

# CROISSANCE ET QUALITÉ DU BOIS DE FRAMIRÉ

Évolution de la largeur  
de cerne et  
des composantes  
densitométriques  
en fonction de l'âge

par Gérard NEPVEU.

*Assistant de Recherches  
Station de la Qualité des Bois  
Centre National de Recherches Forestières.*



Photo Malignoux.

*Plantation de Framiré âgée de 6 ans. Oumé, Côte-d'Ivoire.*

## SUMMARY

### **VARIABILITY OF GROWTH AND QUALITY OF FRAMIRÉ WOOD (TERMINALIA IVORENSIS) ; CORRELATIONS BETWEEN CHARACTERS ; EVOLUTION OF WIDTH OF AGE-RINGS AND DENSITY COMPONENTS IN FUNCTION OF AGE**

*A hundred and fifteen Framirés (Terminalia ivorensis) in natural forests and in plantations (fourteen stations altogether) were investigated with the Pressler auger. X-rays of the samples led us, through a study of density curves, to assess the quality of the wood of this species and its growth in diameter. Reading the age-rings is particularly easy in the case of this tropical species.*

*While it acts on the width of age-rings, the geographical influence is practically non-operative on the quality of the wood. Locally, however, there is great variability between trees in a given station.*

*Inside a tree, the antinomy of quality (essentially high minimum density and low density contrast) and growth is manifest, but it seems possible to find Framirés with a high average width of age-rings without the minimum density being adversely affected.*

*Age has a considerable influence on the rate of growth and on quality (except where density contrast is concerned). Wood of a juvenile type seems to persist up to about fifteen years. But there are strong links between juvenile wood and adult wood from an early age (five years) in respect of density components other than density contrast, in respect of which the link appears only at the age of ten years. Where growth is concerned, on the other hand, no significant correlation appears.*

## RESUMEN

### **VARIABILIDAD DEL CRECIMIENTO Y DE LA CALIDAD DE LA MADERA DE FRAMIRE (TERMINALIA IVORENSIS) ; CORRELACIONES ENTRE CARACTERES ; EVOLUCIÓN DE LA ANCHURA DE ANILLO DE CRECIMIENTO Y DE LOS COMPONENTES DE LA DENSIDAD EN FUNCIÓN DE LA EDAD**

*Ciento quince Framirés (Terminalia ivorensis) en bosque natural y en plantación (en total, catorce estaciones) han sido sondeados mediante la barrena de Pressler. La radiografía de las muestras nos ha conducido, mediante el estudio de las curvas de densidad, a apreciar la calidad de la madera de esta especie, así como su crecimiento en cuanto a diámetro. Efectivamente, la lectura de los anillos de crecimiento es particularmente fácil para esta especie tropical.*

*Mientras que la misma interviene respecto a la anchura de los anillos de crecimiento, la influencia geográfica es prácticamente nula respecto a la calidad de la madera. No obstante, la variabilidad es sumamente elevada a nivel local entre los árboles de una misma estación.*

*En el interior de un árbol, la antinomia de la calidad (principalmente densidad mínima elevada y contraste de densidad reducido) y del crecimiento es evidente, pero existen Framirés con anchura de promedio de anillo de crecimiento elevada, sin que ello tenga influencia sobre la densidad mínima en un sentido desfavorable.*

*La edad influye de manera considerable respecto a la velocidad de crecimiento y la calidad (salvo por lo que se refiere al contraste de densidad). Una madera de carácter juvenil parece persistir hasta quince años, aproximadamente. No obstante, los enlaces entre madera juvenil y madera adulta son elevados a partir de los primeros años (madera de cinco años) por lo que se refiere a los componentes de la densidad, salvo por lo que se refiere al contraste de densidad, para el cual el enlace únicamente se pone de manifiesto a los diez años. Por el contrario, respecto al crecimiento, no existe correlación significativa alguna.*

## INTRODUCTION

Le Framiré (*Terminalia ivorensis*) est très largement réparti dans la forêt semi-décidue de Côte-d'Ivoire. Dans la moitié Est, il s'y cantonne alors qu'à l'Ouest, il tend à pénétrer dans la zone sempervirente à sols souvent plus pauvres, à formations végétales plus ouvertes qui conviennent à son tempérament d'espèce de pleine lumière.

