaines années, la moitié du tonnage correspondant à l'accroissement de la demande. Toutefois, seules l'Amérique du Nord, la Scandinavie et l'U. R. S. S. disposeront en quantités suffisantes de bois de papeterie et de pâtes de haute qualité.

L'Europe Occidentale qui manque de résineux, restera la principale région importatrice. Ses achats porteront d'une part sur des pâtes à fibres longues

et d'autre part sur des papiers et cartons kraft, tandis que ses importations en pâtes de feuillus resteront très limitées car elle est susceptible d'en produire sur place.

D'autre part, le Canada est à même d'intensifier, pendant de nombreuses années, ses fabrications de pâtes et papiers à base de résineux et de les commercialiser sur le plan international à des prix compétitifs.

Le marché mondial des pâtes et papiers sera donc très concurrentiel et le cours des produits papetiers devrait se situer à un niveau relativement bas pendant la prochaine décennie. Les prix actuels F. O. B. des pâtes à papier à l'exportation de Scandinavie peuvent être estimés à environ :

540 FF la tonne de kraft de résineux écu.

550 FF la tonne de kraft de bisulfite de résineux écu.

655 FF la tonne de kraft de bisulfite de résineux blanchi.

665 FF la tonne de kraft de résineux blanchi.

570 FF la tonne de kraft de feuillus blanchi.

Ce sont les pâtes kraft blanchies qui accusent les cours les plus élevés. Ce sont ces mêmes pâtes pour lesquelles la demande européenne devrait être soutenue.

\* \* \*

## POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES BAMBOUS AFRICAINS PRIX DE REVIENT DES BAMBOUS

Nous venons de voir qu'au cours des dix prochaines années, il existera en Europe de l'Ouest un déficit en pâtes papetières à fibres longues. Une pâte de ce type vendue à un prix suffisamment bas pour concurrencer les pâtes canadiennes pourrait donc, semble-t-il, avoir sa place sur le marché international.

Or l'Afrique francophone est surtout riche en essences feuillues qui composent la forêt naturelle. Ces feuillus sont susceptibles de fournir une pâte de qualité intéressante mais dont les débouchés seront plus limités au cours de la prochaine décennie que

ceux des pâtes de fibres longues. D'autre part, malgré quelques essais de plantations de résineux pouvant s'adapter aux climats tropicaux (tels que le *Pinus caribea*), les ressources africaines en bois à fibres longues resteront relativement faibles.

Pour pallier cette carence en fibres longues, l'utilisation de bambous à des fins papetières pourrait être envisagée et cette matière première pourrait représenter dans l'avenir, une source intéressante de cellulose.

Pour le moment, il ne serait vraisemblablement pas possible d'assurer à partir des bambous africains,

*Oxytenanthera abyssinica* en savane à *Daniellia oliveri* et *Lophira lanceolata*. Entre Daoudou et Baboua au Nord de Bétaré-Oya. Cameroun 1959.

Photo Letouzey.

l'approvisionnement d'une usine. Les aires de croissance des espèces spontanées sont, en effet, trop dispersées et les densités de peuplement trop variables. (Ainsi au Sénégal Oriental, on a trouvé au cours de trois sondages différents, des quantités de bambous allant de 2 à 7 stères à l'hectare, à 60 à 90 stères à l'hectare et jusqu'à 180 stères à l'hectare.) De plus, dans la plupart des cas, ces bambous sont mal situés géographiquement, dans des régions éloignées des centres urbains, des sources d'énergie, et manquant souvent de l'infrastructure nécessaire. Quant au *Bambusa vulgaris* la surface restreinte de ses plantations (quelques centaines d'hectares) ne permet actuellement aucune utilisation industrielle.

Par contre, il semble que des plantations de *Bambusa vulgaris* puissent être réalisées sur une plus grande échelle et que les coûts de la matière première produite de cette façon soient relativement bas. Des calculs de prix de revient des bambous de plantations, ont donné en effet des résultats très intéressants. Signalons cependant que la fabrication annuelle de 100 à 150.000 t de pâte nécessite 220 à 330.000 t de bambou sec, ce qui correspond à l'exploitation de 25.000 à 35.000 hectares de bambusaie.

Les coûts de la tonne sèche de bambou rendue usine seraient souvent inférieurs à ceux des feuillus de plantation et nettement en dessous de ceux des mélanges de bois de la forêt naturelle. On trouvera au tableau n° 2 les prix comparatifs en F CFA de la tonne sèche de bambous, d'Eucalyptus et de feuillus hétérogènes pour des usines de différentes capacités de production, travaillant pour l'exportation (1).

(1) Dans le cas d'une utilisation plus restreinte, c'est-à-dire celui d'une petite unité travaillant pour un marché local, les coûts de la tonne de bambou seraient supérieurs et en raison inverse du tonnage traité.



Les chiffres trouvés sont nettement plus favorables que ceux des résineux Scandinaves (estimés à 15 dollars le m<sup>3</sup> soit approximativement 8.000 à 8.400 F CFA la tonne sèche) et ils sont même au dessous de ceux des bois à pâte canadiens en provenance de la Colombie Britannique (estimés 7 à

TABLEAU N° 2

Prix de revient indicatif (en F. C. F. A.) de la tonne de matière première comptée sèche rendue usine

Capacité de l'usine en t/an de pâte fabriquée	60.000	90.000	150.000
Capacité de l'exploitation (en t/an de matière verte) .....	250.000	350.000	600.000
Bambou de plantation .....	3.400 à 3.750	3.300 à 3.550	3.150 à 3.500
Feuillus naturels .....	4.800 à 5.300	4.650 à 5.100	4.550 à 4.900
Eucalyptus de plantation.....	3.300 à 3.800	3.200 à 3.700	3.150 à 3.700

8 dollars le m<sup>3</sup> soit 4.000 à 4.500 F CFA environ la tonne sèche).

Il est évident que le prix de revient d'une pâte à papier dépend de nombreux autres facteurs tels que les coûts de la main-d'œuvre, des produits chimi-

ques, de l'eau, de l'énergie, de l'amortissement des investissements, etc... Il n'en reste pas moins vrai qu'une matière première bon marché constitue un point de départ extrêmement intéressant.

\* \* \*

## ÉTUDE PAPETIÈRE DE DIFFÉRENTS BAMBOUS AFRICAINS

### ÉCHANTILLONNAGE

On a étudié à la division de Cellulose du CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, différents échantillons de bambous en provenance de 5 pays africains francophones (Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Sénégal) et de Madagascar.

Les caractéristiques de tous ces bambous : lieux de récolte, nombre d'échantillons étudiés etc... sont consignées au tableau n° 3.

Les essais de laboratoire ont été effectués sur des copeaux de bambous coupés à la main, la longueur des éléments, dans le sens des fibres étant de quelques centimètres et la largeur, dans le sens tangentiel, de 1 à 2 cm.

Pour les essais réalisés en station pilote, les bambous ont été fractionnés à l'aide d'une coupeuse industrielle.

TABLEAU N° 3

*Echantillonnage des Bambous africains*

Pays d'origine	Lieu d'origine	Variété	Nombre d'éch. étudiés	Diamètres en cm	Épaisseur en cm	Siccité %	Date et type des essais
Cameroun.....	Région d'Edea	<i>Bambusa vulgaris</i>	—	5 à 7	0,4 à 1	91	1967 (laboratoire)
Congo.....	Forêt de Dimonika	<i>Bambusa vulgaris</i>	9	8 à 11,5	0,5 à 1,6	82 à 86	1958 (laboratoire)
Côte-d'Ivoire...	Forêt d'Anguedou	<i>Bambusa vulgaris</i>	5	5 à 10	0,5 à 1,5	78	1954 (laboratoire)
Gabon.....	Région de Libreville	<i>Bambusa vulgaris</i>	40	7 à 10	0,5 à 1		1962 (semi-industriel)
Madagascar....	Région de Périnet	<i>Dendrocalamus giganteus</i>	1	20	—	85	1966 (laboratoire)
Sénégal.....	Région de Tambacounda	<i>Oxytenanthera abyssinica</i>	7	2 à 5	0,3 à 1,6 certaines tiges sont pleines	85	1966 (laboratoire)

### DENSITÉ DES BAMBOUS CARACTÉRISTIQUES ANATOMIQUES DES FIBRES

La densité des bambous anhydres et leurs caractéristiques micrométriques sont données au tableau n° 4.

