

ÉTUDE  
PAPETIÈRE  
DE  
QUELQUES

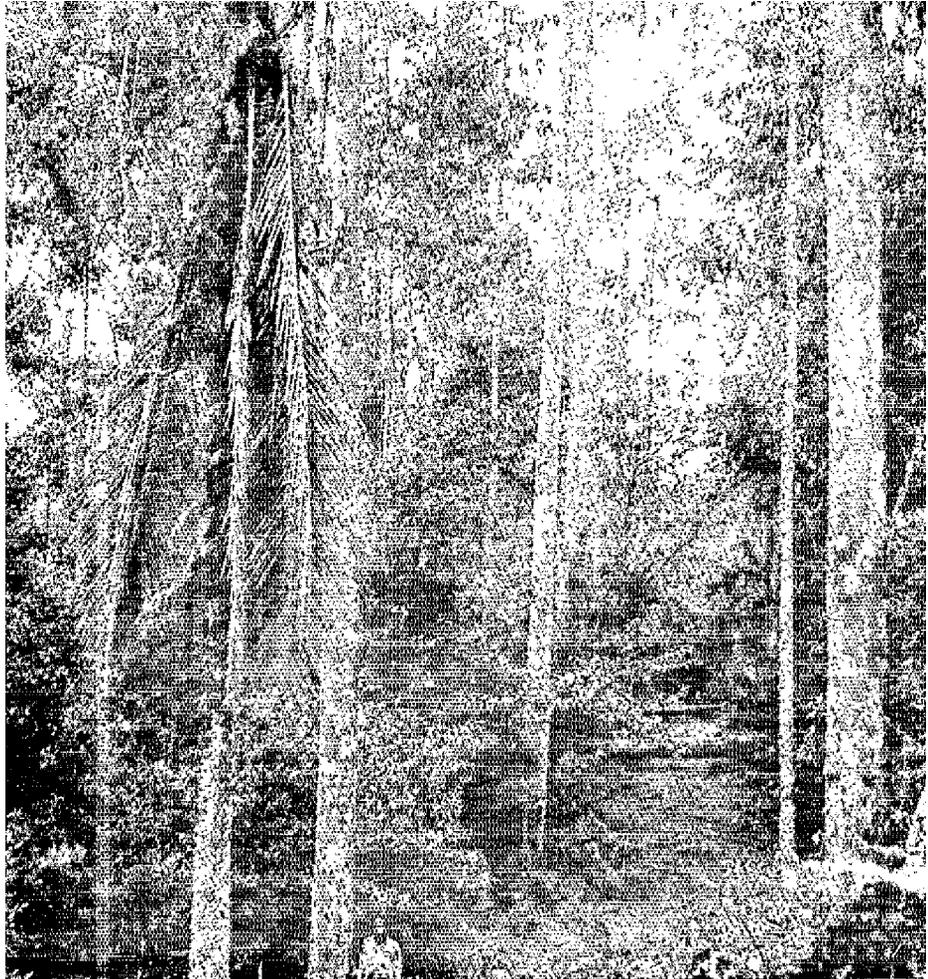


Photo Aubréville, 1954.

*Madagascar. Périnet. Groupe d'Eucalyptus maculata. Plantation 1915.*

ÉCHANTILLONS D'EUCALYPTUS  
DE MADAGASCAR

par G. PETROFF,

*Chef de la Division de Cellulose du C. T. F. T.*

SUMMARY

**A STUDY OF THE SUITABILITY FOR PAPERMAKING OF SOME  
SAMPLES OF MADAGASOAN EUCALYPTUS**

*The Centre Technique Forestier Tropical recently examined a number of samples of various species of eucalyptus from Madagascar, with a view to their suitability for papermaking.*

*The samples examined were found to be particularly heterogenous in this respect. Only five specimens were considered suitable for making acid or alkaline chemical pulps; the others were found to be difficult to process. In all cases, semi-mechanical processes gave pulps that were less interesting than those obtained from European softwoods such as birch or poplar.*

*If new artificial plantations were to be planned, it would be necessary first of all to test and select species grown in situ, for the papermaking characteristics of certain varieties of eucalyptus can vary appreciably from one region to another.*

## RESUMEN

### ESTUDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA PAPELERO DE ALGUNAS MUESTRAS DE EUCALIPTO DE MADAGASCAR

El centro Técnico Forestal Tropical ha procedido al estudio, desde el punto de vista de la fabricación del papel, de un gran número de muestras de maderas de Madagascar, correspondientes a las diversas variedades del Eucalipto. El muestrario recibido se ha manifestado particularmente heterogéneo por lo que se refiere a la calidad papeleras de las maderas. Cinco muestras únicamente han sido consideradas favorablemente para la fabricación de pastas químicas, alcalinas o ácidas. Las demás han manifestado dificultades para el tratamiento. En todos los casos, los procedimientos semimecánicos han proporcionado pastas menos interesantes que cuando se trata de pastas obtenidas por medio de maderas frondosas europeas, como, por ejemplo, el abedul o el álamo.

Si se proyectado la creación de nuevas repoblaciones artificiales, sería preciso -- previamente -- someter a prueba y acto seguido, seleccionar las variedades que hubiesen crecido in situ, puesto que para ciertas variedades de Eucalipto las características papeleras pueden variar de forma muy apreciable, de una región a otra.

L'Eucalyptus est utilisé par l'industrie papetière sur les cinq continents. Il serait fastidieux de rapporter toute la documentation concernant cette essence dont on pourrait penser que les propriétés papetières sont actuellement bien connues.

En fait, cela n'est pas si l'on excepte quelques variétés parfaitement définies comme *E. regnans*, *globulus* ou *saligna*. Prenons par exemple le cas de la variété *camaldulensis* (= *rostrata*). Les informations recueillies sont contradictoires.

En Australie, *E. camaldulensis* est utilisé comme bois d'œuvre mais il n'a pas été jugé intéressant pour la production de cellulose en raison d'une grande consommation de réactif au cours de la cuisson et d'un blanchiment difficile de la pâte écrue.

Des essais effectués en France sur un *Eucalyptus camaldulensis* de la région de Nice ont montré que cette variété pouvait être utilisée sans difficultés

particulières par l'industrie papetière (Rapport VILARS 1953).

Des essais effectués au laboratoire de Recherches du Professeur CENTOLA à Milan ont montré que l'*Eucalyptus camaldulensis* différait notablement des espèces généralement utilisées par une structure plus compacte, par la finesse des plus grandes fibres, par une teneur plus élevée en lignine et une plus grande difficulté rencontrée dans la cuisson de ce type de bois (Bulletin ATIP 1957 n° 5).

Le compte rendu des travaux effectués par M. LEWIN et A. LENGVEL sur une variété israélienne d'*Eucalyptus camaldulensis* montre au contraire que les auteurs ont étudié une variété extrêmement favorable à tous points de vue pour l'obtention de pâte à papier : facilité de cuisson, rendement en pâte élevé, facilité de blanchiment, etc... (Bull. — Res. Lounc. of Israël — 1956 — V. 5).

La Société PROHII, consultée au sujet des études effectuées sur un échantillonnage d'*Eucalyptus camaldulensis* marocain a indiqué que les bois traités étaient plus difficiles à cuire que les Eucalyptus type *globulus*. Les rendements en pâte étaient moins bons et les pâtes blanchissaient plus difficilement.

La diversité des renseignements obtenus au sujet de cette variété pourrait signifier que l'on est en présence d'hybrides dont les qualités papetières diffèrent sensiblement. Sinon il faudrait admettre que la qualité des échantillons varie considérablement selon leur origine à moins que des erreurs d'identification n'aient été commises. De toute façon, ces divers renseignements mettent en évidence une grande variabilité des caractéristiques papetières de certains types d'*Eucalyptus* d'où la nécessité de vérifier dans chaque cas les proprié-



Madagascar. Périnet. Peuplement d'*Eucalyptus saligna* du chemin de fer (plantation 1944).

