

FIG. 1. — *Eprouvettes de Teck à accroissements très larges et à accroissements très fins, deux cas extrêmes observés.*

VITESSE DE CROISSANCE ET RETRAIT DU BOIS :

Relation entre la largeur des cernes d'accroissement et le retrait au séchage dans quelques arbres tropicaux

par Robert HOCK (1) et Alain MARIAUX (2)

SUMMARY

RATE OF GROWTH AND SHRINKAGE OF WOOD : RELATION BETWEEN THE WIDTH OF AGE-RINGS OF SOME TROPICAL TREES AND SHRINKAGE DURING DRYING

The authors develop a study presented in poster form at the IUFRO Congress in Madison in July 1983. The study of age-rings of sample of wood that has shrunk during drying shows that rapid growth in most cases entails little change of shrinkage (e.g. Teak), and in some cases a marked decrease of shrinkage (e.g. Limba). Shrinkage often seems to be linked with the density of the wood. These results are particularly illustrated by the case of Teak plantations.

(1) Etudiant à l'Université de Hambourg, venu faire un stage au C.T.F.T. en 1983.

(2) Ancien Chef de la Division d'Anatomie des Bois du C.T.F.T.

RESUMEN

VELOCIDAD DE CRECIMIENTO Y CONTRACCION DE LA MADERA : RELACION ENTRE LA ANCHURA DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO Y LA CONTRACCION DE ALGUNOS ARBOLES TROPICALES EN EL MOMENTO DEL SECADO

Lors auteurs desarrollan un trabajo presentado en « poster » en el congreso IUFRO de Madison, en julio de 1983. El estudio de los anillos de crecimiento por medio de probetas de contracción de las maderas en el momento del secado muestra que un crecimiento rápido acarrea, en la mayor parte de los casos, pocas alteraciones de la contracción (ej. Teca) e incluso, en algunos casos una marcada disminución (ej. Limba). La contracción parece encontrarse vinculada en muchos casos a la densidad de la madera. Estos resultados se ilustran, particularmente, al tratarse de las plantaciones de madera de Teca.

Obtenir du bois à croissance plus rapide, et en tirer un meilleur emploi était le thème d'un congrès de la Division des produits forestiers de l'I.U.F.R.O. tenu en Juin-Juillet 1983 à Madison (Wisconsin), Etats-Unis. C'est aussi une préoccupation constante des forestiers tropicaux qui ont conscience de la suspicion des milieux professionnels sur la qualité du bois à attendre des plantations actuelles.

Les premiers produits de plantation, tirés d'arbres encore jeunes, donnent parfois en effet des inquiétudes et l'on peut se demander quelle est réellement l'influence de la vitesse de croissance en diamètre de l'arbre sur la nature du bois produit en milieu tropical.

Des années d'expérimentation dans des stations fores-

tières africaines ou sud-américaines suivies d'études en laboratoire ont montré la possibilité d'utiliser les cernes dans le bois de maintes espèces tropicales pour apprécier leur vitesse de croissance.

Rapprochant ce résultat de l'existence au C.T.F.T. d'un vaste stock d'éprouvettes ayant servi à la mesure des rétractibilités linéaires au séchage par le laboratoire de la Division des Essais, il est apparu qu'il y avait là une mine d'informations à exploiter.

Mettre en relation la largeur des cernes observés sur les éprouvettes et les données physiques enregistrées a donc été le but de notre travail dont quelques graphiques (nuages de points) ont été présentés à Madison.

CHOIX DES ESPÈCES

Parmi les 2.000 éprouvettes appartenant à des centaines d'espèces, un assez grand nombre pouvait convenir à la délimitation précise des cernes d'accroissement.

Notre choix a été guidé par un faisceau de considérations :

- 1 — Les cernes devaient être clairement définis, et connus comme représentant des accroissements annuels, soit par nos expérimentations antérieures, soit au moins, par une analogie évidente avec des espèces similaires.
- 2 — L'espèce retenue devait avoir un nombre suffisant d'éprouvettes d'essai et une certaine amplitude de variation de la largeur moyenne des cernes.
- 3 — A part quelques exceptions intéressantes, le choix devait se porter de préférence sur des espèces commerciales connues et surtout sur des espèces développées en plantations. 25 espèces ont été sélection-

nées et examinées, mais certaines abandonnées pour diverses raisons.

Les 12 espèces suivantes seront étudiées ici :

LIMBA	<i>Terminalia superba</i> 48 arbres, 55 éprouvettes, pays divers.
TECK	<i>Tectona grandis</i> 33 arbres, Asie 2, plantations en Afrique 31.
OKOUMÉ	<i>Aucoumea klaineana</i> 9 arbres, Gabon, Congo.
PATULA	<i>Pinus patula</i> 17 arbres, plantations Madagascar.
ACAJOU	<i>Swietenia macrophylla</i> 18 arbres, Brésil.
SAPELLI	<i>Entandrophragma cylindricum</i> 13 arbres, pays divers.
SAMBA	<i>Triplochiton scleroxylon</i> 14 arbres, pays divers

BÉTÉ *Mansonia altissima* 14 arbres, pays divers.
 LIMBALI *Gilbertiodendron dewevrei* 10 arbres,
 Gabon, Congo.
 ENGO *Celtis tessmannii* 12 arbres, Gabon, Congo.
 et, pour comparaison, deux importants feuillus de
 France :
 HÊTRE *Fagus sylvatica* 15 arbres.

CHÊNE (rouvre et pédonculé) *Quercus sp. pl.* 15 arbres.

D'autres espèces importantes ne figurent pas : ainsi le NIANGON parce que les éprouvettes ne dépassaient pas 3 mm d'accroissement moyen, alors qu'on sait l'essence capable d'un accroissement plus rapide. Le FRAMIRÉ et le SIPO n'avaient que 6 essais disponibles et de peu d'amplitude également.

MÉTHODE D'ÉTUDE

Rappelons qu'au C.T.F.T. le retrait linéaire est déterminé pour chaque arbre en un seul point, le plus loin possible du cœur où un bloc de section 40 × 40 mm et de 250 mm de longueur suivant le fil du bois est prélevé puis tronçonné en 8 éprouvettes élémentaires, présentant donc les mêmes cernes. C'est le reste de ce bloc qui a été conservé et sera pour nous « l'éprouvette », unique normalement pour chaque arbre, son retrait étant calculé par la moyenne des 8 éprouvettes. Dans certains Limba un 2^e prélèvement a été fait (pour comparer bois blanc et bois gris) c'est pourquoi le nombre d'essais indiqué ci-dessus est de 55 pour 48 arbres.