#### Densité

Les densités des bambous varient de 0,6 à 0,8 avec une seule exception pour un échantillon du Congo qui est très léger ( $d = 0,4$ ). Les bambous sont, dans leur ensemble, plus denses que les résineux et que la moyenne des feuillus tempérés. Ceci peut représenter un avantage pour la cuisson, car à

volume égal, la densité de chargement des lessiveurs sera supérieure dans le cas des bambous ; donc la production journalière sera plus importante.

Mais d'autre part, une densité trop élevée de la matière première peut, dans certains cas, nuire à la facilité de pénétration des réactifs dans les copeaux.

Ainsi quelques tests d'imprégnation effectués dans la soude à 50 g/l sur les 9 échantillons de bambou du Congo ont montré que les bambous les plus denses étaient plus difficilement pénétrés par le réactif.

TABLEAU N° 4

Densités et caractéristiques anatomiques des fibres de bambous africains

Référence	Densité	Longueur (L) moyenne des fibres (en $\mu$ )	Largeur (l) moyenne des fibres (en $\mu$ )	Cavité (en $\mu$ )	Coefficient souplesse $C/1 \times 100$	I. de Runkel $2 p/C$	Pouvoir feutrant L/l
Bambou du Cameroun . . .	0,60 à 0,80	2.725 $\pm$ 840	20,0 $\pm$ 4,5	4,1	20	3,95	137
Bambou du Congo . . . .	0,40 à 0,80	2.870 $\pm$ 950	19,9 $\pm$ 8	7,3	36,7	1,7	144
Bambou de Côte d'Ivoire	0,70 à 0,80	2.600 $\pm$ 400	17,1 $\pm$ 5,5	3,5	18,7	0,68	156
Bambou du Gabon . . . .	0,60 à 0,73	2.824 $\pm$ 858	18,3 $\pm$ 5	4,1	22,4	3,5	155
Bambou de Madagascar .	0,64	2.385	18	très étroite	20 env.	—	132
Bambou du Sénégal . . .	0,57 à 0,78	2.020 $\pm$ 370	25,6 $\pm$ 4	12,4	48,3	1,10	75
Epicéa . . . . .	0,37 à 0,5	2.500 à 3.500	42 à 48		76 à 82		52 à 75
Feuillus tempérés { Bouleau Peuplier Hêtre . . . . .	0,4 à 0,65	990 à 1.300	19 à 35		40 à 75	—	35 à 52
Paille . . . . .	—	800 à 1.500	10 à 16	très étroite	—	—	—

#### Caractéristiques micrométriques

Dans leur ensemble, les fibres de bambous sont longues mais relativement étroites. Elles ont cependant des parois assez épaisses donc une cavité peu importante. Le coefficient de souplesse est bas, dans la plupart des cas, ce qui caractérise une fibre peu plastique ne favorisant pas la formation de surfaces de contact interfibrilles. Le papier résultant n'aura donc pas de très bonnes résistances à la rupture et à l'éclatement. Il sera bouffant et poreux.

Les longueurs moyennes des fibres de *Bambusa vulgaris* se situent autour de 2.500 à 3.000  $\mu$ . Elles sont du même ordre que celle des résineux. Pour le bambou du Sénégal, on a enregistré des valeurs un peu plus basses (de l'ordre de 2.000  $\mu$ ) ; la longueur des fibres du *Dendrocalamus* serait intermédiaire.

Les pouvoirs feutrants sont très élevés, en particulier dans le cas des *Bambusa vulgaris* où l'on enregistre des chiffres nettement supérieurs à ceux des résineux. *Oxytenanthera*, qui a les fibres un peu plus courtes, possède un pouvoir feutrant un peu moins important mais qui reste cependant égal à

celui des bons résineux (1). Les papiers obtenus à partir des bambous auront donc une très bonne résistance à la déchirure.

(1) Des essais belges portant sur des bambous de différentes espèces en provenance du Congo-Kinshasa mettent en évidence ces mêmes différences entre *B. vulgaris* et *Oxytenanthera*.



*Dendrocalamus giganteus*. Une touffe de *Dendrocalamus giganteus* appelé « Bambou de Birmanie » à Madagascar.

Photo Letourneux.

## COMPOSITION CHIMIQUE DES BAMBOUS

Les bambous africains, à l'exception de l'échantillon en provenance du Congo, ont été analysés. On a déterminé les principaux constituants chimiques. Ces résultats sont groupés dans le tableau n° 5.

On remarque que les pourcentages d'extraits à l'alcool-benzène sont souvent assez élevés.

Les quantités de lignine se rapprochent, dans une certaine mesure, des chiffres trouvés pour les résineux alors que les teneurs en pentosanes seraient plutôt du même ordre que celles des feuillus et inférieures à celles des pailles.

Les taux de cellulose se situent autour de 40 %.

Les cendres des bambous sont plus abondantes que celles des bois mais moins élevées que celles des pailles. On trouve aussi pour les bambous des quan-

tités non négligeables de silice ce qui, dans le cas d'une réalisation industrielle, peut poser quelques problèmes pour la régénération des produits chimiques.

On remarque aussi qu'une extraction à l'eau bouillante et surtout qu'une extraction à la soude à chaud, solubilise une fraction importante du matériau : autour de 25 % dans le cas de l'extrait brut à la soude à 1 % (correspondant à la somme E eau + E net soude). Ceci peut expliquer une certaine aptitude du bambou à donner à 100°, donc à la pression atmosphérique, en milieu alcalin, des pâtes grossières certes, mais défibrables, susceptibles d'être utilisées dans certains types de fabrication (tels que les cartons ou l'ondulé).

TABLEAU N° 5

*Composition chimique des bambous africains*

Référence	Extrait alc. benz. %	Extrait à l'eau %	Extrait NaOH à 1 %	Lignine %	Pentosanes %	Cellulose corrigée %	Cendres à 425° %	SiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %
Bambou du Cameroun .....	2,9	4,6	21,5	28,1	21	41	1,70	0,71	0,002	0,10
Bambou de Côte d'Ivoire .....	2,75	3,7	20,2	25,8	22,5	43	—	—	—	—
Bambou du Gabon.....	2	3	—	27,9	20,6	43,8	1,88	0,57	0,008	0,11
Bambou de Madagascar .....	6,45	5,10	24,4	25,3	18,4	39,4	2,86	0,37	0,003	0,05
Bambou du Sénégal .....	7,80	6,40	22,7	25,4	20	37,4	2,80	0,55	0,002	0,10
Épicéa .....	2 à 3	—	—	26-30	8 à 11	53 à 55	0,5 à 1	inf. à 0,1	—	—
Feuillus tempérés	1,2 à 2,8	—	—	18-24	21 à 30	37 à 53	0,2 à 1,2	inf. à 0,1	—	—
Paille .....	—	4 à 7	20 à 23	12 à 18	27 à 32	35 à 40	6 à 8	1 à 2	—	—

## TRAITEMENTS PAPETIERS DES BAMBOUS

Les pâtes à papier sont produites actuellement à partir des bois ou des graminées par de nombreuses techniques.

Ces techniques peuvent être classées en trois catégories :

— les procédés chimiques alcalins ou acides (kraft, sulfate, soude-soufre, soude ou bisulfite),

— les procédés mécaniques utilisés principalement pour les bois. Dans ce cas, les fibres sont séparées par un traitement mécanique sans aucune action chimique.