Photo Aubréville 1954.

tés d'échantillons ayant poussé sur place avant d'envisager leur utilisation industrielle. Il faut alors avoir soin de réunir pour les études des échantil-

lonnages suffisamment représentatifs des lots de bois disponibles car les peuplements issus d'un même hybride ne sont pas toujours homogènes.

\* \* \*

De nombreux échantillons d'Eucalyptus d'espèces et de variétés diverses, tous originaires de Madagascar, ont été étudiés par la division de Cellulose du CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. Un compte rendu détaillé de tous les essais effectués ne présenterait guère d'intérêt pour les lecteurs non spécialisés ; mais une étude générale comparative des différents échantillons réceptionnés peut mettre en évidence l'hétérogénéité de cet échantillonnage et permettre de situer son niveau de qualité moyenne par rapport à quelques bois conventionnels de papeterie.

### IDENTIFICATION DES BOIS

L'identification des diverses variétés d'Eucalyptus est difficile en raison du nombre des variétés existantes et des multiples possibilités d'hybridation. Au cours des essais papetiers, on a remarqué que certains échantillons annoncés sous un même nom par Madagascar, possédaient des caractéristiques sensiblement différentes. C'est pourquoi un échantillonnage de certains bois étudiés ainsi que les herbiers correspondants ont été transmis à la Station de Recherches et d'Expériences Forestières de Nancy. Les examens qui y ont été effectués ont abouti pour certains bois à une identification différente de celle des Services Forestiers de Madagascar.

Le tableau 1 (p. 28) mentionne les différentes appellations proposées.

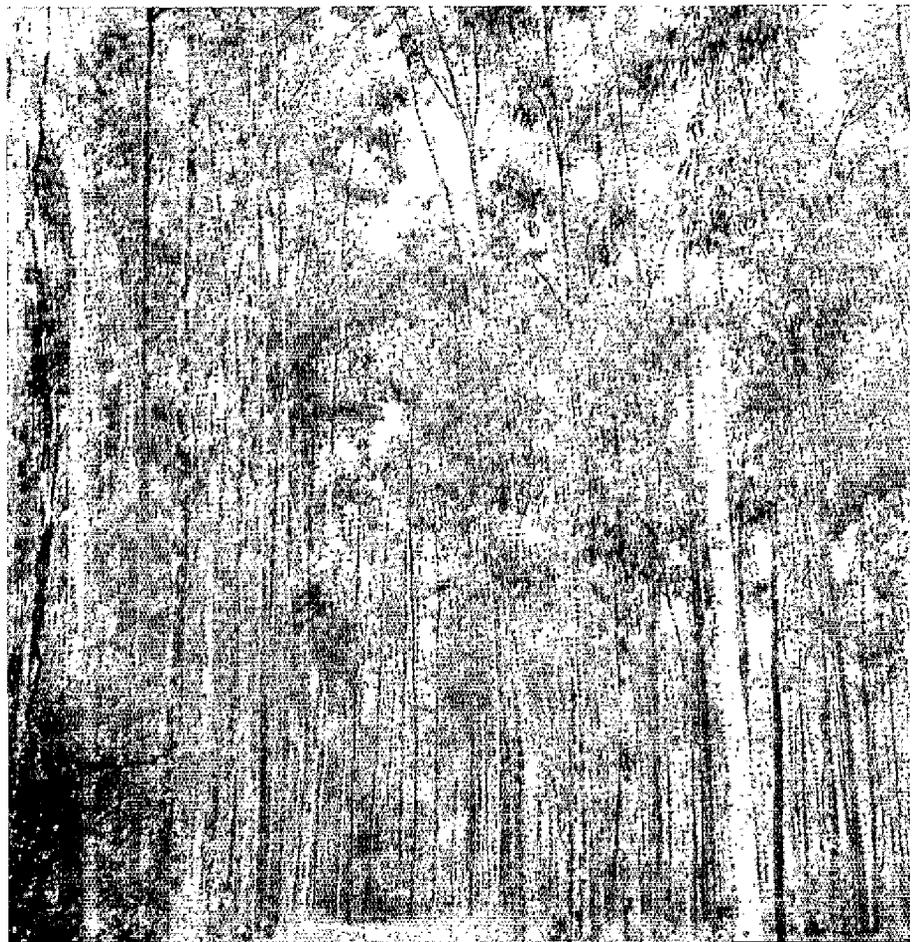
On remarque une bonne concordance dans le cas de l'échantillon 20/59 — 12075 *saligna* et éventuellement 17/59 — 12110 *grandis*. Les autres déterminations ne concordent pas et restent douteuses.

En ce qui concerne la variété proposée par Madagascar comme « *camaldulensis* », les trois déterminations de Nancy sont toutes « *tereticornis* » ce qui prouverait que les échantillons correspondent quand même à une même variété. Quoi qu'il en soit, il apparaît qu'une grande prudence est nécessaire pour l'appellation de

ces différents Eucalyptus. C'est pourquoi on adoptera comme référence au cours de cette étude le numéro d'enregistrement CTFT et non la variété présumée du bois.

### LIEUX DE PRÉLÈVEMENT

Il est possible que la nature du sol et du climat ait une influence sur la qualité papetière des bois. Les échantillons étudiés ayant été récoltés dans diverses régions de Madagascar, la multiplication des lieux de prélèvement ne peut qu'accentuer les différences enregistrées entre les Eucalyptus testés. De récentes études portant sur une variété d'Eucalyptus dite 12 ABL apportent une confirmation dans ce sens. Cette variété dont l'identification reste incertaine (*camaldulensis*, *tereticornis* ou un hybride) correspond cependant à un type d'Eucalyptus bien connu des forestiers malgaches et a fait l'objet de nombreuses plantations. Sur le plan papetier, elle a fait l'objet d'études particulières. Un premier lot originaire de Menagisy présente des caractéristiques papetières voisines de celles de l'échantillon 10643



Madagascar. Fort-Dauphin. Plantation d'Eucalyptus citriodora, âgée de 17 ans. Hauteur moyenne 26 m.

TABLEAU I

Origine	Echantillon		Détermination proposée par Madagascar	Détermination possible d'après Nancy	Observations
	Marque Madagascar	N° CTF			
Antananala .....	38/56	10644	<i>camaldulensis</i>	—	Non examiné par Nancy
Menagisy .....	37/56	10643	<i>camaldulensis</i>	—	"
Antsanitia .....	1/58	11451	<i>camaldulensis</i>	—	"
Sakaramy .....	2/58	11622	<i>camaldulensis</i>	<i>tereticornis</i>	
Marovitsika .....	1/59	11782	<i>camaldulensis</i>	<i>tereticornis</i>	
—	2/59	11783	<i>dwyeri</i>	<i>kirtoniana</i>	
—	3/59	11784	sp.	<i>rudis</i>	
—	4/59	11785	<i>camaldulensis</i>	<i>tereticornis</i>	
Befoza .....	15/59	12072	<i>saligna</i>	<i>botryoides</i>	(détermination valable si l'écorce n'est pas caduque sur l'ensemble du tronc)
Befoza .....	20/59	12075	<i>saligna</i>	<i>saligna</i>	Détermination difficile à faire par suite de l'absence de fruits et de boutons
—	17/59	12110	<i>grandis</i>	Peut-être <i>grandis</i>	
Antanimiheva .....	C 1	14540	12 ABL <i>tereticornis</i>	—	
—	C 2	14541	12 ABL —	—	
—	C 3	14542	12 ABL —	—	
Menagisy .....	C 4	14543	12 ABL —	—	
—	C 5	14544	12 ABL —	—	
—	C 6	14545	12 ABL —	—	
—	C 7	14546	12 ABL —	—	

mentionné au tableau 1. Un second lot originaire de Antanimiheva se rapproche de l'échantillon 11784. Des 12 ABL, tous issus de graines récoltées à Madagascar, ont également été plantés au Congo. Or les échantillonnages congolais sont de meilleure qualité et se rapprochent dans une certaine mesure de l'échantillon malgache 12075 qui, comme on le

verra plus loin, présente des caractéristiques papières très favorables pour la fabrication de pâte chimique.

