



Photo Van Asperen.

Usutu-Zwaziland. Ensemble d'un « landing », production d'une demi-journée de tracteur.

CARACTÉRISTIQUES PAPETIÈRES DE QUELQUES PINS INTRODUITS EN AFRIQUE ET A MADAGASCAR

par M. TISSOT,

Ingénieur de Recherches au Centre Technique Forestier Tropical.

SUMMARY

THE PAPERMAKING CHARACTERISTICS OF SOME PINES INTRODUCED INTO AFRICA AND MADAGASCAR

Pines are spread very unevenly over the world, but the least favoured countries, and in particular numerous African countries as well as Madagascar, are at present making a large-scale reforestation effort.

*The Centre Technique Forestier Tropical has carried out a study of the papermaking characteristics of various African and Madagascan pines from artificial plantations. The results obtained are on the whole very favourable, and the grade of quality of pulps, depending on samples, lies between that of *P. sylvestris* and *P. pinaster*.*

**CARACTERÍSTICAS PAPELERAS DE ALGUNOS PINOS INTRODUCIDOS
EN AFRICA Y EN MADAGASCAR**

Las plantaciones de pinos se distribuyen de forma muy desigual en el mundo, pero algunos países que figuran entre los menos favorecidos — y en particular numerosos países africanos, así como Madagascar — llevan a cabo actualmente un gran esfuerzo de repoblación forestal.

El Centro Técnico Forestal Tropical de Francia ha procedido al estudio papelería de distintos pinos africanos y de Madagascar procedentes de plantaciones artificiales. Los resultados obtenidos se han manifestado muy favorables en su conjunto y según los muestreos efectuados, el nivel de calidad de los pinos se sitúa entre aquel de las pastas de pino marítimo y de pino silvestre.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LES PINES TROPICAUX

Les forêts de Pins occupent des superficies considérables dans l'hémisphère Nord. Le genre *Pinus* comporte un très grand nombre d'espèces (environ 120) ayant des exigences écologiques très voisines, notamment au point de vue de la pluviosité et de la température ; ils correspondent essentiellement à des climats tempérés et subtropicaux.

Les espèces de Pins que l'on rencontre dans la zone intertropicale se trouvent rarement à très basse altitude et occupent généralement des étages altitudinaux dont la température moyenne annuelle est inférieure à 23°.

En Asie, les deux Pins importants de la zone tropicale sont *P. merkusii* et *P. khasya*. Le premier peut être considéré comme le plus tropical de tous les Pins puisqu'à Sumatra il s'approche de l'Équateur (environ 2° N). Il existe également en Birmanie, en Thaïlande, au Laos, au Cambodge, au Viet-Nam et aux Philippines à des altitudes variant de 100 à 900 m dans des zones très humides.

L'aire de *Pinus khasya* (Syn. : *P. insularis* des Philippines) est assez semblable à celle de *P. merkusii*, mais cette espèce ne dépasse guère vers le Sud la latitude de 12° N. Il a atteint par contre, vers le Nord, l'Assam et le Yunnan. Partout il se situe au-dessus de 750 m d'altitude.

En Amérique Centrale, il existe de nombreuses espèces de Pins, surtout au Mexique où elles dépassent la quarantaine (approximativement entre 30° et 15° lat. N.).

Les Pins mexicains sont d'écologie très variée, mais un seul *P. strobus* var. *chiapensis* descend à 600 m vers la latitude de 16° N. Les autres qui se situent généralement entre 1.500 et 3.000 m occupent divers étages : subtropical, tempéré chaud et tempéré froid.

Le genre *Pinus* est représenté jusqu'au Nord du Nicaragua aux environs de 12° latitude N. par 3 espèces : *P. caribaea* var. *hondurensis* (entre 0 et 600 m d'altitude), *P. oocarpa* (entre 600 et 1.700 m) et *P. pseudostrobus* (entre 1.200 et 1.700 m). Ces deux dernières espèces remontent vers le Nord jusqu'au Sud du Mexique, mais *P. caribaea* var. *hondurensis* atteint seulement le Guatemala et le Belize (Honduras britannique), toujours à de faibles altitudes.

P. caribaea var. *caribaea* de l'Ouest de Cuba (vers 22° 5 lat. N.) est de type subtropical et *P. caribaea* var. *bahamensis* des Bahamas est de type encore moins tropical. Dans les Iles Caraïbes (Cuba, Haïti, République Dominicaine) on trouve d'autres Pins subtropicaux : *P. occidentalis*, *P. tropicalis* et *P. cubensis*.

En Afrique Tropicale, il n'existe pas de Pins. Dans le continent africain, le genre *Pinus* ne dépasse guère vers le Sud la latitude 28° N. avec *P. canariensis* des Iles Canaries. Les peuplements de Pins de l'Afrique Septentrionale (surtout *P. halepensis*) correspondent à des climats méditerranéens.

Dans l'Afrique au Sud du Sahara et à Madagascar on a introduit avec succès diverses espèces de Pins.

Les plus anciennes essences adaptées sont :

— *Pinus patula* (originaire du Mexique) qu'on trouve en abondance en République Sud Africaine, au Kenya, Swaziland et sur les hauts plateaux malgaches.

— *Pinus khasya* surtout représenté en Rhodésie, dans l'Ouganda, et les hauts plateaux malgaches.

— *Pinus elliottii* (Sud Ouest des U. S. A.) et *P. pinaster* représentés principalement au Transvaal et au Natal.

— *Pinus caribaea* présent au Natal sur de grandes surfaces.

Les boisements de Pins exotiques recouvrent une surface de 220.000 ha en Afrique du Sud et de 22.000 ha à Madagascar.

Les 220.000 ha de la République Sud Africaine sont composés pour 40 % de *Pinus patula* et *P. elliottii* et 50 % de *Pinus pinaster*, *laeda*, *radiata*, *longifolia*, *canariensis*, *caribaea*. Il faut noter que l'Afrique du Sud comporte des climats très variés, les climats tempérés et subtropicaux étant largement répandus. Il existe ainsi des climats à pluies d'été, à pluies assez régulièrement réparties et à pluies d'hiver.

Les 22.000 ha de Pins de Madagascar sont composés à 90 % de *Pinus patula*.

Dans de nombreux pays des régions tropicales on poursuit les essais d'introduction de Pins.



Photo Bégné.

Plantation de Pinus patula âgée de 12 ans. Réserve de N'Dola, Zambie.

En Afrique, dans les stations expérimentales (à l'échelle de quelques centaines d'ha et dans les arbo-retums) on tente d'acclimater de nouvelles espèces.

D'après les résultats obtenus, on peut classer les Pins de plantation tropicale africains et malgaches en 2 classes.

— **Les Pins d'altitude.** A ceux-ci se rattachent notamment les *P. patula* et *khasya*. Ils se développent bien dans des zones comprises entre 900 et 2.000 m à climat humide (pluviométrie entre 1.300 et 2.000 mm — température moyenne 13 à 19° C) avec sécheresse hivernale, et se satisfont de

sols relativement pauvres. Ces caractéristiques sont celles des hauts plateaux malgaches. En Afrique du Sud, on trouve toutefois *P. patula* à des altitudes plus basses (600 m) au climat un peu moins humide (pluviométrie entre 875-1.875 mm) mais à sécheresse hivernale moins accentuée que sur les plateaux malgaches.

Les sols y sont à base de grès, de granit ou de dolomie.

— **Les Pins de basse altitude.** Ce sont les plus récemment introduits. *P. caribaea* var. *hondurensis* et *P. oocarpa* ont montré une bonne adap-

tation dans des conditions de site et de climats très différentes des précédentes.