Les éprouvettes sont bien orientées par rapport aux cernes, de sorte qu'on peut suivre un chemin d'observation radiale de 40 mm. Parfois des éprouvettes plus petites sont utilisées, par ex. 30 × 30 mm, quand l'étude a été faite à partir de sciages manquant d'épaisseur.

Une des faces des éprouvettes a été soigneusement polie par ponçage avec des grains de finesse croissante, jusqu'à 800 ou 1.000, puis examinée sous la loupe binoculaire à faible grossissement 10 x, ce qui a permis de dénombrer les cernes, et d'en déterminer la largeur moyenne.

Il est clair que la précision de cette valeur diminue pour les cernes extrêmement larges en raison de l'incertitude sur la distance des limites extérieures à l'éprouvette, mais c'est de peu d'importance relative dans les calculs ultérieurs.

On voit que le côté expérimental de cette étude est réduit à peu de choses pour chaque éprouvette. Il a néanmoins fallu finement polir puis pointer attentivement les cernes de plus de 300 éprouvettes pour en retenir en définitive 297.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour chaque éprouvette on a ainsi disposé d'une donnée anatomique, ou sylvicole si l'on veut, la largeur moyenne des cernes LC, et l'on a repris les données physiques suivantes :

- T — retrait tangentiel total (de l'état saturé à l'état anhydre).
- R — retrait radial total.
- T/R — rapport de ces 2 retraits, que nous appelons anisotropie de retrait.
- D₁₂ — masse volumique à 12 % d'humidité mesurée

non sur l'éprouvette mais sur un ensemble de prélèvements au voisinage de celle-ci.

Pour chaque espèce, ces données composent un tableau de valeurs, à 5 variables pour n éprouvettes.

On a alors fait successivement :

- les histogrammes de fréquence des classes de valeurs des variables,
- les nuages de points illustrant les relations des variables,
- les calculs de régression.

Les histogrammes

Les histogrammes ont toujours été établis en partageant en 10 classes la plage de variation du minimum au maximum (Fig. 2 à 4).

La répartition des valeurs de largeur de cernes n'est jamais une courbe normale, d'autant plus que le nombre d'éprouvettes était rarement élevé. Quand la répartition, quoiqu'irrégulière, était raisonnablement étalée sur l'ensemble de la plage de variation, surtout dans le cas

d'un faible échantillonnage, la valeur LC a été utilisée directement ; exemple, cas du Samba. Quand l'histogramme était fortement dissymétrique, évoquant plutôt une distribution de Poisson, on a pris comme variable Log LC : cas du Limba, du Teck, du Sapelli, de l'Acajou. On obtient alors une distribution plus normale et par suite, une meilleure répartition des points, dans les graphiques qui vont suivre.

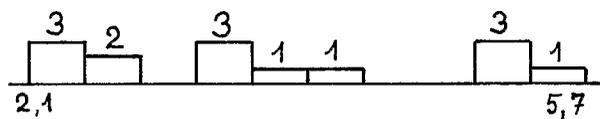


FIG. 2. — Samba : histogramme des largeurs de cornes.

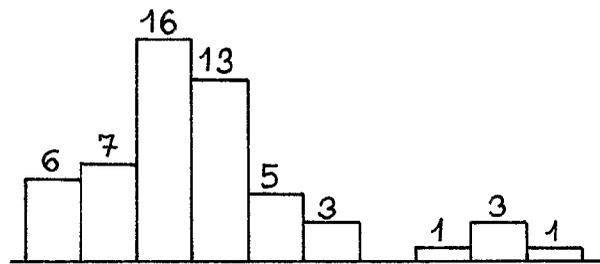


FIG. 4. — Limba : histogramme des Log. de largeur des cornes.

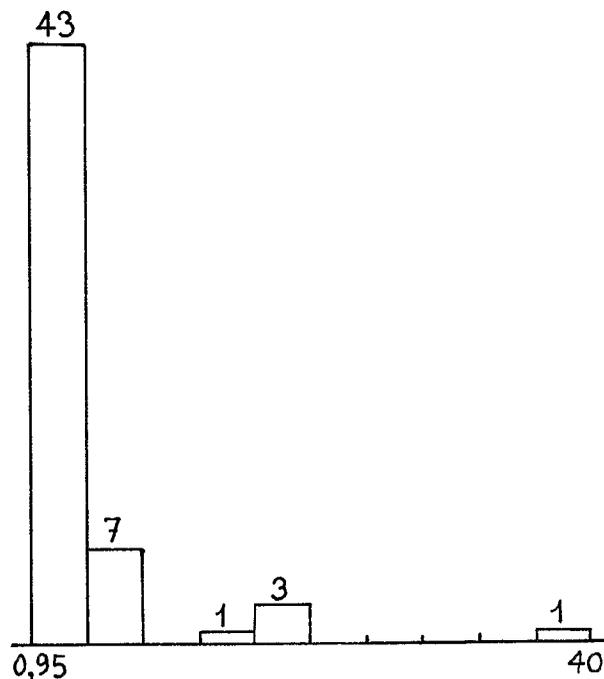


FIG. 3. — Limba : histogramme des largeurs de cornes.