Ces résultats prouvent donc qu'au point de vue pratique il faut avoir soin d'étudier des échantillons ayant poussé sur place, même si des informations favorables ont été recueillies par ailleurs.

#### AGE DES ÉCHANTILLONS ÉTUDIÉS

On manque généralement de renseignements sur l'âge des échantillons d'*Eucalyptus* étudiés. De nombreuses publications font état de l'importance de l'âge des *Eucalyptus* traités, les résultats étant souvent différents selon que l'on utilise des bois jeunes ou âgés. On admet que de jeunes *Eucalyptus* sont généralement plus faciles à traiter et des échantillons reçus d'usines marocaine et italienne utilisant industriellement la variété *camaldulensis* pour la fabrication de pâte kraft blanchie avaient effectivement de faibles diamètres (15 cm environ). Les bois étudiés en provenance de Madagascar avaient des diamètres plus élevés comme le montre le tableau 2.

Madagascar. Périnet. Peuplement d'*Eucalyptus pitularis* de 1915. A droite, un porte-graines de cette essence.

Photo Letourneux, 1958.



TABLEAU 2

	N° CTFT	∅ m. à hauteur d'homme	Age
Groupe A . . . .	12072	0,40	—
	12075	0,30	—
	12110	0,31	—
	11622	0,25 env.	8
	11784	0,50 "	—
Groupe B . . . .	10643	0,30	—
	11782	0,50	—
	10644	0,40	—
	11783	0,50 env.	—
	11451	0,30	14
	11785	0,50	—
12 ABL . . . . .	15540-46	0,25 à 0,40	—

Les trois premiers échantillons 12072-12075-12110 se rapportent au groupe *saligna-grandis*, deux espèces botaniques voisines.

On peut cependant penser que la variété et l'origine des bois ont plus d'importance que l'âge. En effet, dans le tableau précédent, les cinq premiers échantillons, qui constituent le groupe A, se sont traités beaucoup plus facilement que les autres échantillons du groupe B ou 12 ABL dont les diamètres étaient d'un même ordre de grandeur que ceux du groupe A, donc probablement d'un âge équivalent. De même, les échantillons du groupe A ont donné de meilleurs résultats que les Eucalyptus marocains et italiens de petit diamètre qui étaient certainement beaucoup plus jeunes. Il n'est donc pas impossible que des *Eucalyptus malgaches* moins âgés, provenant de produits d'éclaircies, donnent au cours d'essais ultérieurs des résultats plus favorables que ceux qui ont été obtenus. Mais on peut admettre que les différences qui en résulteraient seraient moins importantes que celles qui correspondent à l'origine et à la variété des échantillons traités au cours de ces premiers essais.

DENSITÉS DES BOIS  
CARACTÉRISTIQUES ANATOMIQUES DES FIBRES

La densité des Eucalyptus étudiés varie de 0,56 à 0,90 mais on remarque que pour la plupart d'entre eux elle est comprise entre 0,60 et 0,85. Ces chiffres sont en accord avec ceux qui ont été relevés dans diverses publications et qui varient de 0,6 à 0,9 (0,6 et 0,7 respectivement pour les Eucalyptus d'Italie et du Maroc cités plus haut). Une densité élevée des bois peut présenter un certain avantage en ce qui concerne la densité de chargement des lessiveurs. En effet, on peut cuire en une seule opération une plus grande quantité de bois lorsqu'il s'agit d'une essence à densité élevée d'où économie de matériel et de main-d'œuvre. Les bois denses nécessitent également un plus faible rapport liquide/bois sec pour la cuisson d'où des lessives noires plus concentrées dans le cas du procédé au sulfate ce qui facilite le travail aux évaporateurs. Les Eucalyptus à ce point de vue seraient plus intéressants que les bois européens dont les densités varient généralement entre 0,4 et 0,6.

Par contre, les bois denses ont souvent une texture plus serrée et les réactifs de cuisson pénètrent moins facilement dans les co-

peaux d'où des imprégnations moins homogènes qui peuvent augmenter le pourcentage d'incuits et diminuer la qualité des pâtes. Les graphiques de la fig. 1 montrent qu'il existe effectivement une certaine corrélation entre la pénétration d'une lessive de soude dans les échantillons de bois étudiés et leur densité. En se plaçant à ce point de vue, il peut y avoir intérêt à utiliser des bois plus légers.

Les longueurs moyennes des fibres d'Eucalyptus de Madagascar se situent entre 769 et 1.265 microns

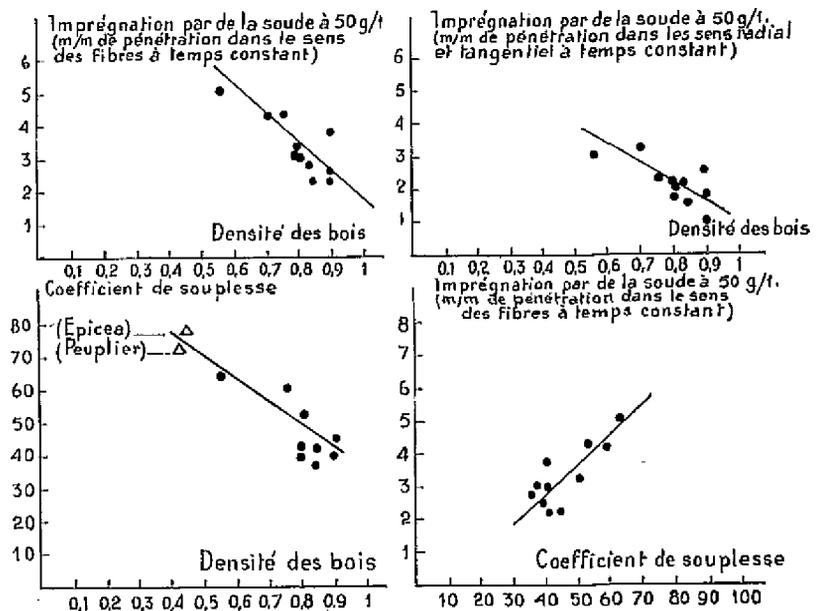


FIG. 1. — Corrélations entre la densité des bois et diverses caractéristiques papétières.

leurs largeurs entre 13,8 et 21,2 et l'épaisseur de leurs parois entre 7,1 et 11,1. On trouve dans diverses publications se rapportant aux Eucalyptus des chiffres qui varient de 500 à 1.600 microns pour la longueur avec une longueur moyenne prédominante comprise entre 800 et 900, et de 10 à 30 microns pour la largeur avec une moyenne prédominante de 16 à 17. Les Eucalyptus de Madagascar se rangent donc eux-mêmes dans la moyenne.

On admet généralement que des fibres longues représentent un élément très favorable pour la qualité des pâtes car elles permettent d'obtenir une meilleure liaison des fibres entre elles et une meilleure résistance à la déchirure des papiers. A ce point de vue, trois échantillons du groupe *saligna-grandis*, 12072, 12075 et 12110 sont les plus intéressants. Il est également avantageux d'utiliser des fibres larges à parois minces car de telles fibres sont moins rigides, s'écrasent mieux les unes contre les autres et contribuent à donner des papiers résistant bien à la traction. Pour chiffrer cette aptitude des fibres, on a défini le coefficient de souplesse qui correspond au rapport de la largeur du lumen d'une fibre à la largeur totale, ce rapport étant ramené à 100. Il peut donc varier théoriquement de 0 à 100, les chiffres

les plus élevés étant les plus favorables. Pour de bonnes essences papetières comme l'Epicéa ou le Peuplier, le coefficient de souplesse est souvent de l'ordre de 70 à 80. Pour les Eucalyptus de Madagascar, les chiffres varient de 35,5 à 63 donc se situent nettement au-dessous.