Au Gabon et à Pointe-Noire (République du Congo), *P. caribaea* et *P. oocarpa* poussent en climat chaud (moyenne annuelle : 25° C) aux pluies irrégulières variant beaucoup d'une année à l'autre (800-1.300 mm) à saison sèche bien marquée ; les sols sont sableux.

En conclusion, on peut dire que le genre Pin, bien qu'il ne soit pas encore très répandu en Afrique, est représenté néanmoins par quelques peuplements importants dont certains, formés de quelques espèces bien acclimatées, sont déjà intensivement exploités. Des recherches forestières très actives tendent à l'acclimatation de nombreuses espèces nouvelles.

II. — ECHANTILLONS ÉTUDIÉS PAR LE CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL

La division Cellulose du Centre Technique Forestier Tropical a étudié jusqu'à présent :

— 7 rondins de *Pinus khasya*, originaires de Madagascar, ayant poussé en plantations et correspondant à des arbres différents. Ils proviennent de stations forestières de Manjakatempo, Ampama-herana, Ambositra, situées sur les hauts plateaux malgaches.

— 6 rondins de *Pinus patula* correspondant à des arbres différents, et originaires de plantations de la station forestière de Manjakatempo (1).

— 12 rondins de *Pinus patula* correspondant à 12 arbres différents, en provenance de la forêt d'Usutu au Swaziland. L'âge a été déterminé d'après le nombre de cernes.

Un échantillonnage de *Pinus oocarpa* et un échantillonnage de *Pinus caribaea* tous deux originaires du Congo Brazzaville.

Les échantillons destinés aux essais papetiers ont été en général prélevés à hauteur moyenne dans l'arbre sauf dans le cas de *P. caribaea* et *oocarpa* où l'on disposait de la totalité du tronc.

Pour l'étude papetière, les échantillons ont été débités en rondelles qui ont été elles-mêmes transformées à la main en copeaux. Les dimensions des copeaux étaient de 3 × 3 × 0,4 cm.

Les études effectuées à partir des échantillons sont diverses : détermination des caractéristiques micrométriques des fibres, de la densité et de la composition chimique des bois ; essais de traitements papetiers selon divers procédés.

TABLEAU I

Caractéristiques des échantillons étudiés par le C. T. F. T.

Essence	Catégorie	N° C. T. F. T.	Age	Ø des rondins (cm)	Siccité au moment des essais	Date des essais
<i>Pinus patula</i> Madagascar	Altitude	12.730 à 12.735	12 à 31 ans	17 à 27	71 %	Mai 1960
<i>Pinus khasya</i> Madagascar	—	14.448 à 14.454		20 à 35	80	Mars 1962
<i>Pinus patula</i> Swaziland ..	—	16.864	6 à 9 ans	10 à 19	90	Janvier 1967
<i>Pinus caribaea</i> Congo ...	B. Altitude	16.753	7 ans	7 à 15	90	Décembre 1966
<i>Pinus oocarpa</i> Congo	—	16.754	7 ans	7 à 12	90	Décembre 1966

III. — COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES PAPETIÈRES DES PINS ÉTUDIÉS

DENSITÉ

On a déterminé la densité de chacun des échantillons. Cette densité correspond au bois anhydre. Les résultats sont les suivants :

P. khasya : 0,34 à 0,42.

(1) La République Malgache (Ministère d'Etat de l'Agriculture de l'Expansion Rurale et du Ravitaillement) a d'autre part confié au C. T. F. T. une importante étude à partir d'échantillons de *Pinus patula* récoltés dans la

P. patula, Madagascar : 0,42 à 0,48.

P. patula, Usutu : 0,36 à 0,49.

P. caribaea : A (bas du tronc) = 0,45 — B (milieu) = 0,35 — C (haut) = 0,32.

P. oocarpa : A = 0,52 — B = 0,48 — C = 0,35.

région de Fianarantsoa. Cette étude, actuellement en cours, semble devoir donner des résultats très favorables en ce qui concerne les caractéristiques papetières de ces échantillons.

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différence très importante entre les Pins d'altitude et ceux de basse altitude. Le *Pinus patula* de Madagascar est dans l'ensemble le plus dense. Dans le cas des échantillons de *P. patula* d'Usutu dont les âges sont sensiblement voisins les uns des autres, on remarque que les densités varient en sens inverse du diamètre de l'arbre donc de la vitesse d'accroissement.

TABLEAU 2

Evolution de la densité avec le diamètre sur *Pinus patula*

Diamètre de l'arbre (mm)	190	180	150	140	130	110	100
Densité anhydre...	0,35	0,37	0,39	0,40	0,41	0,45	0,49

DIMENSIONS DES FIBRES

On a déterminé les caractéristiques micrométriques des fibres des divers Pins. Les valeurs moyennes de longueur de fibres en microns sont les suivantes :

P. khasya : 3.500 à 3.800.

P. patula, Usutu : 2.500 à 2.700 (3 échantillons).

P. patula, Madagascar : 3.600 à 4.200.

P. oocarpa : 3.720.

P. caribaea : 2.660.

On peut admettre que ces diverses valeurs sont normales pour des essences résineuses.

On a remarqué dans le cas du *Pinus patula* de Madagascar l'existence de 2 classes de fibres dont les valeurs moyennes sont bien distinctes (par exemple 3,5 et 5 mm).

Les valeurs moyennes des largeurs sont les suivantes (microns).

P. khasya : 56 à 68.

P. patula, Usutu : 57 à 61.

P. patula, Madagascar : 47 à 62.

P. oocarpa : 48.

P. caribaea : 40.

Les indices de feutrage de ces différentes fibres (rapport longueur/largeur) sont assez variables et compris entre 58 et 77. Les coefficients de souplesse (épaisseur des parois/largeur des fibres en %) sont généralement élevés ce qui correspond à des fibres assez plastiques susceptibles de donner des papiers de bonne tenue.

Les différences enregistrées entre les *Pinus*

Pinus patula. Reboisement de Lakera. Madagascar.

Photo Dubois.