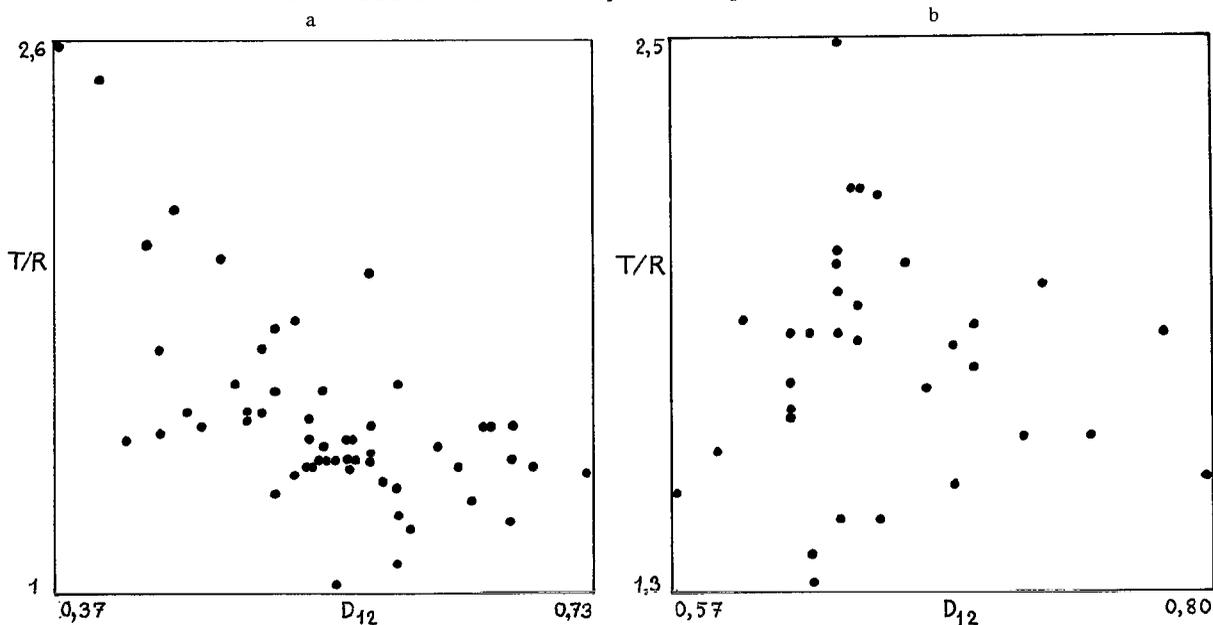
Les nuages de points

Etablis par ordinateur, les nuages de points des relations entre 2 variables forment automatiquement un graphe carré en donnant la même dimension graphique aux plages de variation des valeurs en abscisse et en ordonnée. Cela montre au mieux visuellement s'il y a liaison

ou non entre les variables, mais ne place évidemment pas à la même échelle les données des différentes espèces (Fig. 5).

On a toujours porté en abscisse la largeur des cornes, puisque c'est notre point de départ, et en ordonnée

FIG. 6. — Relation densité et anisotropie de retrait pour le Limba et le Teck.



une des 4 données physiques. Qu'ils montrent une influence des cernes, ou non, ces nuages parlent par eux-mêmes et l'on aimerait les montrer tous si la place le permettait.

Nous ferons une place importante au Limba puisqu'avec 55 éprouvettes c'est l'espèce la mieux représentée, les autres graphiques étant choisis pour le facteur le mieux corrélé avec la largeur des cernes.

Coefficients de corrélation

Bien que les représentations graphiques soient suffisantes pour répondre à notre question, nous avons calculé les coefficients de corrélation ρ , afin d'avoir une appréciation chiffrée de la qualité de la liaison entre les facteurs. Ainsi que les nuages de points le montrent bien, les liaisons sont pour la plupart peu marquées. Comme les tailles des échantillons statistiques (nombres d'individus) sont limitées, la puissance des tests permettant de conclure à la non-nullité de ρ est faible. Par exemple avec 15 individus, il faudra une estimation de $\rho > 0,50$ pour

Pour compléter cette présentation des données, il est intéressant de montrer graphiquement quelques relations qui ne concernent pas directement la largeur des cernes mais qui sont plus ou moins une conséquence de cette largeur. Par exemple, pour le Limba la figure 6a montre la décroissance de l'anisotropie T/R en fonction de la densité croissante, ce qui n'apparaît pas pour le Teck, figure 6b.

pouvoir conclure que la vraie valeur de ce coefficient est différente de 0 au seuil de 5 %.

Le tableau suivant donne les coefficients de corrélation de la largeur des cernes avec les données physiques pour chaque essence.

Enfin dans le cas du Limba dont l'effectif est important et les coefficients élevés, la figure des droites de régression montre clairement les variations en même sens ou en sens inverse.

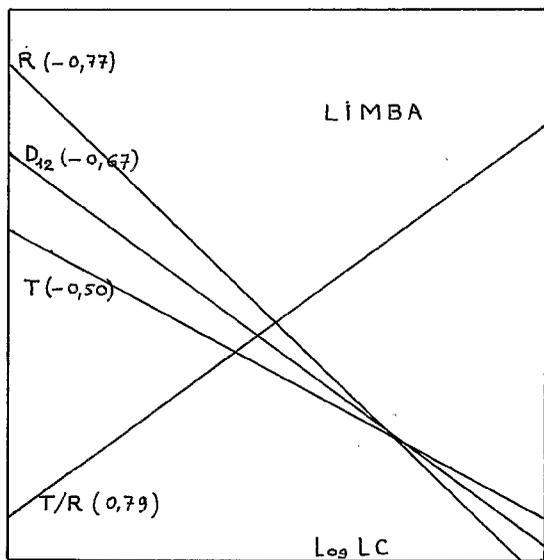


FIG. 7. — Limba : droite de régression de chaque variable par rapport à la largeur des cernes LC, avec mention du coefficient de corrélation.

COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE LARGEUR DES CERNES ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES POUR 12 ESPÈCES ÉTUDIÉES

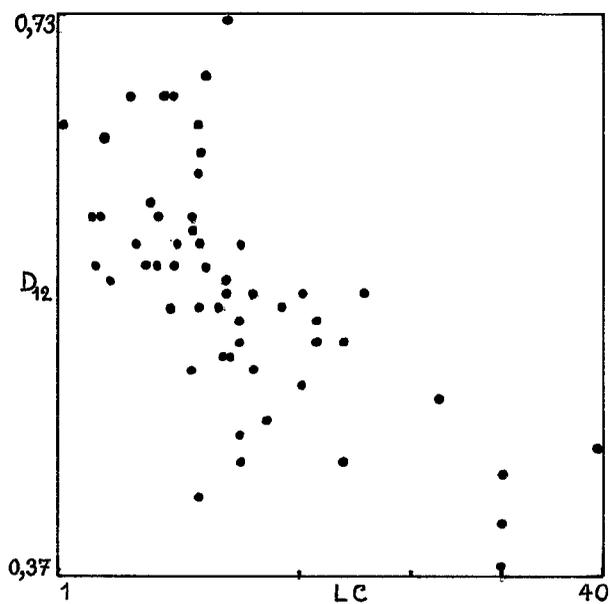
	D ₁₂	T	R	T/R	
TECK (33)	0	- 0,10	0	- 0,19	
LIMBA (55)	<u>- 0,77</u>	<u>- 0,50</u>	<u>- 0,77</u>	<u>+ 0,79</u>	
PATULA (17)	0	<u>- 0,80</u>	<u>- 0,70</u>	+ 0,26	
SAMBA (14)	0	- 0,15	- 0,21	0	
SAPELLI (13)	- 0,39	- 0,26	0	- 0,34	
ACAJOUBR (18)	0	+ 0,11	0	+ 0,12	
OKOUMÉ (9)	- 0,35	- 0,35	- 0,43	+ 0,42	LC
BÉTÉ (14)	- 0,20	- 0,30	+ 0,37	<u>- 0,59</u>	
LIMBALI (10)	0	+ 0,43	<u>+ 0,85</u>	- 0,49	
ENGO (12)	- 0,34	- 0,51	- 0,33	- 0,15	
CHÈNE (15)	0	- 0,41	<u>- 0,70</u>	+ 0,39	
HÊTRE (15)	+ 0,29	+ 0,31	- 0,35	+ 0,32	

Les coefficients soulignés sont significatifs au seuil de 5 % pour les nombres d'éprouvettes étudiées. Avec des effectifs très faibles pour la plupart, ne sont significatifs que des coefficients très élevés. Mais les autres, qui expriment néanmoins le degré de dispersion du nuage, contribuent à nous montrer la tendance générale.