On a remarqué une corrélation entre ce coefficient de souplesse et la densité des Eucalyptus, les coefficients de souplesse les plus élevés correspondant aux bois les plus légers et inversement. Cette corrélation se retrouve entre la densité et l'épaisseur des parois, et également entre la densité et la largeur des fibres, ce qui est normal puisque ces caractéristiques interviennent pour l'évaluation du coefficient de souplesse. Par contre, aucune corrélation n'a été observée ni entre la longueur des fibres et la densité du bois, ni entre l'indice de feutrage (rapport longueur/largeur de la fibre) et cette même densité.

Ces quelques remarques montrent que la densité du bois n'est pas un facteur suffisamment sélectif pour le choix des variétés à retenir car selon les points de vue considérés la densité peut être favorable ou défavorable et l'étude papetière individuelle de chaque échantillon doit être prise en considération.

### COMPOSITION CHIMIQUE DES BOIS

Le tableau 3 donne quelques renseignements sur la composition chimique de trois échantillons d'Eucalyptus malgaches ainsi que sur celle de quelques Eucalyptus méditerranéens et bois feuillus divers. Ces trois Eucalyptus malgaches se distinguent des Eucalyptus méditerranéens par une plus faible teneur en hémicellulose et une plus grande teneur en lignine. La différence est encore plus importante si la comparaison est faite avec des bois feuillus tempérés comme le Bouleau, le Peuplier ou le Hêtre. Bien entendu, les échantillons étudiés ne corres-

pondent qu'à trois cas particuliers et on ne peut extrapoler les résultats obtenus à l'ensemble de l'échantillonnage. Mais on en déduit que dans au moins quelques cas, la composition chimique d'Eucalyptus malgaches du groupe *camaldulensis-tereticornis* se présente sous un jour défavorable. Il faut donc admettre que certains de ces bois constituent une matière première difficile à délignifier et susceptible de donner un mauvais rendement en pâte au cours des cuissons chimiques alcalines ou acides.

TABLEAU 3

Bois	Eucalyptus de Madagascar			Eucalyptus méditerranéens	Bois feuillus tempérés Bouleau, Peuplier, Hêtre
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	10643	10644	14540 à 45 (12 ABL)		
Extrait alcool-benzène .....	1,8	3,1	4,7	2 à 5	1,2 à 2,8
Extrait à l'eau bouillante .....	3,2	4,7	—	3,5 à 8	—
Extrait à la soude 1 % .....	17,7	17,3	—	13 à 20	—
Cendres .....	0,11	0,06	—	0,15 à 0,35	0,2 à 1,2
Pentosanes .....	14,5	12,1	14,1	15 à 20	21,4 à 30,4
Cellulose .....	38	37	39,8	35 à 42 (Cel. alpha)	37 à 53
Lignine .....	33,7	36,9	36	19,6 à 28,5	18,2 à 23,5

(1) Travaux CTFT  
(2) Travaux de la Station Expérimentale pour la Cellulose de Milan  
(3) Origines diverses



## TRAITEMENT DES BOIS

De nombreux procédés sont actuellement retenus pour l'obtention de pâtes à papier à partir des bois. On peut citer parmi les plus connus les procédés alcalins avec ou sans composés soufrés (cuisson au sulfate, soude-soufre, à la soude) le procédé au bisulfite, le procédé au monosulfite, et enfin les procédés mécaniques (pâte à la soude à froid, pâte mécanique). Il n'a pas été possible de traiter systématiquement les échantillons d'Eucalyptus de Madagascar par tous ces procédés, soit par manque de matériel approprié (procédés mécaniques) soit en raison du nombre d'essais très élevé qu'aurait nécessité dans chaque cas la recherche d'un mode opératoire optimum. Les travaux effectués sont cependant suffisants pour permettre de porter un premier jugement sur l'aptitude papetière des différents Eucalyptus étudiés dans le cas de quelques procédés conventionnels. Cinq échantillonnages d'Eucalyptus ont été traités par les procédés suivants : soude-soufre, soude, monosulfite, bisulfite. Le procédé soude-soufre s'étant révélé intéressant le nombre d'essais s'y rapportant est plus important et c'est ce procédé qui a été retenu pour différencier les Eucalyptus. On a donc effectué dans ce but une même cuisson comparative à partir de chacun des échantillons reçus. Les résultats se rapportant à ce procédé seront commentés au paragraphe suivant.

En ce qui concerne les autres procédés, on peut faire les remarques suivantes :

**La cuisson à la soude** seule des Eucalyptus de Madagascar donne des résultats toujours voisins de ceux que l'on obtient par cuisson soude-soufre bien que décalés systématiquement dans un sens moins favorable : rendement en pâte légèrement inférieur, pâte moins bien délignifiée donc nécessitant un peu plus de chlore au blanchiment, caractéristiques mécaniques plus basses. Le seul avantage de la cuisson à la soude se rapporte à la possibilité d'éviter pour le traitement des bois l'utilisation de soufre (ou de sulfate), ce qui simplifie un peu la régénération des produits actifs à partir des lessives résiduelles et élimine au cours du dégazage des lessiveurs les produits sulfurés nauséabonds qui imposent l'éloignement des usines Kraft par rapport aux centres urbains. Compte tenu de ces remarques, les conclusions qui seront exposées en ce qui concerne les cuissons soude-soufre des Eucalyptus seront également valables pour les cuissons à la soude.

**Les cuissons au monosulfite** sont généralement retenues pour la fabrication de pâtes à haut rendement de teinte claire facilement blanchissables. Des essais de cuisson au monosulfite ont été effectués à partir des échantillons 12072, 12075, 12110, d'un mélange 10643-10644 et d'un mélange ABL 14540 à 14546.

Le tableau 4 donne quelques résultats obtenus au cours de ces essais ainsi que ceux qui ont été obtenus à partir de bois de Bouleau traité de façon semblable.

TABLEAU 4

Référence du bois	% Monosulfite utilisé	Rendement en pâte écrue	Teinte de la pâte écrue (Photo-volt)	Chlore nécessaire au blanchiment
12072 .....	24	61,6	21	24,2
12075 .....	24	66,1	21,5	26,3
12110 .....	24	63,1	22,5	22,9
10643 4 .....	24	58,3	14	35
12 ABL .....	24	58,8	15	32
Bouleau .....	24	66 à 68	41 à 51	15 environ

On remarque que les trois premiers échantillons 12072-12075 et 12110 du groupe *saligna-grandis* donnent de meilleurs résultats mais dans tous les cas les résultats obtenus à partir des Eucalyptus sont moins favorables que ceux qui sont obtenus avec du Bouleau. On observera ultérieurement pour les cuissons au bisulfite et pour les cuissons soude-soufre que les trois échantillons 12072-12075 et 12110 se sont également beaucoup mieux classés que les autres échantillons ce qui confirme que les échantillons étudiés sont de qualités très inégales mais que ce sont les mêmes bois qui sont difficiles à traiter quel que soit le procédé envisagé.

Il n'existe que de très faibles différences entre les pâtes obtenues par cuisson avec 18 ou 24 % de monosulfite. On peut donc supposer que la proportion maxima de matière organique dissoute par le monosulfite a pratiquement été atteinte avec déjà 18 %. Une augmentation des quantités de réactif qui sont pourtant élevées, n'apporterait guère d'amélioration.

Au point de vue pratique, ces résultats signifient que les Eucalyptus de Madagascar sont difficiles à traiter par le procédé au monosulfite. Il est possible d'obtenir des pâtes écrues utilisables seulement dans les cas où une teinte foncée des pâtes n'est pas préjudiciable. Encore faut-il noter pour les échantillons 10643-10644 et 12 ABL que le rendement en pâte écrue n'est pas très favorable pour ce type de cuisson. Pour tous les Eucalyptus le blanchiment nécessite des quantités de chlore très élevées qui limitent considérablement l'intérêt des pâtes blanchies en raison d'un prix de revient élevé.