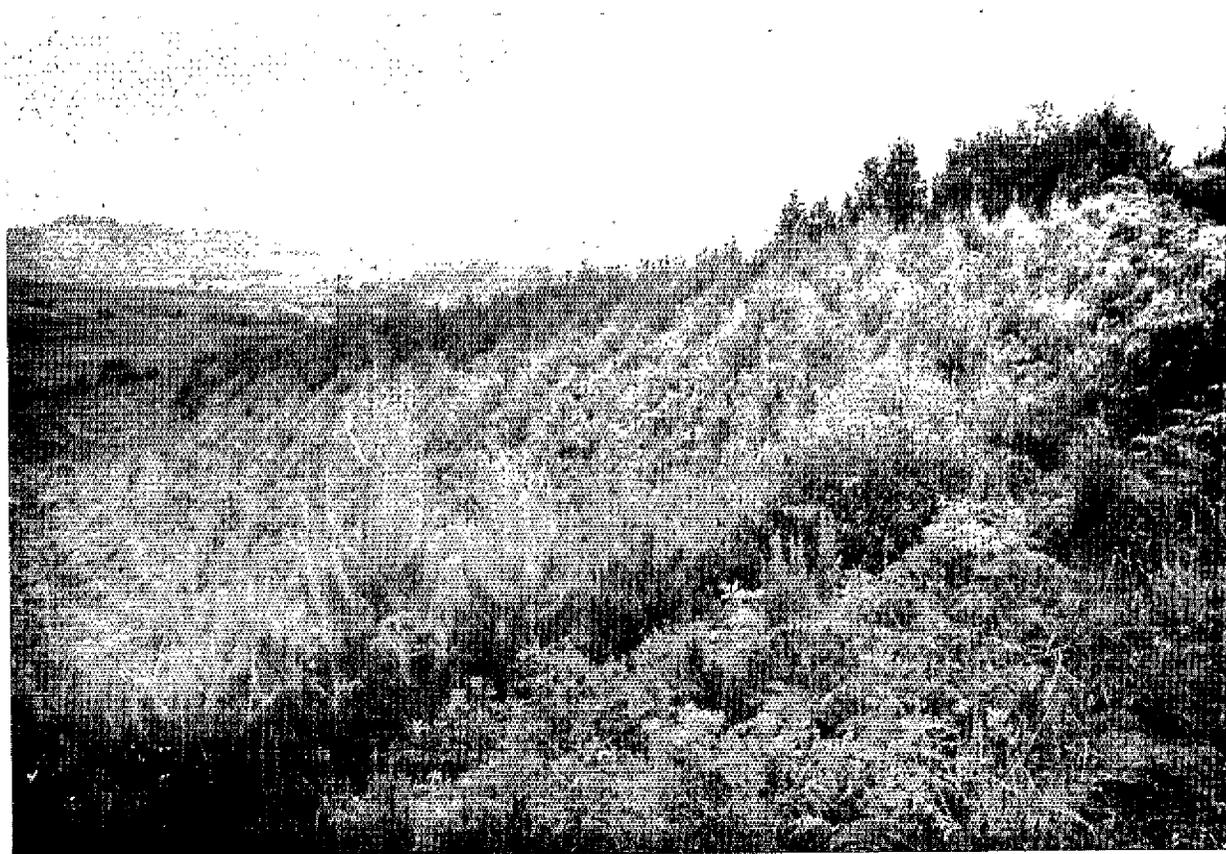


TABLEAU 3

Moyenne des caractéristiques micrométriques des *P. patula*

Caractéristiques	Longueur des fibres (Mu) L	Largeur des fibres (Mu) l	Épaisseur des parois (Mu) 2p	Largeur des cavités C	Coefficient de souplesse C/l	Pouvoir feutrant (L/l)
<i>Patula</i> malgache	3.840	54	12,1	42	73	71
<i>Patula</i> Usutu	2.550	59	10,2	48	82	43

patula d'Afrique du Sud et de Madagascar font ressortir qu'une espèce peut présenter certaines modi-

fications anatomiques suivant son origine géographique.

COMPOSITION CHIMIQUE DES BOIS

Taux de résine : Il est donné par la valeur de l'extrait à l'alcool-benzène. Il a été déterminé à partir des mélanges d'échantillons.

TABLEAU 4

Teneur en résines des bois

Essences		Extrait alcool-benzène
<i>P. caribaea</i> sain	C. T. F. T. 16.753	1,36
<i>P. —</i> alléré	—	4,27
<i>P. oocarpa</i> sain	— 16.754	2,46
<i>P. —</i> alléré	—	3,13
<i>P. patula</i> Usutu	— 16.864	1,47
<i>P. patula</i> Madagascar	— 12.730-35	1,07
<i>P. khasya</i> —	— 14.448-54	1,90

L'échantillon de *Pinus patula* de Madagascar a un extrait de 1,07 ce qui est relativement faible pour un Pin. *P. oocarpa* est plus résineux avec 2,5 %.

Des essais effectués sur des échantillons de bois de *P. oocarpa* et *caribaea* alléré montrent une élévation du taux d'extrait par rapport à l'échantillon sain.

Dans le cas des résineux, la détermination de l'extrait alcool-benzène est importante car selon les cas cet extrait peut représenter un avantage ou un inconvénient. Dans le cas des cuissons kraft, la résine fournit un sous-produit, le tall-oil, dont l'exploitation peut être jugée rentable lorsque le taux d'extrait est élevé. Le tall-oil est composé des sels alcalins des acides résiniques. Il est récupéré à la surface des lessives noires des cuissons.

Les rendements en tall-oil sur les espèces des climats tempérés sont très variables, de 25 à 80 kg par tonne de pâte.

On peut d'autre part tenir compte des possibilités de récolte directe de résine par saignée des arbres sur pied.

En dehors de ces cas particuliers d'utilisation, la résine est plutôt un inconvénient pour la fabrication de pâtes cellulósiques. Elle forme, au lavage et au classement des pâtes, des mousses qu'il faut combattre au moyen d'agents tensio-actifs tels le kérosène. De plus la résine est à l'origine des dépôts de poix dans les circuits de fabrication. Dans le cas des pâtes mécaniques, la résine est également une cause d'encrassement des meules au défilage et des toiles métalliques à la machine à papier.

Plantation de *Pinus patula* et *Pinus insularis* âgée d'un an, sur sol travaillé mécaniquement. Réserve de N'Dola, Zambie.

Photo Bégué.



A Loudima (Congo), *Pinus patula*
mis en place depuis 2 ans.

Photo Groulez.

TABLEAU 5

Composition chimique des bois

Essences	Lignine %	Cellulose (corrigée) %	Pentosanes %	Cendres %
<i>P. caribaea</i>	31,2	46,3	9,6	0,33
<i>P. oocarpa</i>	32,2	45,3	7,2	0,21
<i>P. patula</i> Usutu ..	28,7	53,6	9,2	0,27
<i>P. patula</i> Madagascar	28,4	50,8	8,6	0,28
<i>P. khasya</i> Madagascar	29,7	50,2	9,2	0,31

LIGNINE ET CELLULOSE.
PENTOSANES. CENDRES

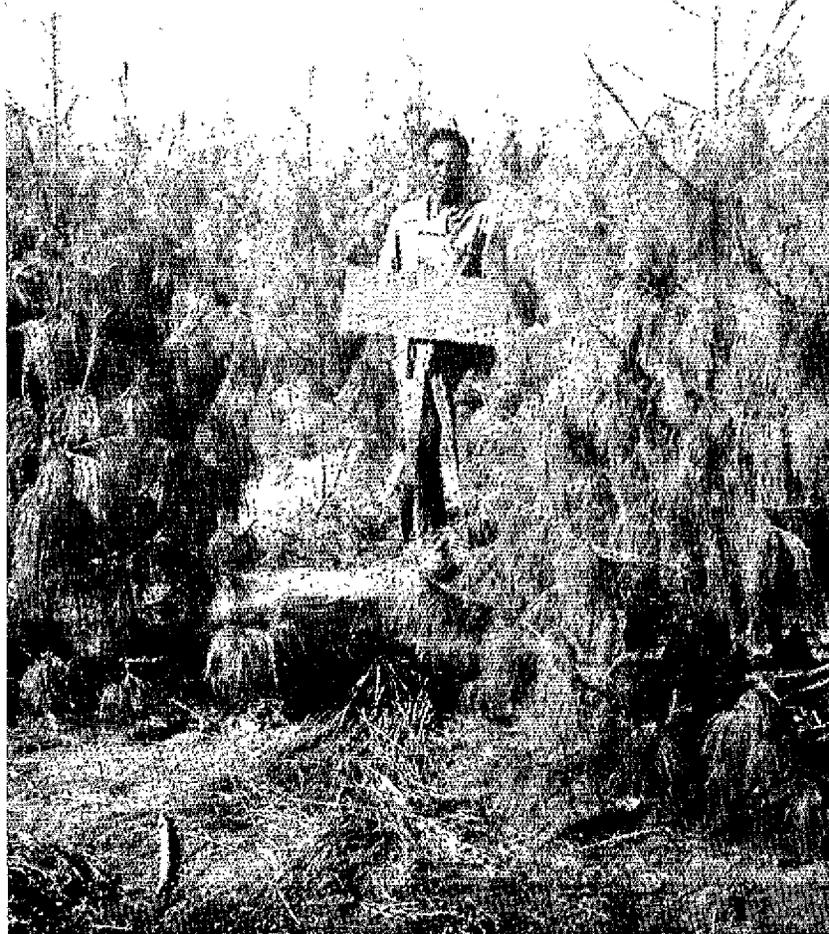
Les teneurs en cellulose des *P. caribaea* et *oocarpa* sont inférieures à celles des *Pinus patula* et *khasya* et inversement les teneurs en lignine sont un peu plus élevées.