— les procédés intermédiaires dits mi-chimiques, ou mécano-chimiques, ou à haut rendement, faisant intervenir une action chimique ménagée suivie d'un défibrage mécanique.

Dans le cas des bambous les procédés mécaniques classiques sont difficilement applicables ; par contre les deux autres types de traitement peuvent convenir pour la fabrication de différents types de pâte.

### *Essais effectués en laboratoire*

Cinq échantillonnages de bambous en provenance du Cameroun, du Congo, de Côte-d'Ivoire, de Madagascar et du Sénégal, ont été étudiés.

### CUISSONS CHIMIQUES DU TYPE KRAFT.

La cuisson soude-soufre est une variante du procédé classique au sulfate. Elle donne des résultats équivalant à ceux d'une cuisson kraft. Les essais ont



été effectués dans un lessiveur de 45 l. Les quantités de réactifs ont été introduites en proportions variables de façon à disposer d'une gamme de pâtes de duretés différentes. On a étudié deux températures de cuisson : 170° et 155°. Les résultats obtenus au cours des cuissons sont transcrits au tableau n° 6.

Les pâtes écruées ont été blanchies en 4 phases comprenant une chloration à haute densité, une sodation à 60° et deux traitements à l'hypochlorite de sodium à 35°. Le détail des résultats de blanchiment est donné au tableau n° 7. Les pâtes écruées et blanchies, après raffinage à 40° SR, ont été transformées en papier sur la formette Rapid-Köthen du laboratoire. Les caractéristiques mécaniques des papiers écrués et blanchis sont indiquées dans les tableaux n° 8 et 9.

#### Analyse des résultats.

La cuisson kraft des bambous africains est facile à réaliser. Il faudra environ 20 à 22 % d'alcali pour obtenir une pâte suffisamment délignifiée. Les rendements en pâte sont moyens et comparables à ceux

que l'on peut obtenir sur des résineux. Les cuissons à 170° et à 155° donnent des résultats assez voisins et les deux types de cuisson peuvent être retenus.

Un blanchiment en 4 phases permet d'arriver à une blancheur satisfaisante pour ce type de traitement. La stabilité de la blancheur n'est cependant pas très élevée.

Les caractéristiques mécaniques des pâtes écruées et blanchies sont du même ordre que celles des pâtes de Hêtre au point de vue de la résistance à la traction et à l'éclatement, mais la résistance à la déchirure est très élevée et comparable (et même parfois supérieure) à celle des meilleurs résineux. Le bambou du Sénégal (*Oxytenanthera abyssinica*) se distingue des *B. vulgaris* et *Dendrocalamus* : sa résistance à la déchirure est légèrement inférieure tandis que sa résistance à l'éclatement et à la rupture est nettement supérieure. Ceci pouvait, en effet, être prévu à la suite de l'étude morphologique de ce type de bambou, étude qui avait fait ressortir un coefficient de souplesse plus élevé et un indice de feutrage plus bas que ceux des autres espèces africaines.

TABLEAU N° 6

Résultats de cuissons soude-soufre de bambous africains

Référence	N° de cuisson	NaOH %	S %	Palier	Rendement en pâte classée	% NaOH restant g/l	Indice MnO <sup>4</sup> K	D. P. pâte écruée	Photo-volt
Bambou du Cameroun .....	3824	18	1,8	1 h 30 à 170°	42,0	2,4	26,5	1.170	18
	3825	22	2,2	—	47,5	4,8	20,8	1.100	21
	3826	26	2,6	—	45,4	9,8	16,7	910	25
	3827	18	1,8	3 h à 155°	47,7	2,8	27	1.200	21
	3828	22	2,2	—	49,7	8,8	19,6	1.170	24,5
	3829	26	2,6	—	47,4	12,4	16	1.070	16
Bambou du Congo	3010	18	1,8	1 h 30 à 170°	41	1,8	23,4	1.525	21
	3015	22	2,2	—	46,2	3,7	18,1	1.255	25
	3018	26	2,6	—	43,4	5,2	15,6	970	35,5
	3009	18	1,8	3 h à 155°	50,7	1,6	27,6	1.560	21,5
	3013	22	2,2	—	46,4	5	16,9	1.450	28,5
	3017	26	2,6	—	47,5	9,2	13,7	1.255	31
Bambou de Côte-d'Ivoire .....	2928	18	1,8	1 h 30 à 170°	40,6	1,8	35,6	1.580	15
	2930	22	2,2	—	37,7	4,8	25,3	1.380	20,5
	2932	26	2,6	—	37,5	12,6	18,4	1.166	24,5
	2923	18	1,8	3 h à 155°	47,4	2,2	36,8	1.770	15
	2925	22	2,2	—	45,9	4,8	27,1	1.540	22
	2927	26	2,6	—	39,7	11	18,3	1.360	24
Bambou de Madagascar .....	3783	18	1,8	1 h 30 à 170°	41	2,4	28,6	1.490	17,5
	3784	22	2,2	—	44,2	5,4	22,1	1.305	22
	3785	26	2,6	—	44	12,0	16,5	920	25
	3780	18	1,8	3 h à 155°	41,8	1,4	31,6	1.360	14,5
	3781	22	2,2	—	44	2,8	22,5	1.310	21,5
	3782	26	2,6	—	44,8	13,6	17,2	1.210	25,5
Bambou du Sénégal .....	3764	18	1,8	1 h 30 à 170°	36,3	2	27,3	1.560	22
	3765	22	2,2	—	47,4	3,2	23,5	1.350	25
	3766	26	2,6	—	45,8	10	15	1.200	32
	3767	18	1,8	3 h à 155°	35,6	2,4	30,4	1.440	21,5
	3768	22	2,2	—	45,9	4,8	23,1	1.340	27
	3769	26	2,6	—	45,4	11,6	17,3	1.300	30,5

Les papiers obtenus à partir des différents bambous sont poreux et bouffants. Ils présentent un épaisseur nuageux. Pour certaines fabrications, il faudrait donc envisager un raffinage des pâtes avec des appareils favorisant la coupe des fibres, ou un mélange avec des pâtes à fibres courtes.

Les pâtes de bambous constituent donc un complément heureux des pâtes de feuillus ou de paille,

*Obtention de blancheurs élevées.*

Les pâtes correspondant aux essais précédemment cités avaient des blancheurs de l'ordre de 80 à 82° photovolt. Ces blancheurs sont suffisantes dans le cas d'une utilisation locale de la pâte. Par contre, si l'on souhaite commercialiser sur le plan international de la pâte blanchie de bambou, cette pâte devra concurrencer les pâtes kraft blanchies

de résineux qui atteignent des chiffres bien plus élevés (de 88 à 90° photovolt).

Il est possible d'obtenir à partir des bambous africains des pâtes très blanches mais, dans ce cas, les techniques de blanchiment seront un peu différentes. Il sera nécessaire de faire appel à des réactifs tels que le bioxyde de chlore et les peroxydes qui sont des oxydants de la lignine plus sélectifs que les hypochlorites. Ils permettent, avec une dégradation très peu importante d'obtenir des photovolts de l'ordre de 90. Le mode opératoire préconisé comprend 5 phases : une chlorosodation oxydante suivie d'un traitement au bioxyde de chlore, d'un traitement au peroxyde et d'un nouveau traitement à ClO<sub>2</sub>. Les détails opératoires et les résultats obtenus sur trois pâtes kraft de bambou du Cameroun, de Madagascar et du Sénégal sont transcrits au tableau n° 10.