Sa très belle forme, son comportement d'essence sociale, sa croissance rapide, en font un arbre de choix pour les reboisements. Malheureusement, les quelques vieux peuplements existants dépérissent vers l'âge d'une vingtaine d'années alors que leur diamètre moyen atteint 35 à 45 cm : les feuilles arrêtent de se développer, les cimes se dessèchent, l'écorce se fend et se détache de l'arbre, des gourmands apparaissent. A l'heure actuelle, après maintes hypothèses, on ignore encore pour l'essentiel les causes de cette « maladie » qui a contribué largement à la déconsidération de cette essence à tel point qu'on en est venu à en arrêter totalement les plantations vers 1954-55. Elles n'ont repris qu'à une époque relativement récente.

Sur le plan technologique, c'est un bois d'assez bonne qualité, à aubier à peine différencié de couleur jaune paille à brun clair.

Sans être une essence très utilisée, il est apprécié pour les travaux de menuiserie intérieure, la fabrication de mobilier léger et de contreplaqué. Il se tranche et se déroule très bien.

Les usages de ce bois nous ont particulièrement incité à entreprendre une étude basée sur l'analyse des courbes densitométriques telle qu'elle se pratique au CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIÈRES. Outre les largeurs des cernes, cette méthode permet en effet d'obtenir tout au long de l'accroissement annuel, la densité du bois, caractère que l'on sait lié étroitement à la qualité du matériau considéré.

A l'aide de cet outil, nous pensions également contribuer à l'étude du dépérissement menée actuellement par le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL de Côte-d'Ivoire et la Faculté d'Abidjan.

Nous avons envisagé ce travail sous plusieurs aspects :

— celui de la variabilité de la croissance et de la qualité du Framiré en fonction de sa localisation géographique et entre arbres à l'intérieur d'une « provenance ». Ceci, joint aux divers calculs de corrélations entre caractères à différents niveaux,

devait nous fournir quelques indications sur une doctrine d'amélioration de l'essence ;

— celui de l'évolution avec l'âge des caractéristiques de densité et de croissance. Dans ce cadre, les calculs des corrélations juvénile-adulte sont particulièrement importants, car ils permettent de fixer

l'âge à partir duquel des arbres peuvent être sélectionnés.

Il nous paraissait, sur un plan plus général, souhaitable d'appliquer une méthodologie éprouvée en milieu tempéré à une essence de région inter-tropicale.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Cent quinze arbres ont été sondés à l'aide d'une tarière de Pressler en septembre 1974. La carte ci-dessous donne la situation géographique des différentes stations intéressées. Nous voyons que, hormis deux positions en forêt dense sempervirente (le Banco et Yapo), la zone Ouest de la forêt semi-décidue est assez bien représentée.

En fait, nous disposons d'échantillons ventillés suivant quatorze localisations dont nous donnons le détail dans le tableau I.

Un assez grand nombre d'arbres est situé sur des plantations de café et de cacao. Ceci est assez normal étant donné que les tiges étaient repérées en bord de route, là où se concentrent les cultures. Par ailleurs, il faut souligner que les services officiels ont longtemps répandu l'idée que ces sortes de plantations devaient se faire sous un certain couvert et le Framiré fut proposé pour ce rôle. Il a été cependant impossible de savoir si les arbres sondés à ces endroits avaient été plantés ou bien protégés par l'agriculteur lors des défrichements. Au cas où ces Framiré auraient été installés de main d'homme, leur origine génétique serait cependant à rechercher à proximité immédiate de leur situation actuelle.

Les carottes de sondage ont été radiographiées par les soins de la Station de la Qualité des Bois du Centre National de Recherches Forestières en vue d'obtenir les courbes densitométriques. Contrairement à ce qui est assez fréquent pour de nombreuses espèces ligneuses provenant des régions intertropicales, les cernes de cette essence se sont avérés assez lisibles. Nous avons pu contrôler ce fait grâce aux plantations d'âge connu pour lesquelles nous avons retrouvé un nombre de cernes correspondant à peu près exactement au nombre de saisons de végétation vécues par les arbres. Ceci nous a permis, avec une bonne précision, de donner un âge aux Framiré naturels ou supposés tels, pour lesquels nous eûmes la chance de passer à

proximité du cœur lors du sondage. Nous avons dû cependant, par souci de précision, éliminer une trentaine de courbes obtenues à partir de clichés un peu flous. Par ailleurs, nous avons renoncé à étudier l'effet « année » sur la croissance ou les caractéristiques densitométriques car ce genre de travail exige impérativement une lecture au cerne près et nous ne pouvions prétendre à tout coup, atteindre un tel objectif.