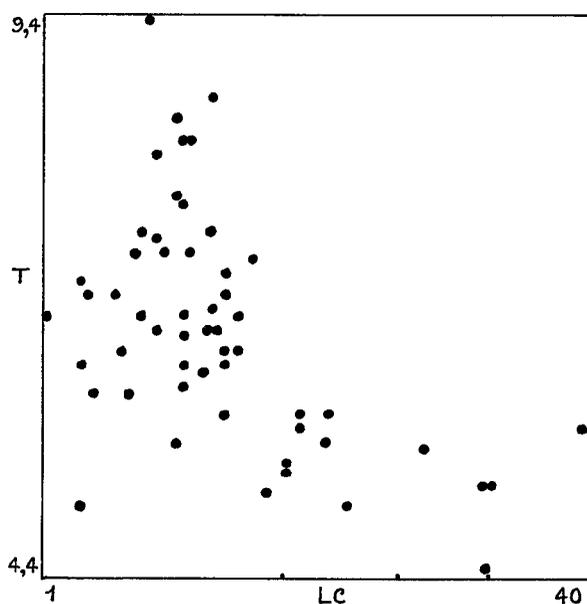
ANALYSE DES RÉSULTATS

L'impression globale qui ressort de l'ensemble des graphiques et qui se trouve résumée dans le tableau ci-dessus, est le petit nombre de liaisons vraiment nettes.

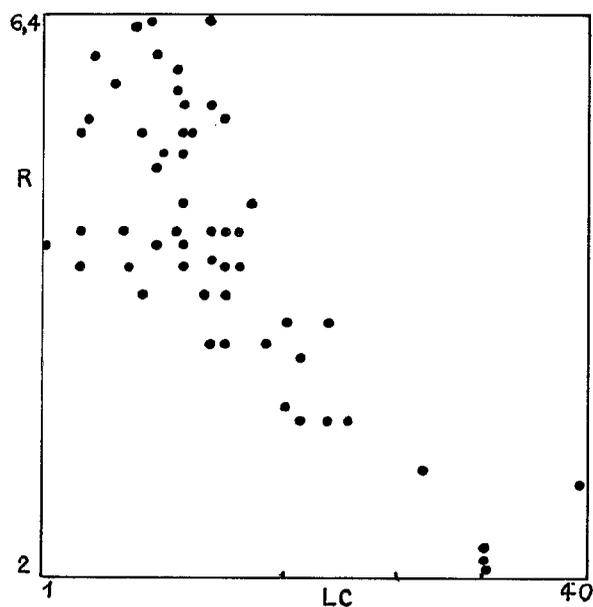
Masse volumique D₁₂ : ou bien elle est totalement indépendante de l'augmentation de la largeur des cernes pour les bois tropicaux étudiés ou bien elle décroît en



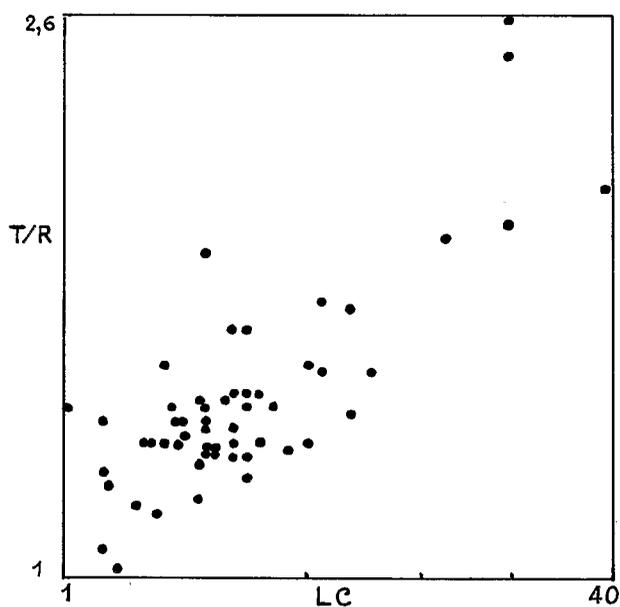
a. Limba densité.



b. Limba retrait tangentiel.



c. Limba retrait radial.

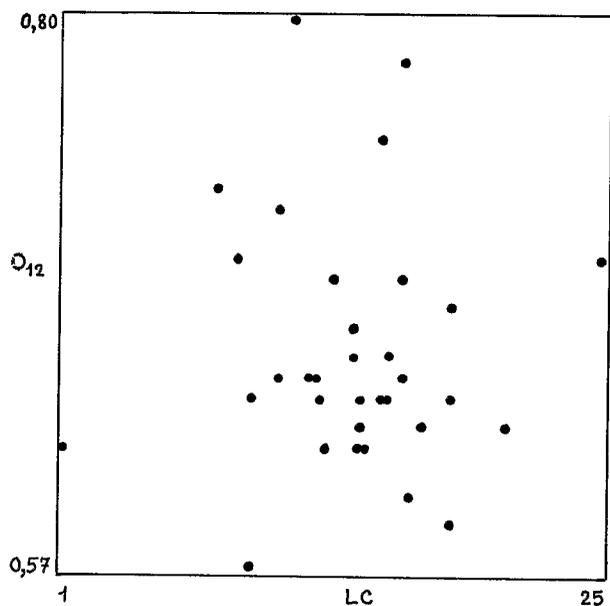


d. Limba anisotropie.

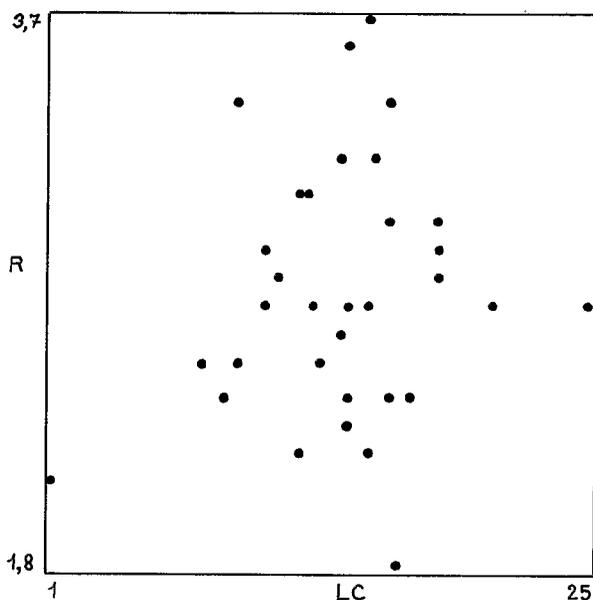
FIG. 5. — Relation des largeurs de cernes avec les propriétés physiques de différentes espèces. — LC : largeur des cernes en mm (échelle logarithmique en a à f et j) — D_{12} : masse volumique (densité) à 12 % d'humidité, en $gr./cm^3$ — T : retrait tangentiel % — R : retrait radial % — T/R : anisotropie de retrait exprimée par le rapport des valeurs T et R.