TABLEAU N° 7

*Résultats de blanchiment des pâtes soude-soufre de bambous africains*

Référence	N° de cuisson	Chlorosodation		Hypochloritations		Stabilité % (après 3 jours à 105°)	D. P. pâte blanchie	Indice de cuivre
		Cl cons. %	NaOH cons. %	Cl total cons. %	Photovolt			
Bambou du Cameroun .....	3824	6,90	3,0	5,45	79,5	85,5	950	0,6
	3825	5,25	1,65	4,45	80	85,5	910	0,6
	3826	4,0	1,10	3,7	80	88	670	0,5
	3827	7,2	3,0	6,0	79,5	84	935	0,6
	3828	4,45	1,9	3,9	79,5	87	840	0,6
	3829	4,15	1,45	3,1	80	87	810	0,6
Bambou du Congo	3010	5,1	2,0	4,0	81,5	83	1.030	0,3
	3015	3,2	1,3	2,8	81,5	88	960	0,4
	3018	2,9	1,1	2,75	80,5	89	725	0,4
	3009	5,7	2,5	5,0	82,5	83	1.120	0,5
	3013	3,1	1,4	2,8	81,5	84	970	0,4
	3017	1,8	0,8	1,8	79	86,5	920	0,4
Bambou de Côte d'Ivoire .....	2928	10,8	5,4	7,8	83,5	82	930	0,5
	2930	5,3	3,15	5,5	81,5	83	855	0,5
	2932	3,45	2,33	3,8	82,5	85	700	0,5
	2923	10,9	5,3	9,4	81,5	82	980	0,5
	2925	5,3	2,5	5,7	82	82	950	0,5
	2927	3,55	2,3	3,45	81,5	84	870	0,5
Bambou de Madagascar .....	3783	8,4	3,3	5,2	81	83,5	920	0,6
	3784	6,5	1,7	4,3	81,5	84,5	790	0,6
	3785	4,1	1,6	4,1	82	85,5	610	0,6
	3780	9,3	3,7	4,9	81	82,5	870	0,7
	3781	6,3	1,9	4,2	84	82,5	840	0,6
	3782	4,2	1,3	3,5	83	83,5	820	0,55
Bambou du Sénégal	3764	8,5	2,8	4,1	81	83	1.175	0,5
	3765	6,0	1,5	3,3	82	83	1.035	0,5
	3766	4,2	1,0	2,5	83	83	950	0,4
	3767	10,2	3,8	5,1	83	82,5	1.060	0,5
	3768	6,5	2,2	3,7	83	83	1.030	0,5
	3769	4,8	1,3	3,1	84	83	960	0,5



Photo Naud-Afrique Photo.

*Dendrocalamus strictus (Asie).*

TABLEAU N° 8. — Caractéristiques des papiers obtenus à partir des pâtes soude-soufre écrues de bambous africains (à 40° SR)

Référence	N° de cuisson	Longueur rupture	Eclatement	Déchirure	D. Plis	Porosité	Allongement %	Main
Bambou du Cameroun.....	3824	5.500	27	210	250	11	2,5	2,1
	3825	5.200	27	200	90	16	2,5	1,95
	3826	4.900	23	180	50	20	2,5	2,05
	3827	5.700	39	200	120	18	2,5	2,05
	3828	5.500	39	180	150	15	2,5	2,1
	3829	5.400	34	200	80	20	2,5	2,15
Bambou du Congo.	3010	5.500	37	188	200	20	2,6	2,1
	3015	5.400	36	137	125	20	2,1	1,9
	3018	4.500	27	126	10	20	1,8	2
	3009	5.500	37	173	150	20	2,5	2
	3013	6.400	43	158	350	10	2,4	1,9
	3017	5.600	36	135	100	10	2,3	1,9
Bambou de Côte d'Ivoire .....	2928	4.500	35	230	350	—	2,6	2
	2930	5.100	38	240	350	—	2,6	2
	2932	4.900	34	230	100	—	2,5	2
	2923	4.300	28	225	100	—	2,4	2
	2925	4.600	30	215	100	—	2,3	2
	2927	4.700	35	235	500	—	2,7	1,9
Bambou de Madagascar .....	3783	5.700	34	200	100	15	2,3	1,9
	3784	5.600	33	200	90	15	2,4	1,85
	3785	5.500	31	208	60	15	2,3	1,80
	3780	6.000	35	230	220	12	2,9	2,10
	3781	5.600	32	210	180	12	2,7	1,90
	3782	5.400	31	190	100	12	2,5	1,80
Bambou du Sénégal	3764	8.000	45	184	400	6	2,5	1,85
	3765	7.600	42	170	250	6	2,3	1,80
	3766	7.000	41	170	250	6	2,3	1,75
	3767	7.500	45	174	250	7	2,3	2,0
	3768	7.900	47	173	400	6	2,5	1,90
	3769	7.100	43	179	200	6	2,4	1,80

TABLEAU N° 9

Caractéristiques des papiers obtenus à partir des pâtes soude-soufre blanchies de bambous africains (à 40° SR)

Référence	N° de cuisson	Longueur rupture	Eclatement	Déchirure	D. Plis	Porosité	Allongement %	Main
Bambou du Cameroun.....	3824	5.400	32	195	50	20	2,5	1,9
	3825	4.800	30	185	40	21	2,5	1,95
	3826	4.300	26	160	25	25	2,2	2,05
	3827	5.900	38	140	60	6	2,9	1,85
	3828	5.200	33	165	30	15	—	1,9
	3829	5.000	31	180	35	20	—	1,9
Bambou du Congo.	3010	5.300	37	159	100	15	2,6	1,9
	3015	5.500	34	120	50	10	2,6	1,7
	3018	4.200	27	100	20	10	2,4	1,8
	3009	5.400	34	130	125	15	2,6	1,8
	3013	5.000	35	145	75	15	2,3	1,8
	3017	5.000	36	140	75	10	2,4	1,8
Bambou de Côte-d'Ivoire .....	2928	4.800	34	130	75	—	2,5	1,9
	2930	4.800	34	160	150	—	2,6	2
	2932	4.400	29	165	50	—	2,5	2
	2923	4.500	34	145	120	—	2,5	1,9
	2925	4.400	31	155	120	—	2,6	2
	2927	4.900	36	180	180	—	2,5	2
Bambou de Madagascar .....	3783	5.200	33	120	30	10	2,5	1,75
	3784	4.800	28	120	20	10	2,3	1,80
	3785	4.000	23	110	5	10	2,3	1,80
	3780	5.300	33	130	30	10	2,4	1,80
	3781	5.000	29	115	25	10	2,4	1,80
	3782	4.200	25	110	10	10	2,1	1,80
Bambou du Sénégal .....	3764	7.800	43	130	300	5	2,7	1,63
	3765	6.400	36	125	120	6	2,6	1,65
	3766	6.000	30	125	60	6	2,5	1,75
	3767	6.900	42	120	150	5	2,3	1,65
	3768	6.580	40	120	100	5	2,4	1,65
	3769	6.100	37	110	60	5	2,6	1,65

TABLEAU N° 10

Obtention des blancheurs élevées sur pâtes soude-soufre de bambous africains

Référence	N° de cuisson	Cl cons. % à la 1 <sup>re</sup> phase du blanchiment	NaOH cons. % à la 2 <sup>e</sup> phase du blanchiment	ClO <sub>2</sub> total cons. % aux phases 3 et 5	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> total cons. % aux phases 2 et 4	Photovolt	Stabilité %	D. P.	Indice de cuivre
Bambou du Cameroun .	3825	5,7	2,7	2,3	1,1	88	89,5	1.050	0,65
Bambou de Madagascar	3784	6,4	2,7	1,9	1,15	89,5	90,5	1.230	0,55
Bambou du Sénégal ...	3765	5,9	2,7	1,7	1	90	89	1.170	0,4

On remarque qu'avec ce traitement, les stabilités des blancheurs sont aussi très favorables et que le degré de polymérisation est nettement supérieur à celui des mêmes pâtes blanchies à l'hypochlorite. On n'a pas effectué d'essais mécaniques sur ces pâtes mais il est vraisemblable que les résultats en auraient été au moins équivalents et sans doute supé-

rieurs à ceux des pâtes blanchies selon le procédé classique puisque les premières sont moins dégradées chimiquement que les dernières.