Bien entendu, il ne s'agit ici que d'essais préliminaires et de meilleures conditions de traitement pourraient être recherchées (dimension des copeaux, température de cuisson, proportion de carbonate ou bicarbonate pour tamponner les lessives, blanchiment moins poussé avec une seule phase d'hypo-

chlorite au lieu de blanchiment classique en 3 phases dont une de chlore, etc...). On peut cependant admettre d'après ces premiers résultats que la cuisson au monosulfite présente moins d'intérêt dans le cas des Eucalyptus de Madagascar que dans celui de certains bois feuillus tempérés comme le Bouleau ou le Peuplier.

**La cuisson au bisulfite** des bois est utilisée pour l'obtention de pâtes écrues claires faciles à blanchir et donnant après blanchiment des pâtes d'une très bonne blancheur. On ne recherche pas pour ce type de pâte des rendements aussi élevés que dans le cas des cuissons au monosulfite. Les caractéristiques mécaniques des pâtes au bisulfite sont généralement inférieures à celles des pâtes chimiques alcalines.

Des essais de cuissons bisulfitiques ont été effectués à partir des cinq groupes d'Eucalyptus déjà cités : 12072, 12075, 12110, 10643-4, 12 ABL.

Le tableau 5 permet de comparer les résultats obtenus au cours de ces essais à ceux qui ont été obtenus à partir de bois de Bouleau et de Peuplier traités de façon semblable.

TABLEAU 5

Référence du bois	% de SO <sub>2</sub> par rapport au bois utilisé pour la cuisson	Indice MnO <sup>4</sup> K (indice de décoloration)	Teinte de la pâte (Photovolt)
12072 .....	23,2	34,1	30,5
12075 .....	28,4	19	35,5
12110 .....	31,1	25,1	39,5
10643-4.....	36	Pâte très insuffisamment cuite	—
12 ABL .....	31,3	19,3	36
Bouleau .....	22	19,9	40
Peuplier .....	22	20,2	57,5

Comme cela avait déjà été signalé pour la cuisson au monosulfite, on remarque que les trois échantillons 12072, 12075, 12110 se cuisent plus facilement que l'échantillonnage 10643-4 ou 12 ABL, mais moins bien que le Bouleau ou le Peuplier. Pour ces trois échantillons, il faudrait utiliser des lessives d'une teneur en anhydride sulfureux d'environ 7 % pour obtenir des pâtes bien cuites d'un indice de permanganate voisin de 20 alors que des lessives avec

5 % d'anhydride sulfureux sont suffisantes pour le Bouleau et le Peuplier.

Il faut noter que l'on a utilisé pour ces cuissons bisulfitiques un lessiveur rotatif qui donne de moins bons résultats que les lessiveurs à circulation de lessive. Dans la pratique industrielle, les teneurs en lessive bisulfitique pourraient être légèrement réduites, mais comparativement au Bouleau ou au Peuplier, les quantités de réactif à utiliser pour le traitement des Eucalyptus seraient nettement supérieures. La teinte des pâtes écrues est inférieure à celle des pâtes témoins, en particulier à celle de la pâte de Peuplier. Dans le cas de l'échantillonnage 10643-4 on peut se demander si la cuisson au bisulfite présente le moindre intérêt en raison des difficultés de cuisson.

Pour les échantillons 12072, 12075 et 12110, les pâtes écrues se blanchissent facilement et il est possible d'obtenir des blancheurs élevées. La cuisson bisulfitique pourrait donc être éventuellement envisagée pour ces trois échantillons malgré les inconvénients cités plus haut. Il faut cependant signaler que les caractéristiques mécaniques de ces pâtes sont inférieures à celles des pâtes soude-soufre ce qui confirme bien une propriété générale des pâtes au bisulfite déjà mentionnée.

Les essais de fabrication de pâtes mécaniques n'ont pas été effectués et on ne peut conclure *a priori* à ce sujet. On peut cependant faire observer qu'aucun des Eucalyptus reçus n'est de teinte très claire. De plus tous les échantillons étudiés donnent des extraits à l'eau plus ou moins abondants et de teinte très foncée qui peuvent colorer les fibres. Cette réaction est sensible même pour des copeaux trempés quelques minutes dans de l'eau froide, particulièrement pour les échantillons 10643 et 10644. Le phénomène s'accroît en présence d'alcali. On peut donc craindre que la fabrication de pâtes mécaniques ou de pâtes à la soude à froid ne conduise à des pâtes de teinte très foncée, inutilisables sans blanchiment préalable pour la fabrication de papiers d'impression ou d'écriture. Le blanchiment ou l'éclaircissement de ces pâtes pourraient entraîner des quantités de produits décolorants non négligeables d'où une augmentation de leur prix de revient. Des essais sur les échantillons les plus faciles à traiter, c'est-à-dire semblables aux échantillons 12072, 12075 et 12110 pourraient cependant être envisagés.

## CUISSONS SOUDE-SOUFRE

La cuisson soude-soufre est une variante du procédé classique au sulfate et elle donne des pâtes Kraft d'une qualité équivalente. Deux séries d'études ont été effectuées selon ce procédé à partir des Eucalyptus de Madagascar : a) Etude détaillée de quelques échantillonnages en faisant varier certains paramètres pouvant influencer les résultats : pour-

centage de réactifs, température de cuisson, palier. b) Traitement comparatif standard de tous les échantillons reçus.

La première série d'essais a été effectuée sur les échantillons cités au paragraphe précédent : 12072, 12075, 12110, 10643-4, 12 ABL. Dans chaque cas, on a utilisé des pourcentages de soude et de soufre

par rapport au bois variant respectivement entre 18 et 26 % et 1,8 et 2,6 %. Ces premiers essais ont montré que les quantités de réactif à utiliser pour obtenir des pâtes bien cuites variaient sensiblement d'un échantillonnage à l'autre. Les échantillons 10643-4 et 12 ABL nécessitent des quantités d'alcali importantes de l'ordre de 26 % au minimum alors que les trois autres échantillons se cuisent bien avec des quantités d'alcali voisines de 20 %. Les résultats obtenus montrent que si les paramètres étudiés ont une influence sensible sur la qualité des pâtes, la nature et l'origine de l'échantillon peuvent avoir une plus grande importance encore sur certaines caractéristiques. Le tableau 6 qui se rapporte à toutes les pâtes obtenues au cours des essais montre en effet que les échantillons 10643-4 et 12 ABL se distinguent des trois autres en ce qui concerne le rendement en pâte et la teinte de ces pâtes.

TABLEAU 6

Référence du bois	Rendement en pâte classée	Teinte des pâtes (Photovolt)
12075 .....	49,7-52,8	21,5-25,5
12072 .....	47-51,3	19,5-23,5
12110 .....	47,7-56,1	24,5-28,5
10643 4 .....	39,8-43,6	14,5-17
12 ABL .....	40,5-43,5	16,5-23,5