moyenne légèrement, la dépendance n'étant fortement marquée que pour le Limba. Ce résultat nous paraît particulièrement important en ce qui concerne le Teck. Le

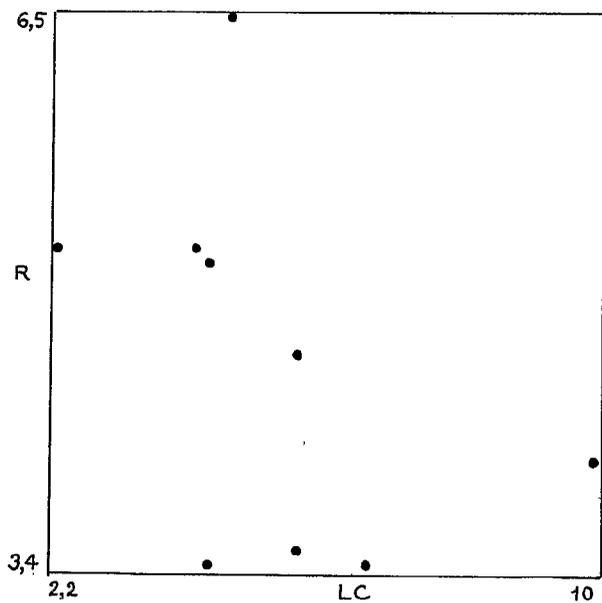
Chêne, pris en comparaison, donne aussi une corrélation nulle, ce qui est contraire aux données classiques mais sera discuté plus loin.



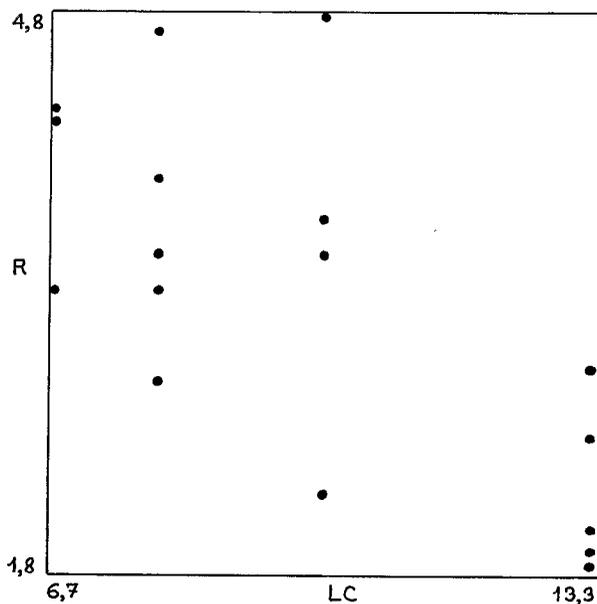
e. Teck - densité.



f. Teck - retrait radial.



g. Okoumé - retrait radial.



h. Patula - retrait radial.

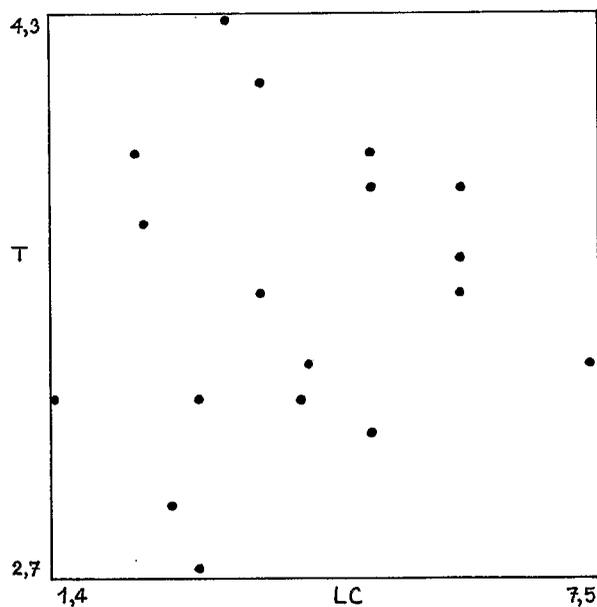
Retraits tangentiel et radial : peu marquées dans l'ensemble, les relations avec les cernes peuvent être de 3 types :

— La croissance rapide **diminue** nettement le retrait : Limba, Patula, Okoumé, Engo.

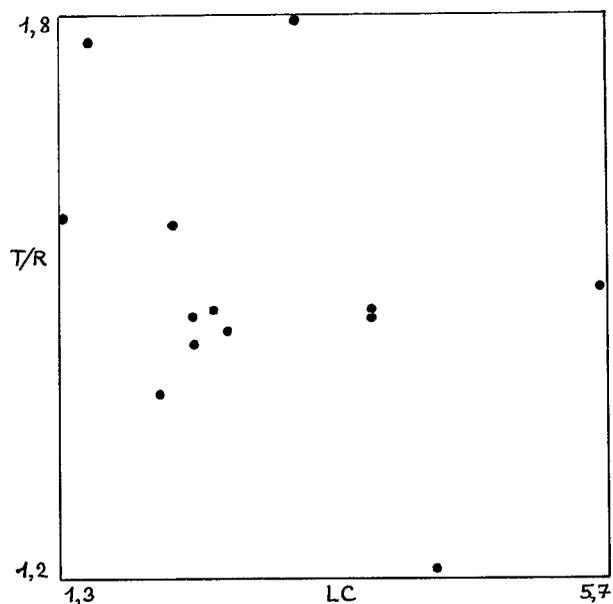
— Le retrait ne paraît **pas**, sensiblement **influencé** par la croissance : Teck, Samba, Sapelli, Acajou du Brésil.

— La vitesse de croissance **augmente** le retrait : Limbali, Bété (en sens radial).