#### CUISSONS A LA SOUDE.

La cuisson à la soude sans addition de soufre ou de sulfure convient aussi pour le traitement des bam-

bous. Toutefois, à alcali égal, les pâtes obtenues sont un peu plus dures que les pâtes kraft correspondantes, le rendement final est un peu plus faible et le degré de polymérisation un peu moins élevé.

Le blanchiment peut être conduit comme pour les pâtes soude-soufre, les consommations en réactifs, la blancheur et la stabilité dépendent de la dureté de la pâte écrue.

Les caractéristiques mécaniques sont un peu plus faibles que celles des pâtes soude-soufre.

La cuisson à la soude n'offre donc pas d'avantage par rapport aux cuissons kraft si ce n'est une régé-

neration un peu plus simple des produits chimiques.

#### CUISSONS AU SULFITE NEUTRE.

Les cuissons ont été effectuées avec 18 à 24 % de  $\text{SO}^2\text{Na}^2$  et 6 à 8 % de  $\text{CO}^2\text{Na}^2$  pour tamponner la réaction, en deux paliers de 1 h à 110°C et 3 h à 165°C, le rapport  $\frac{\text{lessive}}{\text{bambou}}$  étant de 4,5. Les résultats de cuisson sont groupés au tableau n° 11 et les caractéristiques des papiers résultants, crus et blanchis, au tableau n° 12.

TABLEAU N° 11

#### Cuissons au sulfite neutre des bambous africains

Référence	N° de cuisson	$\text{SO}^2\text{Na}^2$ int. %	$\text{CO}^2\text{Na}^2$ int. %	Rendement net	$\text{SO}^2\text{Na}^2$ restant g/l	Photovolt écrue	Indice $\text{MnO}^4\text{K}$	D. P. pâte écrue	Photovolt après blanchi- ment	Stabilité de la blan- cheur %
Congo .....	3021 (1)	24	8	43,6	7,1	25,5	31,5	1.755	84,5	89
	3022 (1)	18	6	42,5	traces	18,5	35,2	1.800	81,5	85
	3023 (2)	24	8	46,9	33,8	28,5	21,4	1.705	86,5	89
Côte d'Ivoire....	2935 (1)	18	6	42,8	6,3	17,5	36,5	1.800	82,5	83
	2936 (1)	24	8	44,9	16	22,5	33,5	1.780	83,5	84
Madagascar .....	3789 (1)	24	8	48,5	1,8	25,5	29	1.700	84,5	82
Sénégal .....	3777 (1)	24	8	52,5	21	30	30,9	1.700	87	85
	3778 (1)	18	6	60,5	12,6	29	29	1.815	86	85

(1) Copeaux normaux  
(2) Copeaux fins

TABLEAU N° 12

#### Caractéristiques des papiers obtenus à partir des pâtes au sulfite neutre de bambous africains (à 40° SR)

Référence	N° de cuisson	Longueur rupture	Eclatement	Déchirure	D. Plis	Porosité	Allonge- ment %	Main	
Congo .....	Pâtes écrues	3021	6.400	46	182	400	20	2,5	2
		3022	6.000	43	165	300	20	2,1	1,9
		3023	6.500	45	190	500	15	2,5	1,8
	Pâtes blanchies	3021	6.200	42	120	300	5	3	1,7
		3022	6.000	43	118	300	5	3	1,7
		3023	6.200	43	122	250	10	3	1,7
Côte-d'Ivoire .....	Pâtes écrues	2935	4.100	28	205	75	—	2,7	2,1
		2936	4.400	30	225	50	—	2,9	2
	Pâtes blanchies	2935	5.000	35	140	100	—	2,9	1,7
		2936	5.000	35	175	150	—	2,7	1,7
Madagascar .....	Pâte écrue	3789	4.700	29	175	80	12	2,3	2,2
	Pâte blanchie	3789	5.200	35	150	100	10	3,2	2,0
Sénégal .....	Pâtes écrues	3777	5.900	33	153	120	7	2,5	1,95
		3778	5.600	30	140	50	12	2,3	2,2
	Pâtes blanchies	3777	5.800	35	92	40	5	3,0	1,85
		3778	5.200	35	77	20	6	3,7	1,75

### Analyse des résultats.

Les bambous se cuisent très facilement par le procédé au sulfite neutre. Alors qu'avec les bois, on obtient une pâte à haut rendement encore très lignifiée, on arrive dans le cas des bambous à un type de pâte qui s'apparenterait plus aux pâtes chimiques qu'aux mi-chimiques. Les pâtes ne sont pas très claires, leur teinte est semblable à celle des pâtes alcalines. A dureté égale, les rendements sont du même ordre que ceux des cuissons soude-soufre.

L'utilisation de copeaux fins donne de meilleurs résultats. Le blanchiment classique en 4 phases nécessite cependant des quantités de chlore assez élevées. Il semble que pour certaines fabrications un simple éclaircissement en une phase d'hypochlorite, ou en deux phases (hypochlorite et peroxyde) pourrait se révéler plus avantageux.

Les caractéristiques des pâtes écrues sont, dans la plupart des cas, équivalentes à celles des pâtes alcalines de même indice de permanganate. Dans le cas d'*Oxytenanthera* elles semblent un peu inférieures.

Après blanchiment, la longueur de rupture et l'éclatement restent inchangés, mais la déchirure est inférieure à celle des papiers écrus. Les différences

paraissent plus sensibles ici que dans le cas des pâtes kraft, vraisemblablement à cause des quantités plus importantes de chlore consommées.

Les papiers obtenus en écreu comme en blanchi, manquent d'opacité, ce qui représente un certain inconvénient.

Ce procédé peut, malgré ces réserves, être retenu éventuellement pour le traitement des bambous, tout au moins pour la fabrication de pâtes écrues.

### CUISSONS AU BISULFITE.

Les essais de cuissons des bambous au bisulfite de calcium se sont tous soldés par des échecs. Les copeaux se sont avérés très difficiles à imprégner et sont sortis du lessiveur incuits ou brûlés.

On a essayé de remplacer la base calcium par une base soluble et on a traité l'échantillonnage du Sénégal par le bisulfite de sodium. On a aussi fait varier le pH, la température de la cuisson, les concentrations en réactifs. A la suite de ces essais, il semble que les bases solubles, comme le sodium, sont susceptibles de donner de meilleurs résultats mais une étude assez longue reste à faire pour déterminer des conditions de traitement vraiment satisfaisantes.

TABLEAU N° 13

*Pâtes alcalines à haut rendement à partir des bambous africains*

Référence	N° de cuisson	NaOH %	S %	Paller	Rendement en pâte classée %	NaOH restant g/l	Photovolt	I. MnO <sup>4</sup> K
Cameroun .....	3830	26	2,6	5 h à 125°	54,1	12	23	27,4
	3832	26	2,6	3 h à 125°	54,5	26	22	30,3
	3831	26	2,6	9 h à 100°	52,4	31,6	20,5	29,4
	3833	26	2,6	5 h à 100°	62,7	30,8	19	30,9
Madagascar .....	3786	26	2,6	3 h à 135°	40,8	19,6	21	27,5
	3787	26	2,6	5 h à 125°	41,9	18,8	20,5	28,8
	3788	26	2,6	9 h à 100°	49,2	24,4	19	30,5
Sénégal .....	3779	26	2,2	3 h à 125°	50,8	22,4	25,5	30,1
	3776	26	2,6	9 h à 100°	54,3	21,2	25	29,9
	3773	18	1,8	3 h à 100°	61,7	10,8	23,5	40,8
	3776	14	1,4	3 h à 100°	60,4	4,8	23,5	43,9
	3775	11	0	3 h à 100°	68,2	2,6	27	49,1

TABLEAU N° 14

*Caractéristiques des papiers écrus obtenus à partir des pâtes alcalines à haut rendement de bambous africains*