Il y a peut-être là une remarque à faire à propos des Pins d'altitude élevée et des Pins de basse altitude, les premiers correspondant à une composition chimique plus favorable.

Les taux de pentosanes n'appellent pas de remarques particulières et peuvent être considérés comme normaux pour des résineux. On n'a pas procédé à l'analyse systématique des mannanes. Pour *Pinus patula*, la teneur est de l'ordre de 7 %.

GUISSONS KRAFT

Des cuissons de bois ont été effectuées par le procédé soude-soufre (variante du procédé kraft) à 155° et 170° C en lessiveur de 50 l. La température de 170° C a donné dans l'ensemble des résultats plus favorables que celle de 155° C. Un palier de 1 h 30 à 170° C a été retenu pour les essais mais si on tient



compte de la quantité de soude restant après cuisson on voit qu'une légère augmentation de la durée du palier serait bénéfique, à moins que l'on augmente encore la température de cuisson vers 175° par exemple.

Lorsque la délignification est suffisamment poussée on obtient pour les échantillons de *P. patula* de Madagascar un rendement de 45 à 46 % ; pour *P. khasya*, *P. caribaea* et *P. oocarpa* un rendement légèrement plus faible de 43 %. Le meilleur rendement obtenu est celui du *Pinus patula* d'Usutu.

TABLEAU 6

Résultats de cuisson de Pins
26 % NaOH, 2,6 % S, dilution 3,3, 1 h 30 à 170° C

Essences	N° cuisson	Rendement : pâte classée	I : MnO ⁴ K	Soude restante gr/l
<i>P. oocarpa</i>	3.817	43,9	22,7	16,4
<i>P. caribaea</i>	3.814	43,4	20,9	15,6
<i>P. khasya</i>	3.361	42,7	19,9	16
<i>P. patula</i> Madagascar	3.233	45,7	18,5	17
<i>P. patula</i> Usutu	3.820	47,6	16,2	14

TABLEAU 7

Corrélation entre la teneur en cellulose et l'indice de permanganate

Essences	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. caribaea</i>	<i>P. khasya</i>	<i>P. patula</i> Madagascar	<i>P. patula</i> Usutu
I. MnO ⁴ K, pâte bien déli- gnifiée	22,7	20,9	19,9	18,5	16,2
% cellulose bois	45,3	46,3	50,2	50,8	53,6

Il est intéressant de comparer l'indice de déli-
gnification et le pourcentage de cellulose du bois
car on voit qu'au bois le plus riche en cellulose cor-
respond aussi le plus faible indice de permanga-
nate (indice lié au taux de lignine résiduelle dans
les pâtes).

La quantité de soude introduite pourrait être
réduite dans certains cas à moins de 26 %. Ainsi
l'échantillonnage de *Pinus patula* de Madagascar
donne une pâte bien déli-
gnifiée avec 22 %. Pour les

autres, 24 % auraient fourni une pâte chimique
acceptable. Ces conditions sont assez semblables à
celles qui sont retenues pour le traitement du Pin
des Landes.

En conclusion : le procédé kraft s'applique sans
difficultés aux Pins tropicaux avec des pourcenta-
ges de soude et des rendements comparables aux
espèces de résineux tempérés. *Pinus patula* donne
les meilleurs rendements et les pâtes les mieux déli-
gnifiées.

BLANCHIMENT

Les pâtes kraft obtenues ont été blanchies en
4 phases comprenant : 1 chloration, 1 sodation et
2 phases à l'hypochlorite de soude.

Si on retient les cuissons qui ont fourni des pâtes
écruées suffisamment déli-
gnifiées, les consommations
en chlore et les blancheurs obtenues sont les suivan-
tes :

Cette consommation est faible pour *P. patula*
d'Usutu.

Ces essais, qui correspondent à un mode opéra-
toire relativement simple, ont cependant montré
que l'aptitude au blanchiment de ces quelques
pâtes de Pins tropicaux était bonne. On peut en
déduire que l'application de procédés plus complexes

TABLEAU 8

Résultats de blanchiment des pâtes de Pin

Essence	N° cuisson	% Cl total consommé	Photovolt	Stabilité	D. P pâtes blanchies
<i>P. oocarpa</i>	3877	8,9	79	85	715
<i>P. caribaea</i>	3814	8,2	83	88	650
<i>P. khasya</i> Madagascar	3361	7,1	79	85	640
<i>P. patula</i> Madagascar	3233	7,3	79,5	85	680
<i>P. patula</i> Usutu	3820	6,2	81,5	87	525

Les blancheurs obtenues sont normales pour
P. patula, *P. khasya*, *P. oocarpa*, plutôt élevées
pour *P. caribaea*. La stabilité de la blancheur
est bonne dans l'ensemble, très bonne même
pour *P. caribaea*. La consommation de chlore est
en relation avec les indices de déli-
gnification.

mettant en jeu des réactions d'oxydation plus puis-
santes et plus sélectives (bioxyde de chlore et
peroxyde) permettrait d'atteindre des blancheurs
beaucoup plus élevées et comparables à celles des
pâtes de résineux qui font actuellement l'objet de
commercialisation sur les marchés internationaux.

CARACTÉRISTIQUES DES PAPIERS KRAFT

Résultats moyens représentatifs.

Les pâtes obtenues ont été raffinées dans un appa-
reil à disque Bauer à différents degrés d'engrais-
sement.

Les feuilles de papier ont ensuite été tirées sur
formette Rapid-Köthen à 60 g/m². Les essais des
papiers ont été effectués après conditionnement
à 65° humidité et 20° C.

On a classé les Pins par ordre de résistance à la traction (longueur de rupture) et à l'éclatement décroissant. La longueur de rupture varie entre 6.300 et 8.600 m et l'éclatement entre 44 et 58. C'est paradoxalement *Pinus patula* qui donne les valeurs les plus élevées et les plus faibles.

TABLEAU 9
Caractéristiques des pâtes écruées à 40° SR

Espèces de résineux	Longueur de rupture	Eclatement
<i>P. patula</i> Usutu	8.600	58
<i>P. oocarpa</i>	7.400	51
<i>P. khasya</i>	6.900	50
<i>P. caribaea</i>	6.700	47
<i>P. patula</i> Madagascar ...	6.300	44

Si l'on considère les autres caractéristiques en fonction de la résistance à la déchirure, qui correspond également à une caractéristique importante, on obtient un classement différent.

On remarque que les Pins à forte déchirure donnent des papiers bouffants (main) mais dépourvus d'élasticité dimensionnelle (allongement).