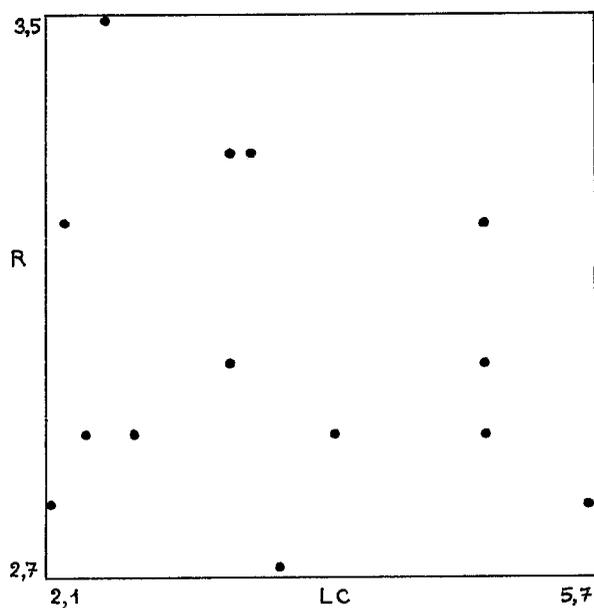
Anisotropie de retrait T/R : augmentée par l'élargissement des cernes dans le Limba, diminuée dans le Bété et le Limbali, elle semble peu modifiée dans la plupart des essences.



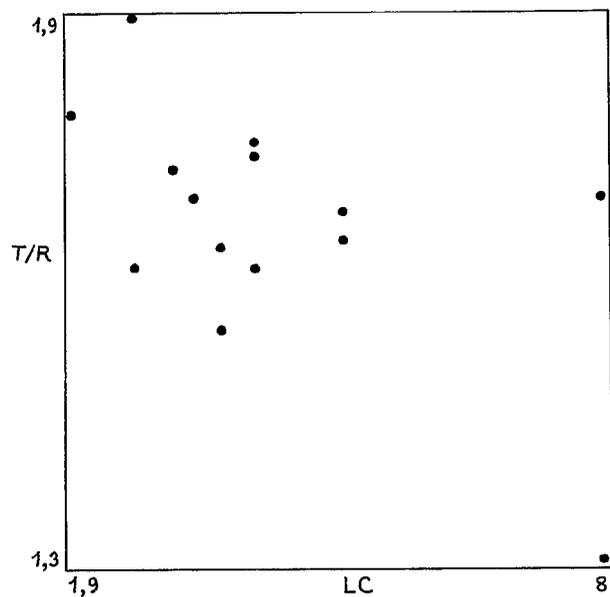
i. Acajou Brésil - retrait tangentiel.



j. Sapelli - anisotropie de retrait.



k. Samba - retrait radial.



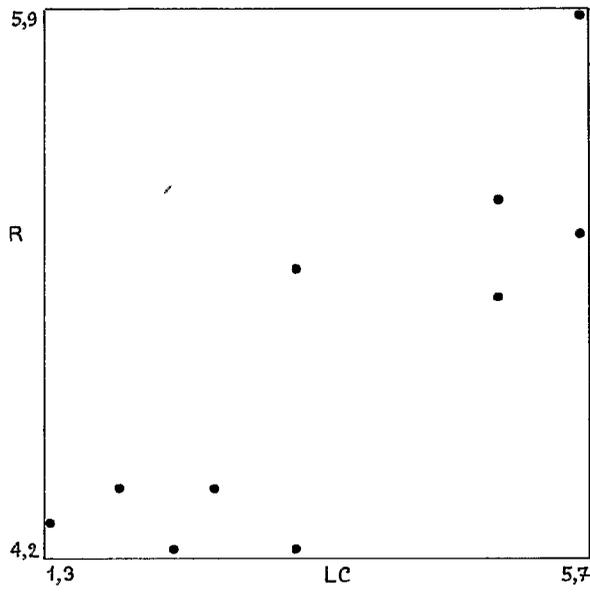
l. Bété - anisotropie de retrait.

DISCUSSION

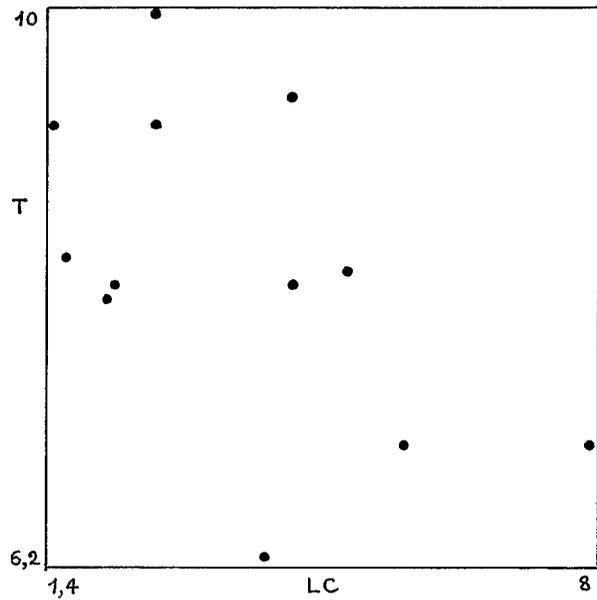
Il est communément admis et répété pour les essences de régions tempérées que l'élargissement des accroissements entraîne chez les feuillus — du moins ceux à zone poreuse — une augmentation de la densité (masse volumique) ; que par ailleurs, le retrait serait positivement lié

à la densité et augmenterait donc chez les feuillus avec la croissance plus rapide.

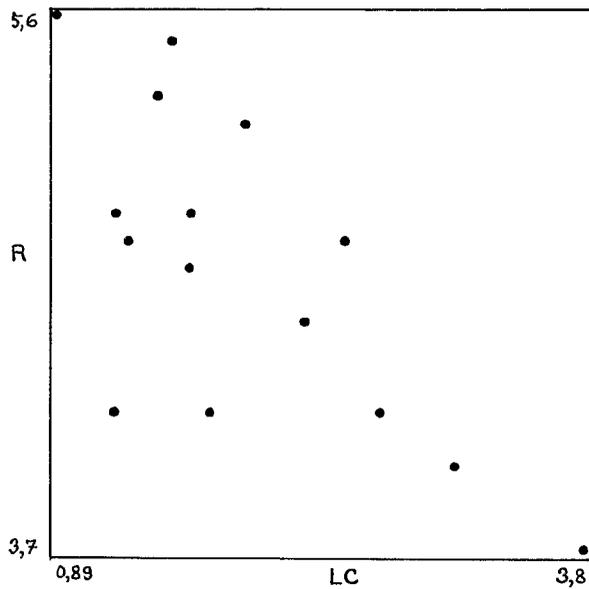
Or ici, non seulement cela n'apparaît pas comme une loi générale pour les bois tropicaux, mais la tendance serait plutôt inverse. En outre, le Chêne ne montre