Référence	N° de cuisson	Longueur rupture	Eclatement	Déchirure	D. Plis	Porosité	Allongement %	Main
Cameroun .....	3830	5.200	37	175	90	15	2,6	2,3
	3832	4.600	28	210	42	70	2,6	2,4
	3831	4.200	27	190	25	50	1,5	2,5
	3833	3.700	21	180	12	100	2,2	2,6
Madagascar .....	3786	5.100	27	173	80	25	2,2	2,0
	3787	4.600	28	195	90	25	2,3	2,2
	3788	4.600	27	196	90	18	2,3	2,0
Sénégal .....	3779	6.200	34	170	100	20	2,3	2,4
	3776	5.400	26	150	45	20	2,0	2,4
	3773	4.800	26	137	22	20	1,9	2,6
	3774	4.200	20	122	11	20	1,9	2,9
	3775	3.500	15	102	6	20	1,9	3,1

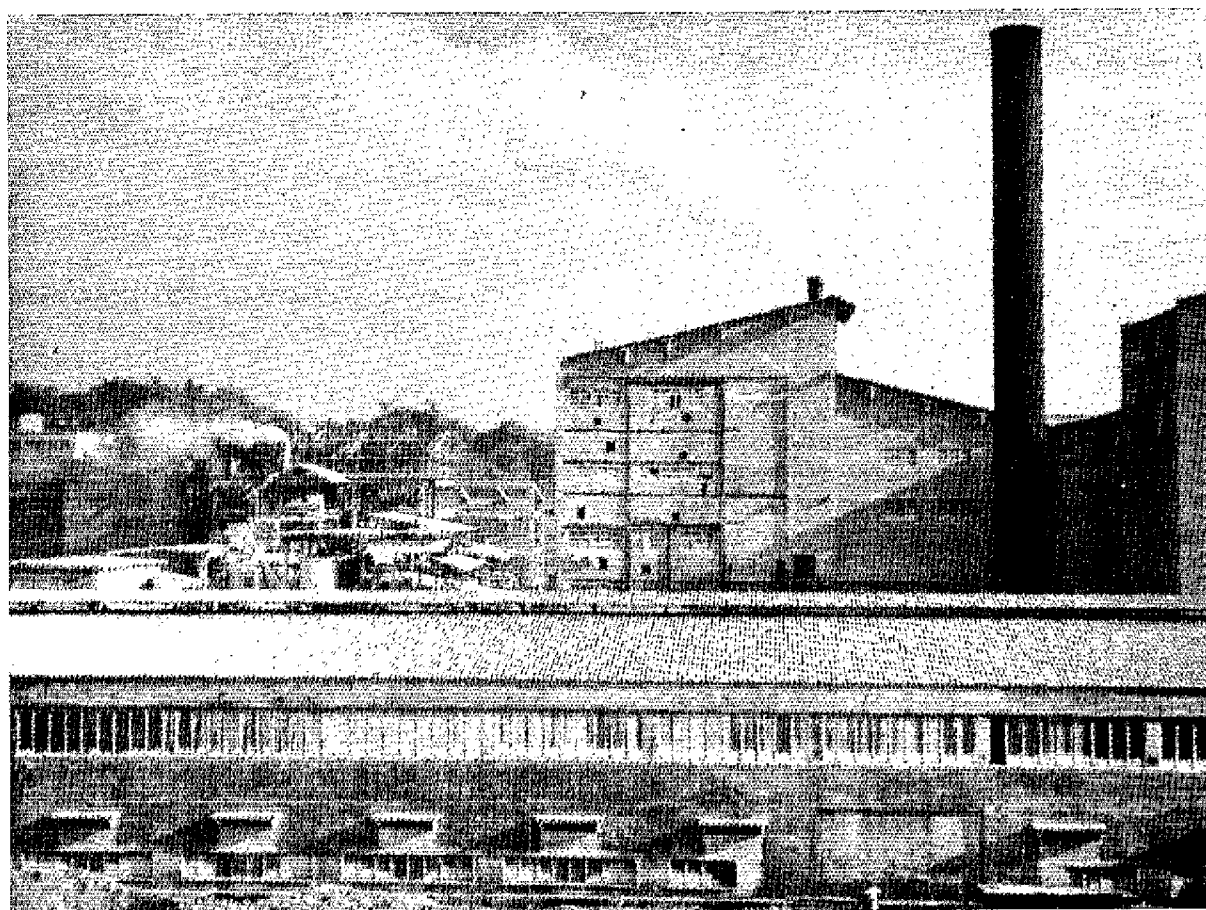


Photo Ambassade du Pakistan en France.

*Karnapully paper mill.*

La technique de cuisson au bisulfite paraît plus difficile à appliquer aux bambous que les procédés alcalins.

#### CUISSONS DU TYPE MI-CHIMIQUE ET A HAUT RENDEMENT.

On a procédé, sur les bambous du Cameroun, de Madagascar et du Sénégal, à des essais d'obtention de pâtes, à haut rendement, par cuissons alcalines peu poussées suivies d'un passage au défibreur.

Les quantités d'alcali variaient entre 10 et 26 %, les températures de cuisson entre 100° et 135°, les durées des paliers de 3 à 9 h.

Le tableau n° 13 donne les résultats obtenus avec ces cuissons et le tableau n° 14 les caractéristiques des papiers correspondants.

L'analyse des résultats montre qu'une cuisson alcaline des bambous à basse température est tout à fait réalisable mais un léger défibrage mécanique est parfois nécessaire. Les caractéristiques mécaniques sont étagées et se situent en sens inverse des rendements en pâte.

Ces pâtes peuvent être blanchies en plusieurs stades mais les quantités de chlore seront importantes. On peut aussi effectuer un simple éclaircissement en

une phase à l'hypochlorite de sodium, mais là encore la dépense en réactif sera élevée. Des essais d'éclaircissement aux peroxydes n'ont pas donné de résultats intéressants.

Il faut signaler d'autre part que la possibilité de cuisson de bambous à 100°, donc à la pression atmosphérique, est technologiquement avantageuse et qu'il existe peu de matières premières fibreuses susceptibles de donner, dans des conditions aussi simples, une pâte écrue ayant une résistance à la déchirure très élevée. Cette possibilité de cuisson sans pression pourrait présenter un certain intérêt dans le cas de petites unités tropicales destinées à l'approvisionnement d'un marché local.

#### PÂTES A LA SOUDE A FROID.

Des copeaux de bambous de Madagascar et du Sénégal ont été imprégnés dans de la soude à 50 g/l pendant 16 h, à température ambiante, puis défibrés.

Les pâtes résultantes étaient assez brunes : photovolt = 38 pour l'échantillonnage de Madagascar et 42 pour celui du Sénégal. Après raffinage à 40° SR, les caractéristiques mécaniques étaient celles indiquées par le tableau 15.

Le traitement à la soude à froid est donc possible

TABLEAU 15

Référence	Longueur rupture	Eclatement	Déchirure	D. Plis	Porosité	Allongement %	Main
Madagascar .....	2.600	9,8	38	1	3,6	1,7	2,1
Sénégal .....	2.800	12	76	3	—	1,8	1

mais il semble qu'il faille plutôt lui préférer le traitement à la soude à 100° qui permet d'obtenir des caractéristiques plus intéressantes. Il faut ajouter aussi que les pâtes de bambous à la soude à froid sont excessivement difficiles à éclaircir.

#### Essais semi-industriels

Ces essais constituent un passage intermédiaire entre le stade du laboratoire et la fabrication en usine. Ils sont intéressants car ils permettent de situer les difficultés qui pourraient être rencontrées dans une usine tropicale traitant du bambou. Certains problèmes tels que ceux de la mise en copeaux, du classage etc... ne peuvent être, en effet, bien définis en laboratoire. De plus, de tels essais permettent d'effectuer des tirages de papiers de type industriel.