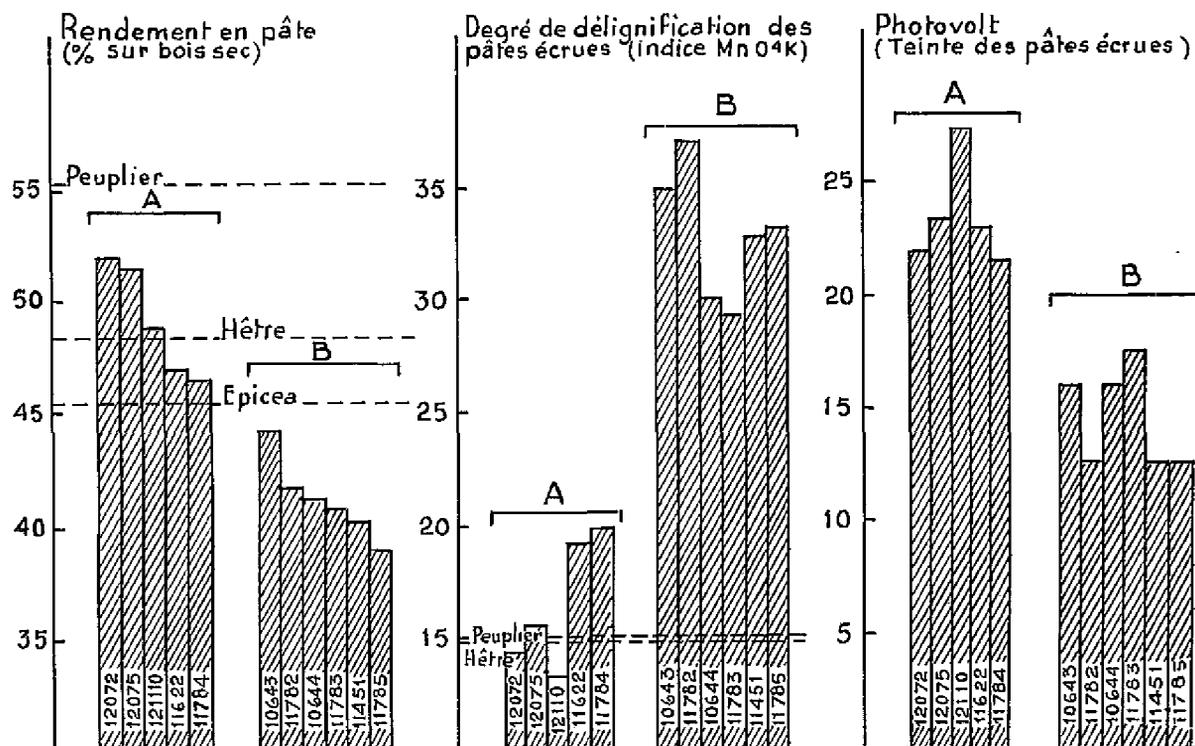
L'étude détaillée des résultats montre cependant que ces cinq échantillonnages ont quelques points communs. L'augmentation de la proportion d'alcali utilisée pour la cuisson des bois a des effets comparables lorsque l'on passe de 20 à 26 % de soude: diminution régulière des rendements en pâte classée et des quantités de chlore au blanchiment, évolution semblable des caractéristiques mécaniques des pâtes. Pour chaque échantillonnage également, les différences enregistrées entre des cuissons effectuées à 155 et 170° sont relativement faibles.

On a donc pensé qu'en effectuant une cuisson standard à partir de tous les Eucalyptus reçus, on obtiendrait pour chacun d'eux une première série de renseignements qui permettrait de comparer plus facilement leur valeur papetière respective sans être obligé de procéder chaque fois à une étude complète détaillée, les résultats obtenus pouvant être interprétés et extrapolés dans une certaine mesure.

On a retenu une cuisson avec 22 % de soude et 2,2 % de soufre ce qui représente des conditions économiquement acceptables. On a utilisé pour ces cuissons des quantités de bois suffisantes pour qu'il soit possible de procéder à un raffinage en pile des pâtes écruées et blanchies. Les principaux résultats obtenus permettent de faire les remarques suivantes:

On peut partager les Eucalyptus de Madagascar

FIG. 2. — Caractéristiques des pâtes écruées d'Eucalyptus après cuisson alcaline. Les résultats correspondant aux Eucalyptus 12ABL du groupe C. (non indiqués sur les graphiques) se rapprochent de ceux du groupe B.



étudiés en trois groupes A, B et C (graphiques de la fig. 2). Le premier groupe A comprend cinq échantillons qui se classent assez favorablement car ils donnent, avec des rendements voisins de 50 %, des pâtes bien délignifiées dont l'indice de permanganate est voisin de 15 et dont la teinte déterminée au photovolt varie entre 20 et 30. Le groupe B comprend au contraire six échantillons qui se classent défavorablement : pâtes très dures dont l'indice de permanganate varie de 30 à 35, dont le rendement est voisin de 40 % et dont la teinte est beaucoup plus foncée. Le groupe C correspond aux 12 ABL. Il donne des résultats voisins de ceux du groupe B sans être cependant aussi défavorables. Les autres caractéristiques comme la soude restante dans les lessives après cuisson ou le degré de polymérisation des pâtes confirment ce classement (Il faut cependant noter que les degrés de polymérisation des pâtes des groupes B et C sont supérieurs à ceux des pâtes du groupe A en raison justement de la grande dureté de ces pâtes).

Les bois retenus pour le groupe A sont les suivants : 12072, 12075, 12110, 11622, 11784 (cités en fonction du rendement en pâte classée). Au point de vue de la cuisson, ils se rapprochent des bois feuillus européens utilisés par l'industrie papetière sans cependant atteindre la qualité des meilleurs d'entre eux.

Les bois retenus pour le groupe B sont 10643, 11782, 10644, 11783, 11451, 11785 (cités également en fonction du rendement en pâte classée). Ils donnent des résultats nettement moins favorables que les bois feuillus européens généralement utilisés.

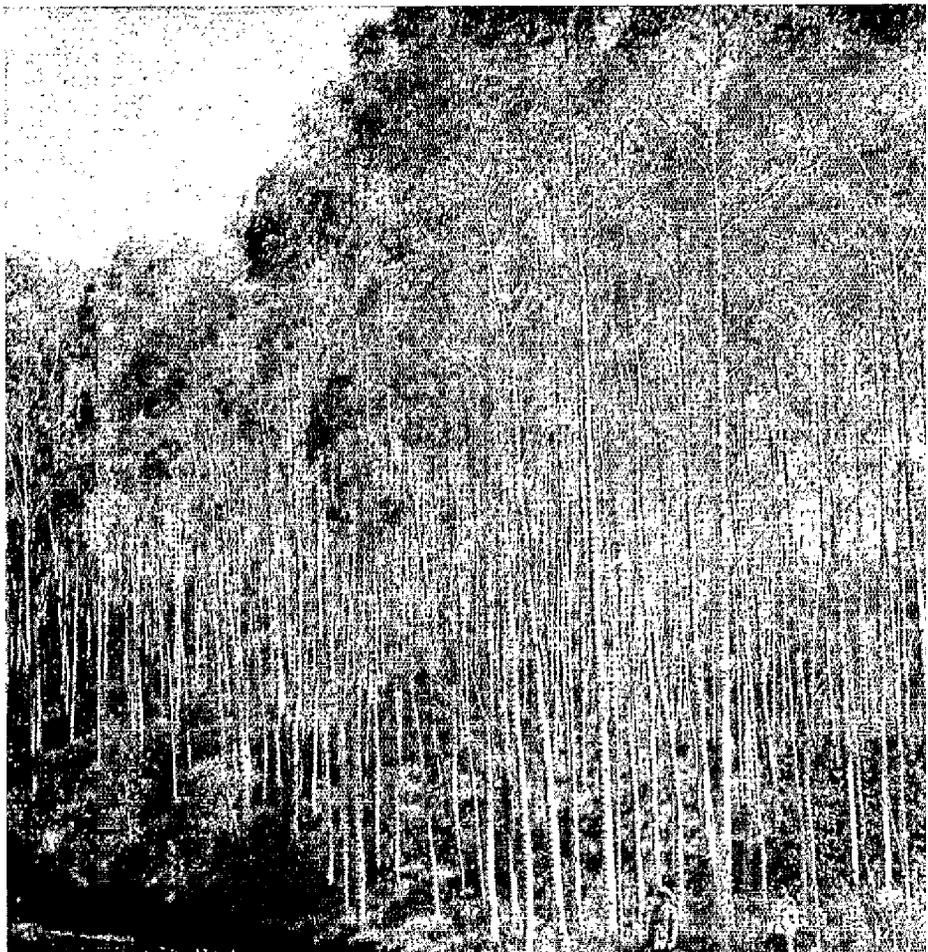
Les bois retenus pour le groupe C, correspondent aux échantillons d'Eucalyptus, 12 ABL, 15540 à 46. Les quatre derniers (15543-4-5-6) sont semblables à quelques Eucalyptus du groupe B. Les trois premiers (15540-1-2) sont plus faciles à traiter mais restent cependant éloignés des meilleurs bois du groupe A.