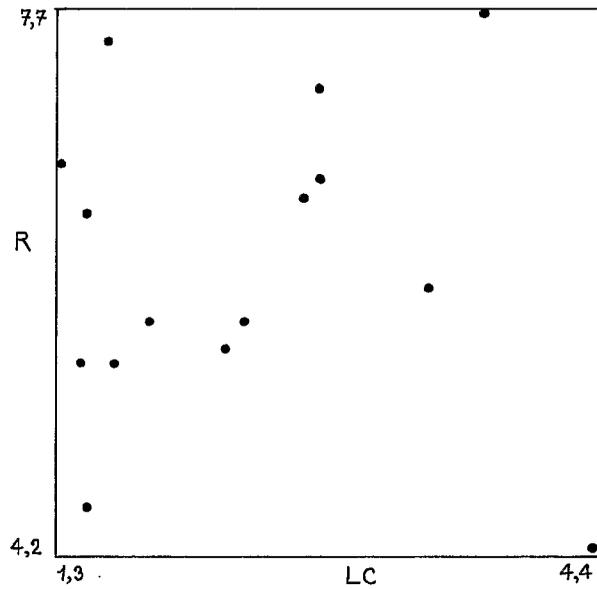
m. Limbali - retrait radial.



n. Engo - retrait tangentiel.



o. Chêne - retrait radial.



p. Hêtre - retrait radial.

aucune liaison densité/croissance et son retrait diminue significativement quand les cerne s'élargissent.

Cela nous conduit à réfléchir sur l'amplitude des variations de largeur des cerne, pour y discerner des insuffisances ou des cas particuliers. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, l'échelle graphique utilisée varie beaucoup d'une espèce à l'autre. Pour qu'on s'en

rende mieux compte, les figures 8 et 9 montrent les variations de chaque espèce sur une échelle commune pour deux des données, la largeur des cerne et le retrait tangentiel.

La figure 10 donne une idée de ce que seraient les nuages de points à cette échelle en montrant pour quelques espèces les aires de variation ainsi transformées.

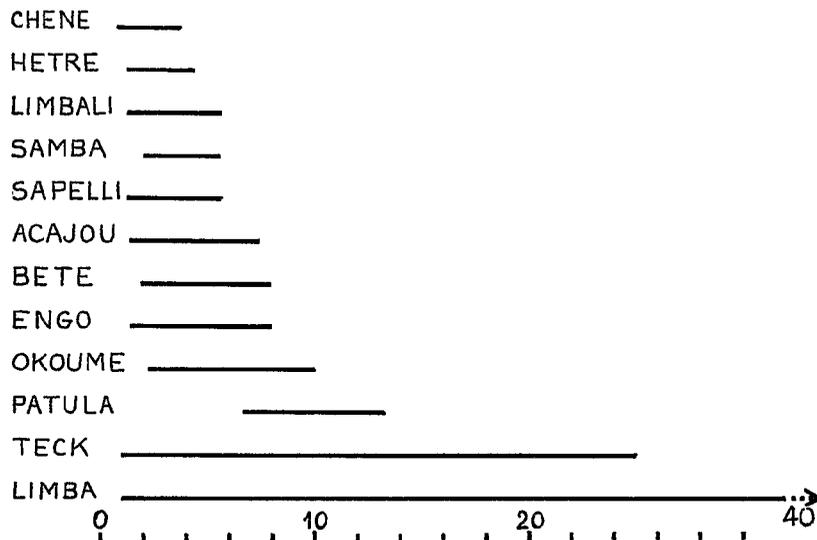


FIG. 8. — Comparaison à même échelle des plages de largeur de cernes des espèces étudiées.

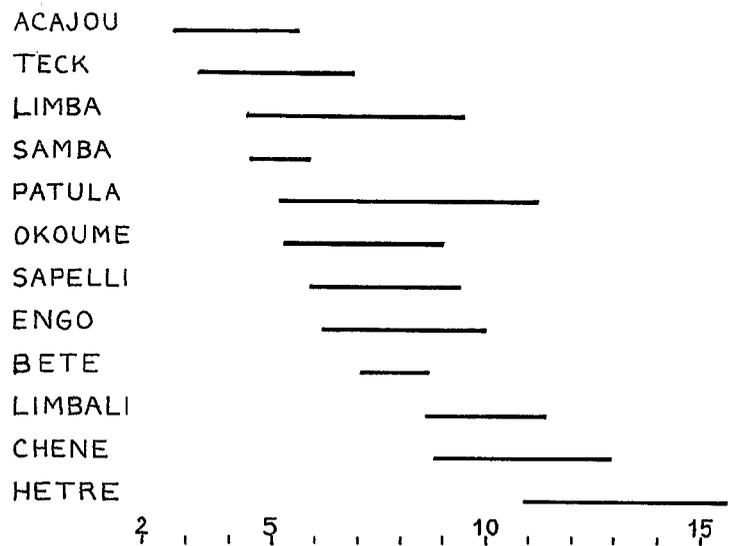


FIG. 9. — Comparaison à même échelle des plages de retrait tangentiel des espèces étudiées.

Le Samba, échantillonné uniquement sur des arbres naturels, ne montre pas les cas de très larges cernes qu'on peut y rencontrer assez couramment, et qui deviennent habituels dans les arbres de plantation. Nous trouvons par contre de tels cernes dans nos échantillons de Limba et de Teck.

Inversement nous n'avons disposé pour *Pinus patula* que de bois de plantation à croissance rapide, 6 à 13 mm (soit 1,2 à 2,6 cm sur le diamètre).

Quant aux 15 Chênes, leurs accroissements sont assez faibles, inférieurs à 4 mm, provenant tous de bonnes forêts quoique de régions françaises très diverses. Or POLGE a montré, pour des arbres à accroissements fins en forêt de Tronçais, une grande variabilité individuelle de la densité due à la proportion de zone poreuse, d'où une faible liaison des propriétés physiques avec les largeurs de cernes, contrairement aux comparaisons par parcelles entières.