TABLEAU 10

Caractéristiques des pâtes à 40° SR

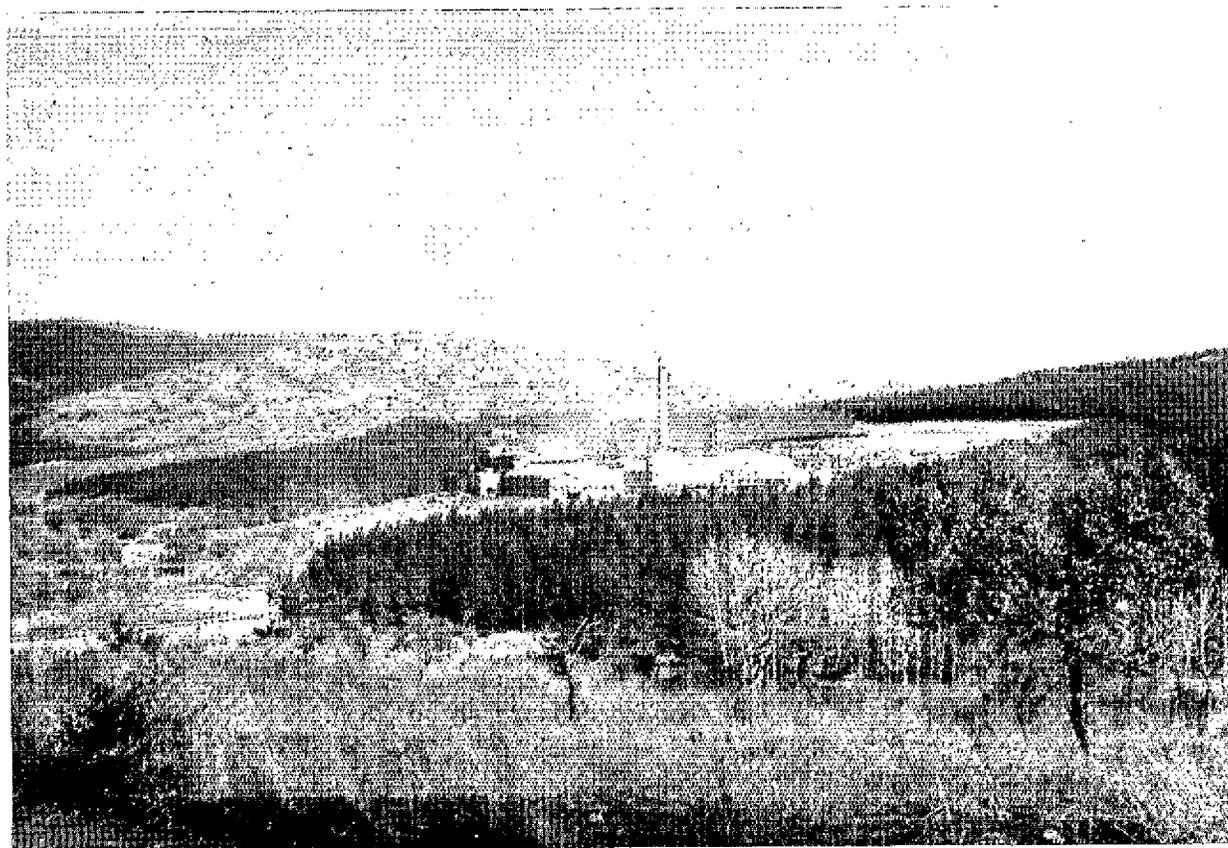
Espèces de résineux	Déchirure	Main	Porosité	Allongement %
<i>P. patula</i> Madagascar .	140	1,70	2,5	2,2
<i>P. patula</i> Usutu	125	1,55	0,5	2,7
<i>P. oocarpa</i>	120	1,60	1,8	2,8
<i>P. caribaea</i>	110	1,40	0,25	3,7
<i>P. khasya</i>	98	1,40	0,3	3,6

D'une façon générale, le papier le plus favorable est celui qui a de bonnes caractéristiques de longueur de rupture et d'éclatement, associées à une valeur de déchirure élevée. Un tel cas se rencontre malheureusement assez rarement car ces deux types de caractéristiques varient souvent en sens inverse. Toutefois *P. patula* d'Usutu se situerait assez favorablement à cet égard et se rapprocherait ainsi de certains types de Pins sylvestres.

Les autres Pins, bien qu'un peu moins favorisés, offrent cependant un ensemble de caractéristiques satisfaisantes ce qui permet de les classer à un niveau de qualité au moins comparable à celui des

Usine d'Usutu-Zwaziland.

Photo Van Asperen.



Pins maritimes qui sont couramment utilisés par l'industrie papetière du Sud de l'Europe.

Hétérogénéité des échantillonnages.

On a étudié les fourchettes de variation des principales caractéristiques des papiers dans le cas de *P. patula* d'Usutu et de Madagascar ainsi que dans le cas de *P. khasya*. Dans le cas de *P. oocarpa* et du *P. caribaea*, l'échantillonnage était insuffisant pour procéder à une étude similaire.

D'après les chiffres enregistrés, il faut conclure à une certaine hétérogénéité des échantillons étudiés, les différences étant probablement liées à l'origine, l'âge, les vitesses de croissance des Pins. Toutefois, les variations constatées ne sont pas supérieures à celles que l'on peut observer dans le cas d'espèces papetières récoltées dans d'autres régions du monde et en particulier en Scandinavie ou au Canada. L'utilisation des Pins tropicaux sous forme de

TABLEAU 11

Variabilité des caractéristiques des pâtes

Essence	<i>Pinus khasya</i> (7 arbres)	<i>Pinus patula</i> (6 arbres)	<i>P. patula</i> Usutu (11 arbres)
Longueur de rupture ...	6.200 à 7.200	6.200 à 7.000	6.500 à 10.000
Eclatement ...	43 à 52	45 à 50	47 à 67
Déchirure ...	85 à 107	149 à 164	105 à 160
Plis ...	400 à 650	400 à 900	550 à 1.800
Porosité ...	2,5 à 6	2 à 7	0,06 à 0,9
Main ...	1,2 à 1,3	1,70 à 1,75	1,35 à 1,65

mélanges provenant de plusieurs chantiers d'exploitation devrait donc conduire à une qualité de pâte suffisamment constante pour une usine donnée. C'est en fait ce qui a été observé à l'usine d'Usutu au Swaziland.

PROCÉDÉS DE FABRICATION AUTRES QUE LE KRAFT

Les procédés retenus pour les essais sont : le procédé à la soude seule, le procédé au monosulfite, le procédé au bisulfite. Seuls les *Pinus patula* et *P. khasya* de Madagascar ont fait l'objet d'essais par ces trois procédés.

Soude.

On peut traiter les Pins à la soude seule. Les résultats obtenus à pourcentage d'alcali égal, sont inférieurs à ceux que l'on obtient par le procédé kraft ou soude-soufre. Les pâtes sont moins bien délignifiées et les papiers possèdent une moins bonne résistance mécanique.

Ce procédé est donc moins avantageux pour le traitement des *Pins tropicaux*. Il pourrait à la rigueur, constituer un procédé de secours valable en cas de difficultés d'approvisionnement en soufre ou en sulfate.

Monosulfite.

Les échantillons de *P. khasya* et *P. patula* de Madagascar ont été traités par le procédé au sulfite

neutre tamponné au carbonate de soude. Les conditions étant les suivantes : 18 à 24 % SO^2Na^2 -6 à 8 % CO^3Na^2 . Cuisson d'une durée totale de 6 h dont 3 h à 165° C. — Rapport lessive/bois = 4,5/1.