Cerne par cerne, nous avons donc pu relever (1) :

- l'accroissement annuel sur le rayon,
- la densité minimale,
- la densité maximale,

(1) Les données de base relevées ne sont pas reproduites dans le présent article mais elles peuvent être fournies au lecteur sur simple demande.

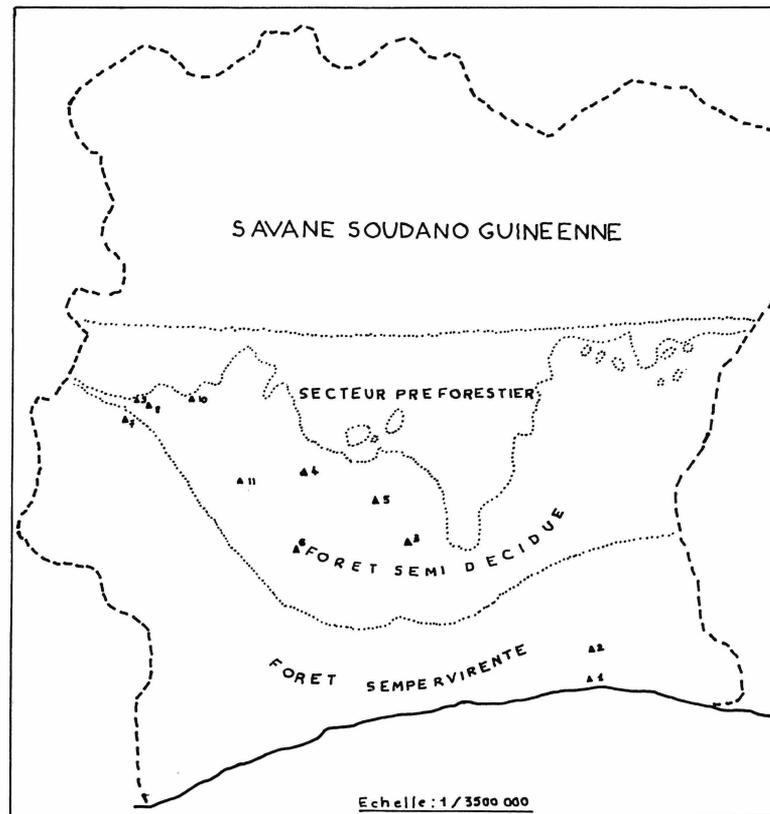


TABLEAU I

## LOCALISATION DES FRAMIRÉS SONDÉS

Origine	Nombre d'arbres sondés	Circonférence moyenne en cm prise à 1,50 m
<i>Le Banco</i> : plantation 1936 pure comportant quelques arbres dépérissants (la « maladie » fut déjà observée en 1956 sur quelques pieds).....	12 dont 2 dépérissants écartés de l'étude	159 (sans les dépérissants)
<i>Yapo</i> : arbres de forêt naturelle.....	8	196
<i>Yapo</i> : plantation M 1952 pure, semis direct sur culture, arbres sains. Peuplement très ouvert dû au dépérissement de nombreux sujets.....	8	140
<i>Yapo</i> : plantation M 1952 ; arbres dépérissants : feuilles très petites, écorce desséchée et soulevée par place, gourmands fréquents.....	8	131
<i>Oumé</i> : arbres assez isolés sur plantation de cacao et sujets pris en forêt naturelle.....	7	178
<i>Gonalé</i> : arbres assez isolés sur plantation de café-cacao.....	8	196
<i>Sinfra</i> : sur plantation de café-cacao.....	8	193
<i>Guibéroua</i> : sur plantation de café-cacao et en forêt naturelle.....	8	—
<i>Sangouiné</i> : plantation 1948 par semis direct sur cultures. Entretien nul, les tiges sont très concurrencées par un recru exubérant.....	8	149
<i>Man</i> : arbres de forêt naturelle secondaire.....	8	137
<i>Mont Tonkoui</i> : sur sol très superficiel entre 700 et 900 m d'altitude. Forêt naturelle.....	8	165
<i>Kouin</i> : plantation 1952 ; arbres sains, en mélange avec des Tecks. Peuplement très dense.....	8	119
<i>Kouin</i> : plantation 1952 ; arbres dépérissants : écorce se desséchant et se soulevant par place ; feuillage normal, quelques grosses branches mortes.....	8	114
<i>Gregbeu</i> : sur café-cacao ; peuplement très serré.....	8	212

— le pourcentage de bois de densité supérieure à 550 g/dm<sup>3</sup>,

— le contraste de densité (différence entre densités maximale et minimale de cerne).

Les densités sont données à 10 % d'humidité.