Cette classification reste valable en ce qui concerne la quantité de chlore consommée au blanchiment, ce qui est normal puisque cette quantité est étroitement liée à l'indice de délignification des pâtes. Il faut toutefois remarquer qu'à indice de délignification égal la quantité de chlore consommée au blanchiment est un peu plus faible pour les pâtes d'Eucalyptus que pour les pâtes de référence citées (Hêtre, Peuplier, Epicéa). Cela permet de revaloriser

un peu les pâtes des groupes B et C qui sont généralement moins bien délignifiées.

Les blancheurs obtenues correspondent à un traitement standard en quatre phases comprenant une chlorosodation et deux stades d'hypochlorite. Un tel traitement permet d'obtenir avec les pâtes de bois feuillus européens des blancheurs dépassant de quelques points 80°. A deux exceptions près les pâtes d'Eucalyptus restent au dessous de 80°. Elles sont donc plus difficiles à blanchir que les pâtes de feuillus tempérés généralement utilisées quel que soit le groupe envisagé, les différences n'étant pas très sensibles d'un groupe à l'autre. Industriellement, on recherche actuellement des blancheurs supérieures de l'ordre de 90°. Ces blancheurs, dans le cas des pâtes Kraft, sont généralement obtenues en faisant intervenir des phases de blanchiment supplémentaires au bioxyde de chlore ou aux peroxydes qui sont plus actives que les phases d'hypochlorite. Il est probable qu'un tel traitement appliqué aux pâtes d'Eucalyptus permettrait d'augmenter, sensiblement leur blancheur mais on peut craindre qu'à traitement égal il ne soit toujours plus difficile d'atteindre une blancheur équivalente à celle des meilleures pâtes de feuillus. Ce point mériterait d'être étudié au cours d'essais complémentaires.

La stabilité de la blancheur des pâtes d'Eucalyptus est par contre favorable. Pour le groupe A on trouve des chiffres compris entre 86,5 et 92 et pour les groupes B et C entre 82,5 et 88,5. Pour un même traitement, on a trouvé avec des pâtes de Hêtre, de



*Madagascar. Station forestière d'Ampa-makerana. Plantation d'Eucalyptus.*

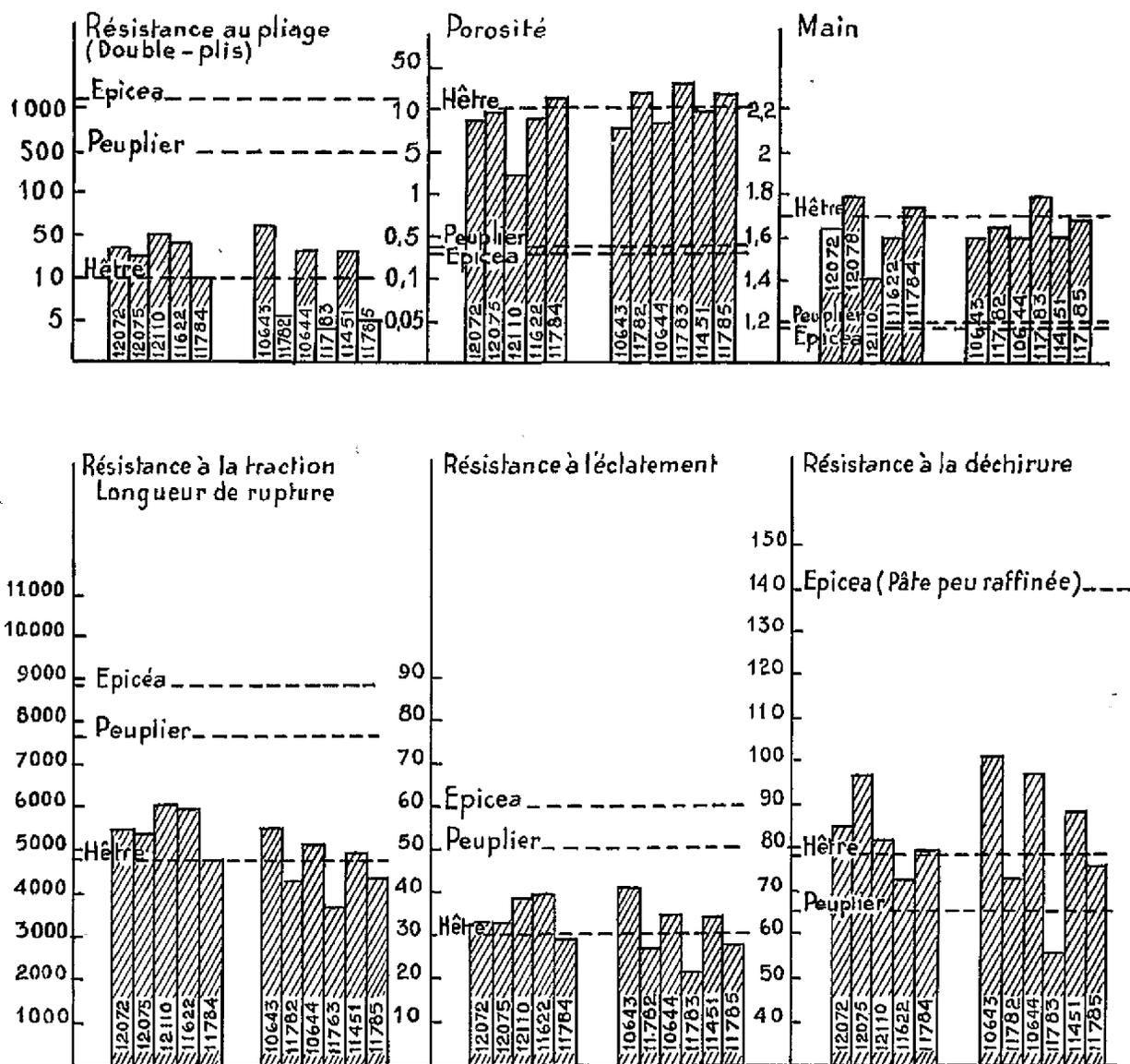
Peuplier et d'Épicéa les chiffres suivants : 86, 85,5, 80. Les traitements au bioxyde de chlore ou aux peroxydes mentionnés précédemment ne peuvent que renforcer la stabilité des pâtes.

Les caractéristiques des papiers obtenus à partir des pâtes d'Eucalyptus varient d'un échantillon à l'autre et la classification proposée en groupe A, B et C pour la cuisson des bois n'est pas très valable dans ce cas (graphiques de la fig. 3). Les résistances à la traction (longueur de rupture), à l'éclatement, au pliage sont inférieures à celles que l'on obtient avec des pâtes d'Épicéa ou de Peuplier. Elles sont équivalentes à celles des papiers obtenus avec des pâtes de Hêtre. Il en est de même pour la porosité

et la main des papiers. La résistance à la déchirure, caractéristique mécanique importante, est souvent supérieure à celle des pâtes de Hêtre ou de Peuplier. Par rapport aux pâtes d'Épicéa, elle n'est guère différente lorsque la comparaison est faite à un degré de raffinage de 40° SR ; mais généralement les pâtes de résineux ne sont qu'assez peu raffinées et en début de raffinage leur résistance à la déchirure est beaucoup plus élevée (contrairement à ce qui se passe pour les pâtes de feuillus). La différence entre les pâtes d'Eucalyptus et d'Épicéa est donc en réalité beaucoup plus importante.

Les possibilités d'utilisation des pâtes alcalines d'Eucalyptus se rapprocheraient donc de celles des

Fig. 3. — Caractéristiques mécaniques et physiques des papiers obtenus à partir des pâtes alcalines blanchies d'Eucalyptus (raffinage à 40° SR).



Fort-Dauphin. *Eucalyptus citriodora* de 36 ans environ. L'un d'eux mesure 38 m de hauteur totale et 65 cm de diamètre.