On obtient par ce procédé des pâtes à haut rendement éventuellement utilisables à l'état écriu,

TABLEAU 13

Résultats des cuissons au monosulfite

	<i>P. patula</i> Madagascar	<i>P. khasya</i> Madagascar
% SO^2Na^2	24	18
Rendement en pâte % ...	63	69,2
I. MnO^4K (80 cc)	63,3	65
Indice de chlore	38,5	34,3
Caractéristiques des pâtes écriues à 40° SR		
Longueur de rupture ..	4.400	6.200
Eclatement	28	42
Déchirure	88	84

TABLEAU 12

Résultats comparatifs de cuissons soude et soude-soufre

Type de cuisson	Soude-Soufre				Soude		
	Essences	N° de cuisson	Rendement pâte classée	Indice MnO^4K	Alcali restant gr/l	Rendement pâte classée	Indice MnO^4K
<i>P. khasya</i> Madagascar ..	3361	42,7	19,9	16	46,7	34,5	26
— " — " ..	3365						
<i>P. patula</i> Madagascar ...	3233	45,7	18,5	17	45,6	31,9	26,2
— " — " ...	3235						

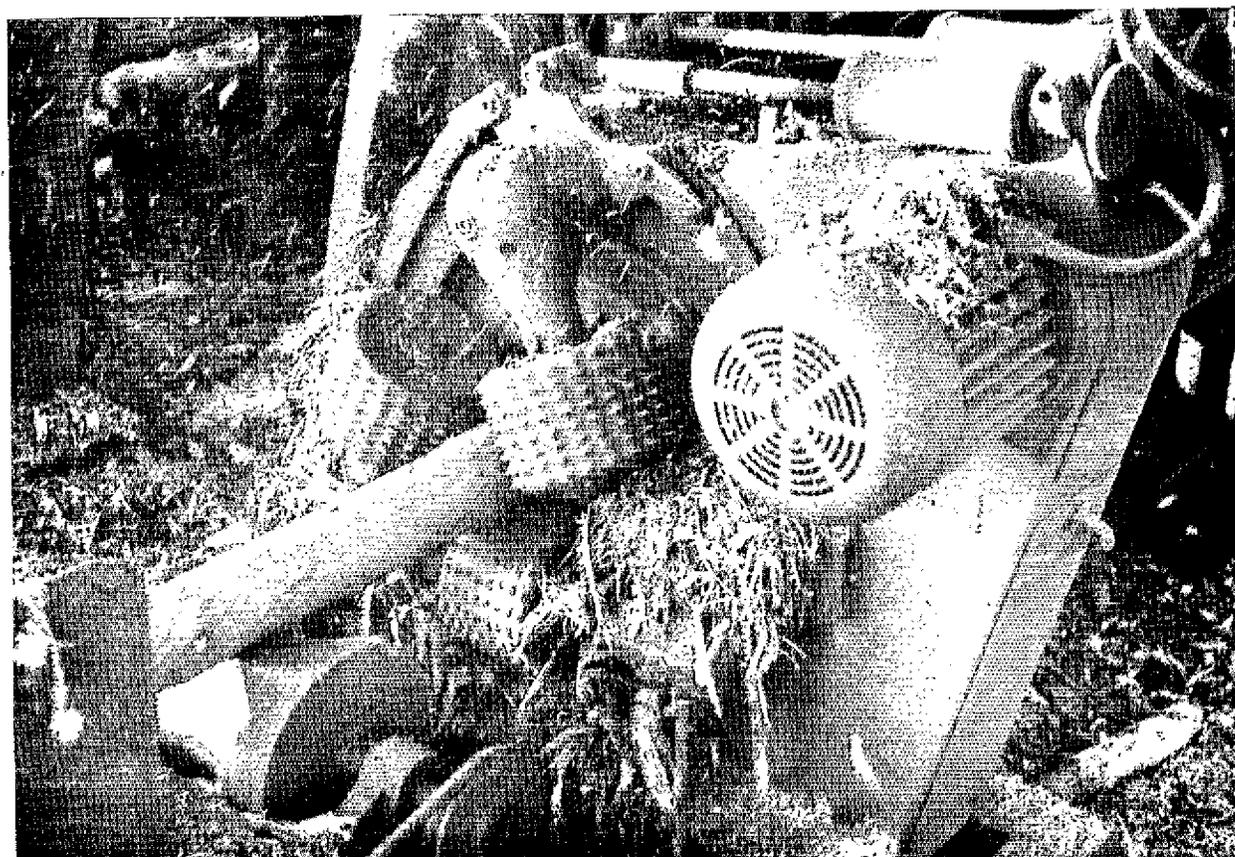


Photo Van Asperen.

A la sortie de l'écoreuse Cambio.

mais plus difficilement sous forme blanchie en raison des quantités considérables de chlore qui seraient consommées.

Le procédé s'applique mieux au *Pinus khasya*. Les caractéristiques des pâtes étant dans ce cas relativement favorables.

On peut toutefois se demander si pour ce genre de pâte, qui permet de fabriquer des intérieurs de cartons et de la cannelure pour cartons ondulés, le procédé soude-soufre à haut rendement ne serait pas préférable.

Bisulfite de calcium.

Pour les Pins tropicaux étudiés la cuisson au bisulfite de calcium a été réalisée sans difficulté en adoptant un cycle de cuisson de 9 à 10 h avec palier final à 140°. Des essais effectués avec palier final à 125° ont conduit à des résultats moins favorables, une bonne délignification étant plus difficile à obtenir dans ce cas particulier.

Pour ce procédé, c'est *Pinus patula* qui a donné le meilleur rendement en pâte mais c'est avec *Pinus khasya* que l'on a obtenu les meilleures caractéris-

TABLEAU 14

Résultats des cuissons au bisulfite

	<i>P. khasya</i> Madagascar	<i>P. patula</i> Madagascar
Concentration de la lessive en SO ² %	3,2 à 5,2	1,9 à 5,6
Rendement en pâte classée	45,6 à 46	49,6 à 50,9
Indice MnO ⁴ K	9,5 à 16	13 à 14
Indice de chlore	3,2 à 4,4	5,4 à 5,6
Photovolt écreu	46 à 46,5	43,5 à 45,5
Caractéristiques des papiers écreus (40° SR) :		
Longueur de rupture	5.00 à 8.000	6.400 à 6.600
Eclatement	60 à 577	37 à 41
Déchirure	91 à 92	77 à 92

tiques de résistance mécanique des papiers. Dans l'ensemble ces résultats sont favorables et montrent que la fabrication de pâte au bisulfite de qualité satisfaisante serait possible à partir de ces deux essences.

TRAITEMENT MÉCANIQUE

La pâte mécanique de résineux entre à 80 % dans la composition du papier journal, et à des pourcentages variables dans un certain nombre de papiers divers. Dans les pays nordiques ainsi que dans certains pays tempérés, on utilise de préférence de la pâte mécanique d'Épicéa. En France par exemple, cette essence représente pour la pâte mécanique 90 % des fabrications. Mais de nombreux pays moins bien pourvus utilisent largement des Pins, et même parfois du Peuplier comme en Italie.