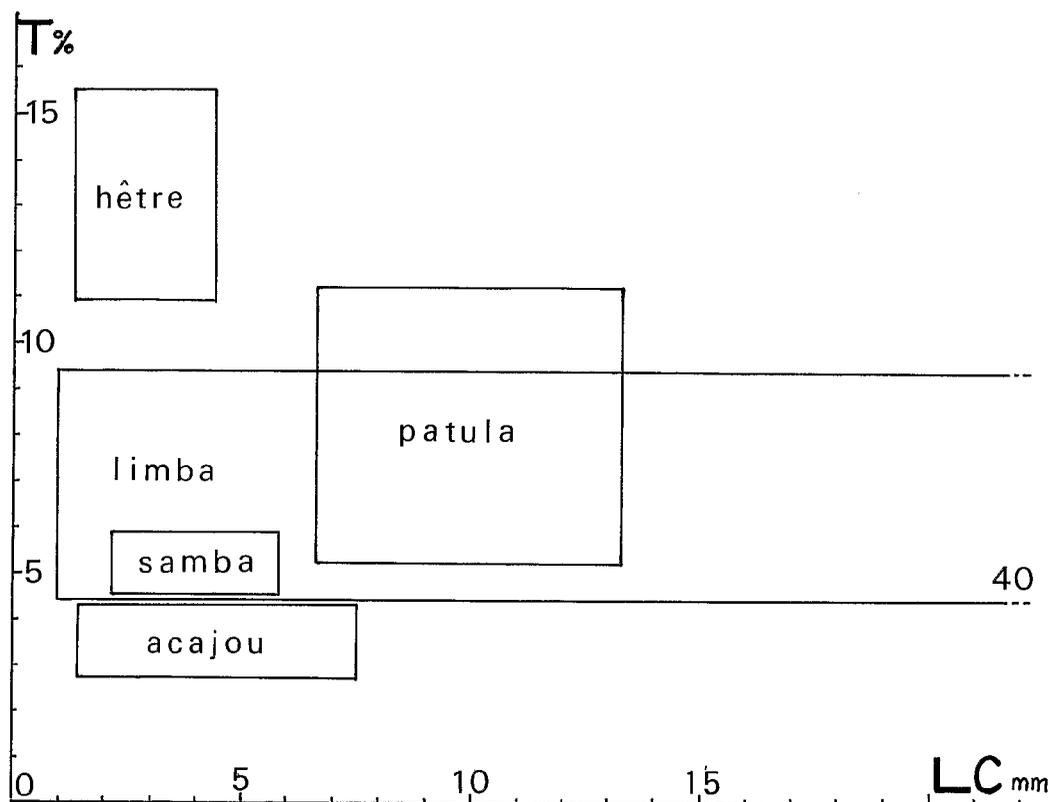


FIG. 10. — Champs de variation à même échelle du retrait et de la largeur des cernes pour quelques espèces étudiées.

CONCLUSION

L'idée qui prédomine dans la plupart des esprits est que les plantations en pays tropicaux donnent des arbres à croissance rapide — ce que l'on cherche — mais produisent des bois moins bons que la forêt naturelle.

Sous la notion de moins bon se rangent beaucoup d'appréciations technologiques diverses (nœuds, proportion d'aubier, etc.) mais sur le plan physique la crainte est de produire des bois trop légers et peut-être moins stables que les bois naturels.

Si notre étude est loin de répondre complètement à cette question, elle apporte quelques données consistantes, pour le Limba et le Teck notamment, dont l'échantillonnage a été abondant et varié.

Le *Limba* représenté par des arbres naturels pour la plupart mais ayant connu des conditions de croissance très variées, et provenant d'une grande partie de l'aire naturelle de l'essence, de la Côte-d'Ivoire au Congo, montre très clairement qu'une croissance rapide donnera des bois à plus faible retrait mais plus légers et dont l'anisotropie de retrait sera accrue (Fig. 7).

Le *Teck*, par contre, montre une indifférence remarquable de ses propriétés physiques à la croissance. Or

notre échantillonnage a porté sur de nombreux produits de plantation d'origines africaines diverses ainsi que sur quelques bois asiatiques. Nous considérons donc nos résultats comme extrêmement favorables aux plantations de Teck.

Pour les autres essences, nous avons vu qu'il n'y a pas de loi générale. Or chacune en particulier représente un échantillon pas assez étoffé et parfois pas assez étendu dans l'échelle des largeurs de cernes. Nous concluons donc que pour celles qui intéressent fortement le sylviculteur il faudra multiplier les essais sur des cas de croissance très variés et nous pensons non seulement à l'Okoumé ou au Samba de plantation, mais aussi au Sipo, au Framiré, au Cedro.

Pour finir nous devons souligner que nous laissons entièrement ouvertes les études de comparaison de provenances ainsi que celles des relations entre propriétés physiques.

Nous avons voulu rester avant tout dans notre rôle d'anatomistes attachés à l'identification des limites de vrais cernes annuels dans les bois tropicaux et ne traiter que ce qui concerne directement ces limites.

RÉFÉRENCES

- MARIAUX (A.), 1953. — Comparaison anatomique des Tecks de provenance Asie et Afrique, et relations entre les observations anatomiques et les essais technologiques. C.T.F.T. Rapport de recherche.
- MARIAUX (A.), 1967. — Les cernes dans les bois tropicaux africains, nature et périodicité. *Bois et Forêts des Tropiques*, n°s 113 et 114.
- MARIAUX (A.), 1969. — La périodicité des cernes dans le bois de Limba. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 128.
- MARIAUX (A.), 1970. — La périodicité de formation des cernes dans le bois de l'Okoumé. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 131.
- POLGE (H.), 1973. — Qualité du bois et largeur d'accroissements en forêt de Tronçais. *Revue Forestière Française* 25, 5.
- DETIENNE (P.) et MARIAUX (A.), 1974. — Nature et périodicité des cernes dans le bois de Samba. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 169.
- DETIENNE (P.), 1975. — Nature et périodicité des cernes dans le bois de Bété. C.T.F.T., rapport de recherche.
- KNIGGE (W.) et LEWARK (S.), 1976. — Die Streuung der Holzeigenschaften schnellwüchsiger Baumarten. *Forschtarchiv*, 47, 12.
- DETIENNE (P.) et MARIAUX (A.), 1977. — Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges de Méliacées. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 175.

LES CAHIERS SCIENTIFIQUES

Dans la série de compléments à la revue : « **Les Cahiers Scientifiques** » ont été publiés :

- N° 1. — « **Bioclimatologie et dynamique de l'eau dans une plantation d'Eucalyptus** », par MM. Y. BIROT et J. GALABERT.
- N° 2. — « **Analyse en composantes principales des propriétés technologiques des bois malgaches** », par MM. F. CAILLIEZ et P. GUENEAU.
- N° 3. — « **Contraintes de croissance** », par M. P. GUENEAU.
- N° 4. — « **Étude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar — Expérimentations en bassins versants élémentaires** », par MM. C. BAILLY, G. BENOIT DE COGNAC, C. MALVOS, J.-M. NINGRE et J.-M. SARRAILH.
- N° 5. — « **Expérimentations réalisées à Madagascar sur la fertilisation des boisements de pins après plantation** », par MM. C. MALVOS et C. BAILLY.
- N° 6. — « **Étude des variabilités radiale et longitudinale de la densité et de la durabilité naturelle dans un fût de Dabéma** », par G. DEON.
- N° 7. — « **Étude microbiologique et (ultra) structurale des premiers stades de colonisation des bois de Pin (aubier), d'Ilomba et de Hêtre placés à l'extérieur et hors de contact du sol** », par D. RADTKÉ. Prix 35 F. H.T.

On peut se les procurer en en faisant la demande à :

BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES : 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle
94130 NOGENT-SUR-MARNE — France.

Le prix de chaque numéro est de 35 F.