Les bambous possédant des fibres longues, leurs pâtes sont susceptibles d'être commercialisées sous les formes les plus diverses : pâtes écrues, pâtes blanchies et même pâtes mi-blanchies.

C'est pourquoi, dans le cas du bambou du Gabon, deux types d'essais semi-industriels ont été envisagés. Ce sont :

— d'une part la fabrication de pâtes chimiques écrues et blanchies,

— d'autre part la fabrication de pâte à la soude à froid.

#### PÂTES CHIMIQUES :

Deux cuissons ont été effectuées : une pâte douce facile à blanchir et une pâte plus dure à utiliser en écreu ou en mi-blanchi. Ces deux cuissons ont été réalisées en lessiveur de 1,2 m<sup>3</sup> sur 180 kg de bambous complétés secs (siccité au moment des essais 83 %) dans les conditions suivantes (tableau 16) :

On a obtenu :

— pour la pâte I un rendement net de 53 % (avec 3 %, par rapport à la pâte, de refus au classage) et un indice de MnO<sup>4</sup>K de 13,7,

— pour la pâte II un rendement net de 62 % (avec 5 % par rapport à la pâte de refus au classage) et un indice de MnO<sup>4</sup>K de 21,2.

La pâte I a été blanchie en 5 stades (chlorosodation oxydante 2 phases d'hypochlorite et une phase à l'eau oxygénée). Les quantités de réactifs consommées étaient de l'ordre de 4,5 % de chlore total, 1 % de soude et 0,6 % d'eau oxygénée. Comme il n'a pas été possible de réaliser à la station le traitement de la pâte au bioxyde de chlore, les blancheurs obtenues n'étaient pas très élevées (de l'ordre de 77 à 78) mais les stabilités étaient satisfaisantes.

La pâte II a été éclaircie en une phase d'hypochlorite (9 % de chlore actif tamponné avec 2,9 % de soude). Le photovolt final était de 57.

Les caractéristiques mécaniques de ces pâtes raffinées à 40° SR au Jokro et au Bauer sont données dans le tableau n° 17.

Il a donc été possible d'obtenir des pâtes écrues, blanchies et mi-blanchies à partir des bambous gabonais à l'échelle semi-industrielle mais un certain nombre de remarques doivent être faites car elles peuvent avoir une incidence non négligeable en ce qui concerne la transposition au stade industriel.

*Mise en copeaux :* Elle s'est révélée très difficile pour plusieurs raisons ; d'abord parce que la tige de bambou est un matériau dur contenant de la silice sur laquelle les couteaux des coupeuses s'usent rapidement et surtout parce que le choc des couteaux écrase de nombreuses tiges qui sont réduites en longues lanières très difficiles à couper. Ces inconvénients ont été remarqués aussi bien avec une coupeuse à diablo qu'avec une coupeuse classique

TABLEAU 16

N° de cuisson	NaOH int. %	Soufre int. %	Rapport lessive/bambou	Palier
N° I (facile à blanchir).....	22	2,2	3,3	3 h à 150° — pression max. 5,5 kg/cm. (Montée en palier de 1 h 30)
N° II (à utiliser en écreu ou mi-blanchie).....	20	2	3,3	3 h à 135° — pression max. 3,5 kg/cm. (Montée en palier de 1 h 15)



TABLEAU N° 17

*Caractéristiques mécaniques des pâtes semi-industrielles de bambou du Gabon*

Cuisson	Raffineur	Eclatement	Longueur rupture	Allongement %	Déchirure	D. Plis	Porosité	Main
I (écru)	Jokro Bauer	42	6.000	4	185	250	18	1,5
		37	6.000	3	200	300	9	1,7
II (écru)	Jokro Bauer	38	5.500	3,6	195	190	50	1,7
		37	5.200	3,4	240	150	35	1,8
I (blanchie)	Jokro Bauer	46	6.000	5	195	300	10	1,5
		42	5.800	4,7	220	300	9	1,6
II (mi-blanchie)	Jokro Bauer	47	6.600	4,5	150	400	12	1,5
		40	5.800	3,6	190	300	8	1,8

munie d'un cylindre à hérissos. Un classage ultérieur des copeaux s'est révélé pratiquement impossible.

Il se peut que ces ennuis soient atténués lorsque l'on traite des bambous frais mais, dans le cas d'une utilisation industrielle, un stockage prolongé des bambous sur parc ne peut être totalement écarté. L'étude d'une coupeuse donnant de meilleurs résultats sur les bambous secs serait nécessaire. Le passage préalable des bambous dans une presse à rouleaux cannelés pourrait éventuellement être envisagé.

#### *Densité de chargement et conditions de cuisson.*

La densité de chargement des lessiveurs est bonne et le rapport lessive/copeaux de 3,3 convient bien.

Les cuissons semi-industrielles ont confirmé les travaux de laboratoire, à savoir une grande facilité de cuisson des bambous par les procédés alcalins.

#### *Vidange des lessiveurs — Lavage de la pâte.*

La vidange des lessiveurs n'a pas été complète au premier soufflage et deux à trois montées en pression ont été nécessaires pour une évacuation totale. Ceci semble être dû plutôt à la forme et aux dimensions du lessiveur qu'aux caractéristiques des bambous. Un tel inconvénient a aussi été remarqué avec des bois métropolitains.

Le lavage de la pâte n'a entraîné aucune difficulté. Mais les quantités d'eau utilisées étaient importantes.

#### *Epuraton de la pâte.*

Il est nécessaire d'utiliser pour les bambous des grilles de classage à perforation d'assez grande taille ; les concentrations en pâte doivent être faibles (de l'ordre de 1,5 à 2 g/l). Le débit de classage est donc assez lent. Après classage, il reste encore dans la pâte un certain nombre d'impuretés. Une fin d'épuration sur cleaner paraît indispensable.

#### *Tirage au presse-pâte.*

Quelques difficultés ont été rencontrées au cours du tirage sur un petit presse-pâte car les fibres s'aggloméraient et s'entremêlaient pour former des bour-

relets qui passaient mal sur le filtre. Il est probable que sur un appareil industriel de grande dimension le passage de la pâte serait plus facile, mais ce point reste à préciser.

*Caractéristiques des pâtes.* — Elles confirment les résultats de laboratoire. Le blanchiment de la pâte I n'a pas modifié les caractéristiques de la pâte, l'éclaircissement de la pâte II a fait légèrement baisser la résistance à la déchirure comme c'est souvent le cas après un traitement avec des pourcentages élevés d'hypochlorite.

#### *PÂTE A LA SOUDE A FROID.*

On a préparé de la pâte écru de bambou à la soude à froid. Les tests préliminaires de laboratoire ayant montré qu'il était très difficile d'éclaircir ce type de pâte, aucun essai de blanchiment n'a été effectué.

La mise en copeaux a été faite avec une coupeuse Linarès puis les bambous ont été broyés sur deux appareils différents avec classage intermédiaire. La cuisson a été réalisée avec 12 % de soude par rapport aux copeaux mais il semble que le taux de 15 % de soude soit préférable.

Le défibrage et le préaffinage ont été effectués dans deux défibreurs disposés en série, les perforations de grilles étaient de 8 mm de diamètre en amont et de 3,5 mm de diamètre en aval. Le raffinage au Bauer double-disques a été relativement aisé.

La pâte a été classée puis épaissie jusqu'à une concentration de 12 %. Ses caractéristiques mécaniques à 45° et 60° SR étaient les suivantes :

Longueur de rupture	Eclatement	D. Plis	Porosité	Main
2.600	65,5	2	16,5	2,2
4.000	62	5	2,8	1,9

Pour l'ensemble de ces essais on peut faire les remarques suivantes :

Comme dans le cas de la pâte chimique, la mise en copeaux des bambous secs a été très difficile. Le tamisage des copeaux a été long. Des essais ulté-



*Bambusa vulgaris. Loudima. Congo.*

Photo Bégué.

ment parce que leur raffinage n'était pas assez poussé. Ces essais montrent que les pâtes de bambous doivent être utilisées à des degrés d'enrichissement supérieurs à ceux des résineux d'autant que l'éclair des papiers de bambous étant très nuageux, il ne faut pas craindre de pousser le raffinage avec des appareils à lames coupantes.