Photo Aubréville, 1954.



pâtes de Hêtre. Il existe actuellement en France une usine qui produit annuellement 60.000 t de pâte de Hêtre au sulfate blanchie. La production de cette usine est presque exclusivement absorbée par des papeteries qui introduisent des proportions variables de pâtes chimiques de feuillus dans la composition de papiers blancs (généralement impressions fines, écriture).

Pour des raisons locales d'économie, on pourrait cependant envisager d'utiliser une certaine proportion de pâtes écruées d'Eucalyptus en mélange avec des fibres longues comme le font les Australiens pour la fabrication de papiers d'emballage. De tels papiers, bien que de qualité inférieure aux krafts conventionnels, peuvent cependant trouver un certain nombre de débouchés.

#### CLASSIFICATION DES EUCALYPTUS

La plus ou moins grande facilité de cuisson d'un bois ainsi que son rendement en pâte sont des facteurs très importants. C'est pourquoi il semble préférable de retenir en premier lieu les Eucalyptus classés précédemment dans le groupe A. On a vu que les bois de ce groupe étaient également les plus favorables en ce qui concerne les quantités de réactif consommées au blanchiment. Mais les caractéristiques mécaniques des pâtes jouent un rôle pour parfaire le classement précédent. Selon le type de pâte recherché, différentes caractéristiques peuvent être prises en considération. Soit la résistance à la déchirure, soit les résistances à la traction, à l'éclatement et aux plis qui varient généralement dans le même sens, soit la main et la porosité qui souvent sont liées. Dans le cas des Eucalyptus étudiés, le problème est relativement simple car il existe une corrélation entre les caractéristiques citées plus haut.

Comme on attache souvent une plus grande importance à la résistance à la déchirure et à la lon-

gueur de rupture on peut, en tenant compte de ces deux caractéristiques, proposer la classification du tableau 7, les bois étant cités de gauche à droite par ordre d'intérêt décroissant.

TABLEAU 7

1	2	3	4
12072 .....	11784	10643	11782
12075 .....		10644	11783
12110 .....		11451	11785
11622 .....		12 ABL	

Le groupe 1 comprend quatre bois qui se distinguent assez nettement des autres et qui devraient être sélectionnés de préférence pour de nouveaux reboisements. L'échantillon 11784 est également intéressant. Les autres échantillons offrent un intérêt discutable en particulier les trois derniers.

#### COMPARAISON DES EUCALYPTUS DE MADAGASCAR AVEC DES VARIÉTÉS UTILISÉES INDUSTRIELLEMENT

Afin de pouvoir comparer les Eucalyptus de Madagascar avec des variétés d'Eucalyptus utilisées industriellement, le Centre Technique Forestier

Tropical a demandé à deux sociétés de lui fournir des échantillons de bois. Ces deux sociétés, la Cellulose du Maroc et la S. N. I. A. Viscosa de Milan lui

ont fait parvenir un échantillonnage représentant en principe une variété *camaldulensis* de provenance méditerranéenne.

Les quantités de bois reçues n'ont pas permis d'effectuer une étude complète avec cuisson en lessiveur et raffinage en pile, mais il a été possible de procéder à une cuisson en obus de 2 l suivie d'un raffinage au moulin Jokro. A titre comparatif, les échantillons de Madagascar 12072 et 10644, ont été traités dans des conditions semblables. L'échantillon 12072 correspondait à un cas favorable et l'échantillon 10644 à un cas plutôt défavorable.

Les conditions de cuisson retenues ont été les suivantes :

Soude : 24 %, Soufre 2,4 %, Liquide/bois : 3,3, Palier : 1 h à 170°.

Les résultats obtenus sont mentionnés au tableau 8.

On remarque que pour une même cuisson, l'Eucalyptus 12072 et l'Eucalyptus italien sont bien cuits (indices de permanganate 18,7 et 20,5); l'Eucalyptus marocain est moins bien délignifié (indice 26,9); l'Eucalyptus 10644 donne une pâte très dure comme prévu. Pour les rendements en pâte, seul l'Eucalyptus 12072 donne un chiffre favorable; les Eucalyptus italiens et marocains donnent comme l'Eucalyptus 10644 un faible rendement.

Les pâtes correspondant aux Eucalyptus marocains et italiens sont supérieures aux pâtes des Eucalyptus de Madagascar en ce qui concerne la

longueur de rupture et l'éclatement mais inférieures pour la résistance à la déchirure. Elles donnent des papiers moins poreux et ayant moins de main.

Un traitement à froid au chlorite de sodium effectué à titre indicatif a donné des résultats à peu près semblables pour les quatre pâtes, les blancheurs obtenues se classant dans l'ordre des indices de permanganate. Dans tous les cas la stabilité des pâtes est favorable.

En résumé, les Eucalyptus de Madagascar classés précédemment dans les groupes B et C sont plus difficiles à traiter que les Eucalyptus italien et marocain mais leur rendement en pâte ne semble pas plus défavorable. Les Eucalyptus de Madagascar classés dans le groupe A, qui comporte en principe trois échantillons du groupe *saligna-grandis* et deux du groupe *camaldulensis*, sont plus faciles à traiter et leur rendement en pâte est au contraire favorable.

Les pâtes obtenues avec les Eucalyptus de Madagascar n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques mécaniques que celles des Eucalyptus italien et marocain. Leur aptitude au blanchiment est équivalente (1).

(1) Des pâtes industrielles d'Eucalyptus marocain ont été étudiées. Il s'agissait de pâte Kraft blanchie. La blancheur et la stabilité de ces pâtes étaient favorables (90° de blancheur environ). Mais les caractéristiques mécaniques étaient faibles peut-être en raison d'un blanchiment difficile. Au cours d'un échange de correspondance, la Cellulose du Maroc a confirmé que le traitement de l'Eucalyptus marocain était plus difficile que celui de nombreux bois feuillus européens utilisés en papeterie.

TABLEAU 8

Echantillon	12072	10644	E. Italien	E. Marocain
Rendement en pâte classée.....	49,6	39,6	41,5	39
Indice MnO <sup>4</sup> K (délignification) .....	18,7	31,3	20,5	26,9
Teinte de la pâte écru (photovolt).....	24,5	16,5	22	19,5
L. de Rupture à 40° SR .....	6 400	5 900	7 500	7 500
Eclatement à 40° SR .....	52	42	61	61
Déchirure à 40° SR .....	110	102	80	90
Porosité à 40° SR .....	12	20	3	6
Main à 40° SR .....	1,4	1,6	1,35	1,40
Blancheur après traitement standard au chlorite .	66	61,5	65,5	64
Stabilité de la pâte blanchie .....	88	87	88	89,5

\* \* \*

## CONCLUSION

Les échantillons d'Eucalyptus de Madagascar étudiés par le Centre Technique Forestier Tropical sont de qualités diverses.

Les uns sont faciles à traiter par les procédés chimiques alcalins et ils donnent de meilleurs résultats que certains Eucalyptus italiens et marocains utilisés industriellement. Ils pourraient éventuellement être traités par le procédé au bisulfite.

Pour les autres, le procédé au bisulfite est déconseillé et l'utilisation d'un procédé chimique alcalin, bien que possible, entraînerait des difficultés d'ordre technique. Ces Eucalyptus sont moins intéressants que les variétés italiennes et marocaines, ces dernières étant elles-mêmes de qualité inférieure à celle des meilleurs bois feuillus européens.

Pour tous les Eucalyptus étudiés, le procédé au monosulfite ne donne pas d'aussi bons résultats que ceux qui sont obtenus à partir de certains bois comme le Peuplier ou le Bouleau.

Bien qu'aucun essai n'ait été effectué par les procédés mécaniques ou mécano-chimiques, on peut penser *a priori* que ces procédés donneraient des pâtes écruées assez foncées qui devraient généralement être éclaircies d'où des difficultés techniques et économiques supplémentaires.

Dans tous les cas, une sélection des Eucalyptus actuellement disponibles est souhaitable. Cette sélection est nécessaire si l'on envisage des reboisements artificiels.