La fabrication de pâte mécanique est souvent avantageuse puisque le rendement en pâte est voisin de 100 % (pratiquement de l'ordre de 95 %). Cette pâte est connue pour avoir de bonnes qualités d'opacité, de bouffant, et d'absorption vis-à-vis des encres. Elle est relativement peu coûteuse. Avec une râperie (fabrique de pâte mécanique) associée à une fabrique de pâte chimique, on dispose de tous les moyens pour fabriquer des gammes étendues de papiers. On dispose dans ces conditions de pâte mécanique, non séchée, dont les caractéristiques sont souvent supérieures à celles des pâtes mécaniques séchées d'importation. La pâte mécanique est, à l'heure actuelle, obtenue par râpage des rondins de bois sur une meule abrasive. C'est le procédé le plus ancien, employé encore dans de très nombreuses installations. Un procédé nouveau qui est depuis peu mis en œuvre, part de copeaux de bois. Ces copeaux passent dans un appareil de défilage à disques d'acier munis de rainures calculées en fonction de l'effet à obtenir. On peut par ce procédé utiliser des rondins déformés impropres au défilage sur meules, des dosses, déligneurs et copeaux de rabotage. On ne peut encore se prononcer sur la supériorité de l'un ou l'autre procédé qui présentent chacun un ensemble d'avantages et d'inconvénients.

On fabrique à l'échelle industrielle de la pâte mécanique à Madagascar à partir de *P. patula*. Les

fabrications ont commencé au début de 1967 et il est prévu une production de 3.000 t/an. Les premiers résultats semblent favorables. De la pâte mécanique est également obtenue à l'échelle industrielle à partir de cette même essence en Afrique du Sud.

Des essais de fabrication de pâte mécanique ont été effectués au Centre Technique Forestier Tropical à partir de quelques Pins tropicaux. Le procédé retenu correspondait à une fabrication de pâte mécanique de copeaux. Pour le défilage, on a utilisé un défibreux Sprout-Waldron de 12" équipé de plateaux en acier inoxydable. Les pâtes obtenues ont été raffinées jusqu'à 60° SR par un traitement complémentaire sur raffineur à disques Bauer.

Les résultats obtenus sont en valeur absolue inférieurs à ceux auxquels on pouvait s'attendre de la part de fibres longues. De plus on a constaté une grande disparité de résultats. Mais la fabrication de pâte mécanique en laboratoire est souvent plus difficile qu'en chaîne industrielle en raison des petites quantités de matières mises en jeu et de divers autres facteurs mécaniques.

Les résultats atteints avec les Pins tropicaux ne doivent donc être interprétés qu'en comparaison de ceux obtenus à partir d'Épicéa témoin traité dans des conditions similaires avec le même appareillage. Il apparaît dans ce cas que les Pins testés, mis à part *P. oocarpa*, se classent dans leur ensemble assez favorablement. D'autre part, les résultats donnés correspondent à un degré de raffinage de 60° SR ce qui est peu pour une pâte mécanique. Des améliorations pourraient vraisemblablement être obtenues en augmentant l'engraissement des pâtes. En fait, c'est une étude très importante de mise au point qui reste à faire, mais on peut dès à présent considérer les premiers résultats obtenus comme encourageants.

TABLEAU 15

Résultats de pâte mécanique obtenus sur divers Pins africains à 60° SR

Essence	Longueur rupture	Éclatement	Déchirure	Porosité	Main	Blancheur Photovolt
<i>P. caribaea</i> , base du fût bois vert ...	2.270	9,2	29	3,8	2,3	—
<i>P. caribaea</i> , base du fût bois sec	1.690	6,6	26	14,4	2,5	60,5
<i>P. patula</i> , C. T. F. T. 16864	1.730	8,9	42	8,9	2,4	59,5
<i>P. oocarpa</i> , C. T. F. T. 16754	640	4	10	36,3	2,7	46,5
Épicéa français	2.420	8,6	31	4,4	2,1	46,5
Meilleur feuillu tropical (Parasolier) .	2.210	9,8	33,5	2,3	2,8	61,5

IV. — CORRÉLATIONS ENTRE LES DENSITÉS DES PINS ET LES PROPRIÉTÉS DES PÂTES CORRESPONDANTES

L'étude papetière effectuée sur les différents Pins tropicaux a mis en évidence l'existence de corrélations

entre d'une part les caractéristiques des pâtes et papiers et d'autre part la densité des Pins qui

semble elle-même liée dans une certaine mesure à la vitesse de croissance des peuplements.

On est aidé dans l'étude des phénomènes de croissance par la présence de cernes qui sont toujours bien visibles. La largeur des cernes est plus ou moins grande ce qui entraîne une texture plus ou moins serrée. La conséquence de ces différences de texture est que les quantités relatives de bois précoce et de bois tardif varient d'un échantillon à l'autre ce qui explique en partie l'hétérogénéité des peuplements.

Or, pour une espèce donnée la valeur de la densité semble liée au taux de croissance. On a pu ainsi observer à Madagascar, sur un peuplement de *P. patula*, qu'aux taux de croissance les plus élevés correspondaient les densités les plus faibles et inversement. De même les mesures de densité faites sur l'échantillonnage de *P. patula* du Swaziland ont bien fait apparaître une corrélation entre la densité et le diamètre des billons de même âge.

En définitive la densité est à prendre en considération pour estimer la valeur papetière d'un échantillon.

Les différences entre les caractéristiques sont liées aux différences de densité ou de taux de crois-

sance des bois ; à l'intérieur d'une même espèce, les tendances sont les suivantes :

Pin léger	Pin dense
Fort longueur de rupture	Faible longueur de rupture
Fort éclatement	Faible éclatement
Déchirure faible ou moy.	Déchirure élevée
Porosité faible	Porosité élevée
Allongement élevé	Allongement faible
Main faible	Main élevée

Dans les deux cas, les pâtes obtenues présentent des caractéristiques spécifiques qui peuvent être recherchées pour certains papiers, exemple Pins denses pour obtenir une résistance à la déchirure élevée (papiers pour sacs ciment cousus, papiers bouffants, papiers contenant de fortes proportions de feuillus) Pins légers pour obtenir une résistance à l'éclatement élevée (papiers pour sacs ciment collés, papiers minces, etc...).

Les méthodes permettant d'agir sur le taux de croissance et en définitive sur la densité, devraient en conséquence faciliter la sélection des Pins destinés à l'industrie papetière.

Papeteries de Madagascar. Stock de Pinus patula.

Photo Dubois.

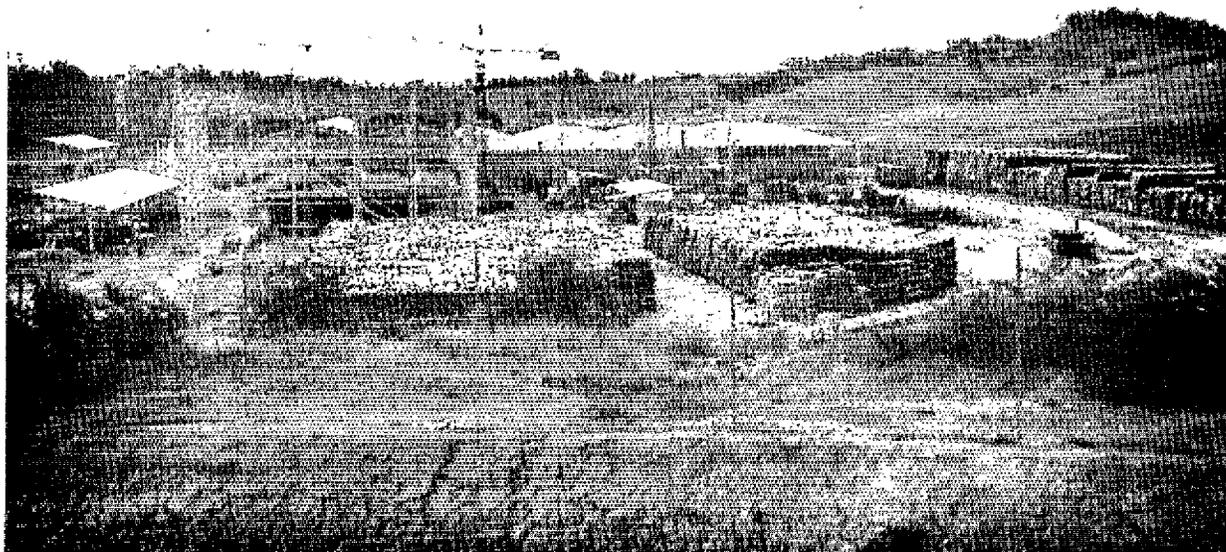




Photo Dubois.