L'incorporation dans les papiers d'emballage de pâte à la soude à froid est possible mais au-delà de 40 % de pâte mécano-chimique, les caractéristiques des papiers baissent sensiblement. On a cependant pu tirer des papiers composés de 100 % de pâte de bambou soude à froid, même à faible grammage, ce qui montre la bonne tenue sur machine de ce type de pâte.

*Emballage mi-blanchi et blanchi.* —

Les remarques à ce sujet sont les mêmes que pour les papiers écrus.

Un raffinage un peu plus important a permis d'améliorer l'éclair des papiers qui est toutefois resté encore trop nuageux pour les sortes minces.

*Papiers divers.* — La pâte de bambou a été utilisée comme armature et on lui a ajouté des quantités plus ou moins grandes de pâte mécanique. Les résultats ont été satisfaisants. Dans le cas du journal, on a introduit 19 % de pâte de bambou, le tirage s'est effectué sans difficulté.

Dans la catégorie offset, des essais d'impression ont mis en évidence des facilités d'encre moyennes.

Pour les papiers pelures, l'adjonction de fibres courtes ne suffit pas à pallier l'inconvénient de l'éclair nuageux, les fibres de bambous doivent être coupées au préalable.

TIRAGES EFFECTUÉS SUR LA MACHINE DE 1 M DE LARGE.

Trois sortes de papiers ont été fabriquées :

— emballage écrit avec 100 % de pâte chimique de bambou,

— cartonnelette pour dossier avec un mélange pâte chimique écrite de bambou et pâte soude à froid de bambou,

— double de machine à écrire avec 40 % de pâte chimique blanchie de bambous et 60 % de pâte chimique blanchie de feuillus.

rieurs de fabrication de copeaux clivés avec la machine « Petit » ont toutefois donné de meilleurs résultats. Ce type de copeaux devrait convenir pour la fabrication à la soude à froid.

L'imprégnation à la soude s'est effectuée dans de bonnes conditions. La quantité d'énergie nécessaire pour le défibrage et le raffinage n'est pas très élevée (inférieure à celle des feuillus).

Ceci confirme l'aptitude du bambou à donner des pâtes à haut rendement.

TIRAGE DE PAPIERS EXPÉRIMENTAUX.

Ces tirages ont été entrepris afin de porter un jugement sur les possibilités d'emploi des pâtes de bambous. Ils ont été effectués d'une part sur une machine de laboratoire Kammerer, d'autre part sur une machine expérimentale Neyret et Beylier de 1 m de large.

TIRAGE SUR LA MACHINE KAMMERER.

*Emballage écrit :* La fabrication de papiers d'emballage écrit 100 % bambou a été réalisée sans difficulté. Les fibres longues ont formé sur la machine à papier une feuille humide qui a très bien résisté aux efforts auxquels elle a été soumise, même dans le cas de papiers minces.

Les caractéristiques du papier se sont révélées excellentes en ce qui concerne la résistance à la déchirure, mais plus faibles au point de vue résistance à l'éclatement et à la longueur de rupture. Probable-

Ces tirages se sont effectués sans difficulté, les caractéristiques des papiers se sont révélées favorables dans leur ensemble.

Pour diminuer l'épau nuageux des papiers, en par-

ticulier dans le cas du double pour machine à écrire, la pâte de bambou a été passée, à défaut d'un raffineur conique à lames minces, dans une pile défileuse. Les résultats ont été dans ce cas satisfaisants.

## CONCLUSION

Les essais effectués à l'échelle du laboratoire et à l'échelle semi-industrielle sur des échantillons de bambous en provenance d'Afrique et de Madagascar ont mis en évidence les caractéristiques papetières favorables de cette matière première composée de fibres très longues conférant aux papiers une excellente résistance à la déchirure comparable à celle des meilleurs kraft de résineux. Toutefois à côté de ces avantages, les bambous présentent quelques inconvénients : difficultés de mise en copeaux, de classement des fibres, raffinage des pâtes assez long et mauvais épau des papiers.

Dans le cas d'une utilisation industrielle des bambous, les problèmes d'approvisionnement seraient très importants et une telle utilisation ne serait possible qu'en envisageant des plantations artificielles. Ces plantations résoudraient les difficultés d'alimentation d'une usine en fournissant une matière première dont le prix de revient usine serait avantageux.

Dans le cas d'une usine produisant des papiers cartons pour un usage local, les pâtes de bambous, écrués ou blanchies pourraient être utilisés, à condition que leur coût soit compétitif, dans de nombreuses fabrications, seules ou en mélanges avec des pâtes importées.

Dans le cas d'une unité plus importante, la fabrication de pâte chimique pour l'exportation devrait être considérée sous un triple aspect : technique, économique et commercial.

Sur le plan technique, les essais précédemment cités ont apporté la preuve que les bambous africains pouvaient donner des pâtes de qualité, intéressantes. Sur le plan économique, une étude devrait être faite pour déterminer, dans chaque cas particulier, les seuils de rentabilité conditionnés par le prix de revient de la matière première mais aussi par les coûts de la main-d'œuvre, de l'énergie, des produits chimiques, de l'amortissement des investissements ainsi que les aides diverses dont pourrait bénéficier une telle usine. Sur le plan commercial, il faut rappeler que si les pâtes de bambous sont déjà utilisées pour la consommation régionale dans certains pays tropicaux, elles n'ont jamais fait l'objet d'une commercialisation sur les marchés internationaux. Les spécialistes papetiers consultés sur ce point ont des opinions divergentes : les uns jugeant les pâtes de bambous qualitativement équivalentes et peut-être même supérieures à celles de résineux, les autres restant plus réservés vis-à-vis d'un type de pâte encore mal connu, donc nécessitant pour sa transformation en papier un certain nombre de mises au point. Aussi, bien que l'on ait quelques raisons d'espérer un résultat favorable, il semble que seuls des essais industriels témoins permettraient de lever le doute en sondant l'opinion des usagers au sujet d'une matière première africaine susceptible d'être obtenue sur une grande échelle.

## BIBLIOGRAPHIE

1. CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. Bambous en Afrique. — *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 85, sept.-oct. 1962.
2. ENQUÊTE CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL SUR LES BAMBOUS EN ASIE. — Doc. n° 2751, 1957.
3. F. A. O. — Doc. Congrès du Caire, 1965.
4. CELLULOSE RESEARCH. — A Symposium at Aitra, Ahmedabad Council of Scientific and Industrial Research. New Dehli, 1958.
5. J. GROULEZ. — Plantations de bambous dans la vallée du Niari. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 110, nov.-déc., 1966.
6. J. R. ISTAS et E. L. RAEBELBOOM. Etude biométrique, chimique et papetière des Bambous du Congo. Publication de l'I. N. E. A. C., 1962.
7. G. DE LA MENSBRUGE. — Note sur l'introduction du *Bambusa vulgaris* en Côte-d'Ivoire. C. T. F. T. Doc. n° 2321, 1956.
8. G. DE LA MENSBRUGE. — Expériences et Travaux de reboisement forestier et de restauration des Sois. Les Bambous. République de Côte-d'Ivoire, C. T. F. T. 1961.
9. G. PETROFF, J. DOAT et M. TISSOT. — Etude papetière de quelques essences tropicales de reboisement. Tome I, Publication n° 22, C. T. F. T., 1960. Tome II, Publication n° 29, C. T. F. T., 1967.
10. SECRÉTARIAT D'ETAT A LA COOPÉRATION. — Le marché mondial des pâtes et papiers. Perspectives d'industrialisation papetière dans cinq pays d'Afrique francophone et à Madagascar, C. T. F. T., S. E. D. E. S., 1966.