Reboisement en *Pinus patula* à Lakera (Madagascar).

V. — RENDEMENTS A L'HECTARE ET PRIX DE REVIENT DANS QUELQUES CAS FAVORABLES

Les chiffres de rendement véritablement significatifs sont fournis par les pays les plus avancés dans le domaine des réalisations : République Sud Africaine, Swaziland, Madagascar. Là où l'exploitation des peuplements atteint un niveau industriel la connaissance des volumes de bois abattu est précise ; ailleurs on peut quand même estimer avec une faible marge d'erreur l'accroissement en volume annuel du bois sur pied.

Au Swaziland où la forêt fournit du bois papeter, les Pins sont abattus à 15 ans environ. Le rendement est évalué à 14 m³/ha/an.

A Madagascar on prévoit que les peuplements de la Matsiatra donneraient pour un abattage final à 25 ans une moyenne de 10 m³/ha/an. Ces résultats sont extrapolés de ceux qui peuvent être obtenus actuellement, puisque les peuplements n'y dépassent généralement pas une douzaine d'années.

Au Transvaal, on admet les rendements suivants :

17 m³/ha/an pour une coupe à 10 ans.

23 m³/ha/an pour une coupe à 15-20 ans.

16 m³/ha/an pour une coupe à 40 ans (cas des bois d'œuvre).

Dans le Natal, on atteint avec *P. caribaea* en basse altitude, l'extraordinaire résultat de 40-45 m³/ha/an pour une coupe à 15 ans (1). *P. elliottii* fournirait moitié moins de bois et serait donc sensiblement égal à *P. patula* du Swaziland.

Ces chiffres sont nettement supérieurs à ceux que l'on peut espérer d'une forêt de Pins en zone tempérée comme par exemple la forêt landaise. Ici, l'accroissement courant moyen annuel sur écorce est de l'ordre de 4 à 6 m³/ha/an pour des peuplements exploités entre 10 et 20 ans.

Si on admet pour une fabrique de pâte une capacité de 100.000 t/an ce qui actuellement est courant, il faut prévoir, avec un rendement de 40 %, 250.000 t de bois sec soit environ 600.000 m³ de bois. Si on suppose une rotation de 15 ans pour des peuplements dont le rendement est 15 m³/ha/an, il faudra exploiter 2.700 ha par an. Pour assurer la continuité de la production il faudra donc prévoir 2.700 × 15 = 40.500 ha de plantations au minimum.

Les prix de revient du bois de plantation peuvent

(1) « Les plantations de pins à Madagascar et au Cameroun » Publication C. T. F. T. 1966.

être donnés dans quelques cas particuliers. Le Swaziland représente un cas particulièrement favorable car l'exploitation y est fortement mécanisée. La distance plantation-usine est faible : 20-30 km. Dans ces conditions, le prix de la tonne de bois anhydre sous écorce s'élevait en 1966 à 54,25 F rendu usine ou 17,15 F par m³ de bois vert. Il faut signaler que la gestion de la forêt est presque totalement intégrée à celle de l'usine mais certaines petites entreprises privées sont à même d'exploiter le bois à un coût encore moins élevé (14,35 F par m³ de bois vert).

VI. — CONCLUSION

Les résultats papetiers obtenus à partir de quelques pins plantés en Afrique tropicale et à Madagascar se sont dans l'ensemble révélés favorables et selon les échantillonnages, le niveau de qualité des pâtes se situe entre celui des pâtes de Pin maritime et de Pin sylvestre.

On n'a pas mis en évidence des différences extrêmement importantes entre la valeur papetière des Pins d'altitude et celle des Pins de basse altitude. Les premiers résultats obtenus sur *P. caribaea* et *P. oocarpa* sont à ce point de vue satisfaisants.

Par ailleurs le taux de croissance en plantation

A Madagascar, dans l'hypothèse d'une usine d'une capacité de 100.000 t/an alimentée par des boisements artificiels, pour une distance de 45 km entre le peuplement et le site retenu pour l'usine, en tenant compte des frais de reboisement, diverses études indiquent des chiffres variant de 3.900 à 4.800 francs malgaches par tonne de bois anhydre sous écorce soit 73 à 96 FF.

Dans les deux exemples précédents, le prix de revient est inférieur à celui des Pins de Colombie Britannique, qui bien que réputé bas, est de l'ordre de 100 FF la tonne anhydre rendue usine.

de Pin³ exotiques est nettement supérieur à celui des Pins poussant en climat tempéré. Les prix de revient calculés dans quelques cas particuliers sont relativement avantageux et de nature à justifier la production de pâte à fibres longues sous les climats tropicaux et subtropicaux.

Les besoins papetiers devant en principe s'accroître considérablement dans toutes les régions du monde au cours des prochaines décennies, il y aurait intérêt à envisager dès maintenant d'intensifier les essais de plantations en résineux susceptibles d'approvisionner à long terme l'industrie papetière africaine et malgache.

BIBLIOGRAPHIE

- W. B. CRITCHFIELD. — Geographic Distribution of the pines of the World, US Department of Agriculture. Forest Service, fév. 1966.
- C. T. F. T. — Les Plantations de pins à Madagascar et au Cameroun, Publication, 1966.
- C. T. F. T. Division CEL. — Etudes Papetières d'un Echantillonnage de *P. khasya*, Madagascar, 1962; *P. patula*, Madagascar, 1960.
- C. T. F. T. Division CEL. — Résultats d'essais papetiers effectués sur *P. caribaea*, *P. oocarpa*, 1966.
- C. T. F. T.-S. E. D. E. S. — Marché Mondial des Pâtes et Papiers (Note de Synthèse), juin 1966.
- C. T. F. T.-S. E. D. E. S. — Perspectives d'Industrialisation papetière à Madagascar, Congo-Brazzaville, Cameroun (3 vol.), 1966.
- R. DUBOIS. — Une Grande Usine de Pâte à Papier en Afrique *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 107, mai-juin 1966.
- F. A. O. — Conference on pulp and paper in Africa (Semi-chemical, Semi-mechanical and refiner groundwood — pulps from various softwood and hardwood species — by Steinar VARDHEIM). Le Caire, mars 1965.
- J. GROULEZ. — Note provisoire sur la croissance de certains pins tropicaux à Pointe-Noire, C. T. F. T., sept. 1966.
- P. GUENEAU. — Propriétés des Bois Etudiés en 1965 (*Patula*) C. T. F. T., Madagascar.
- A. LAMB. — Impression of tropical pines and hardwoods in some eastern countries. Commonwealth Forestry Institute Oxford, 1965.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. — Inventaire Forestier National, Département des Landes.

Tranche de Pin des Landes (à gauche) et de *Pinus patula* originaire d'Usulu (à droite).
Photo Chatelain.