Soulignons de suite que, pour l'industriel qui tranche ou déroule, l'intérêt réside surtout dans un

matériau à densité minimale élevée et à contraste faible, qualité évitant des déchirures trop fréquentes des feuilles obtenues lors de l'usinage.

Les positifs de quatre radiographies ainsi que les courbes densitométriques correspondantes sont présentés p. 46 et 47. On peut voir que la lecture des cernes est aisée, le bois formé en fin de saison de végétation apparaissant particulièrement dense.

#### EFFET DE LA LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET DE L'ARBRE SUR LA CROISSANCE ET LA QUALITÉ DU BOIS

Nous avons retenu à l'intérieur de chaque arbre les cinq cernes les plus extérieurs par rapport au cœur, de façon que les comparaisons ne portent que sur un bois « adulte ». Dans la plupart des cas, l'année 1974 étant incomplète, il s'agissait du bois formé en 1969, 1970, 1971, 1972 et 1973.

Le modèle était hiérarchique à deux facteurs : « région » et « arbre dans région ». Le nombre d'individus par région variait de 5 à 7 (W. A. BECKER, *Manual of procedures in quantitative genetics*, Washington state University Press, Pullmann, Washington 1967, p. 15).

1) **Largeur de cerne.** Nous avons craint dès l'abord, la circonférence des arbres étant différente par « provenance », que ce facteur puisse influencer sur la largeur des derniers cerne. On sait en effet que, dans un arbre, ce paramètre décroît en général avec le diamètre. Dans ce cas particulier, la régression calculée pour les moyennes de région entre la largeur de cerne et la circonférence conduit à un coefficient de corrélation  $r$  non significativement différent de zéro, de + 0,448 (pour 13 couples). Dans le cas où nos craintes auraient été fondées, le coefficient trouvé aurait dû être significativement négatif.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Région .....	547,97	13	42,15	4,38 ***
Arbre dans région	683,4	71	9,62	7,40 ***
Erreur.....	442,69	340	1,30	
Total .....	1.674,06	424		

\*\*\* Significatif à 1 ‰.  
 \*\* Significatif à 1 ‰.  
 \* Significatif à 5 ‰.  
 NS Non significatif.

2) **Densité minimum.**

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Région .....	736.517	13	56.655	1,48 NS
Arbre dans région	2.720.594	71	38.318	13,48 ***
Erreur.....	970.379	340	2.854	
Total .....	4.427.490	424		

3) **Densité maximum.**

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés Moyens	F Calculés
Région .....	669.003	13	51.462	2,42 *
Arbre dans région	1.512.311	71	21.300	8,28 ***
Erreur.....	874.939	340	2.573	
Total .....	3.056.253	424		

4) **Pourcentage de bois de densité supérieure à 550 g/dm<sup>3</sup>.**

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés Moyens	F calculés
Région .....	44.138	13	3.395	0,96 NS
Arbre dans région	251.535	71	3.543	10,58 ***
Erreur.....	114.055	340	335	
Total .....	409.728	424		

5) **Contraste de densité.**

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés Moyens	F calculés
Région .....	453.674	13	34.898	1,63 NS
Arbre dans région	1.526.487	71	21.450	4,63 ***
Erreur.....	1.576.629	340	4.637	
Total .....	3.556.790	424		

6) **Conclusion.**

Seule la largeur de cerne est fortement influencée par la localisation géographique (il peut s'agir, soulignons-le, d'un facteur climatique, génétique ou simplement de la différence de fertilité entre stations). Les caractères de densité, donc la qualité du bois, restent particulièrement stables ; l'effet « région » n'est significatif que pour la densité maximale (à 5 % seulement).

Les tableaux II et III présentent respectivement les comparaisons de moyennes pour la croissance en circonférence et la densité maximale, effectuées à l'aide du test de Student corrigé (LEFORT, *Analyse de la variance*, Cours I. N. A. Paris-Grignon, 1971, p. 148).

Pour le premier caractère, il faut noter que les arbres de plantations forestières proprement dites sont assez mal classés. Cependant, on ne relève pas de différence entre les arbres naturels et de plantation de Yapo, de même qu'entre ceux de Kouin et de Sangouiné, d'une part, et de Man, d'autre part, qui se trouvent dans des conditions climatiques assez voisines. Rappelons que Man et Yapo sont des stations de forêt naturelle et non des plantations de café-cacao.

Sur le plan du rapport entre croissance et situation géographique, on ne peut tirer des conclusions très nettes. Il semblerait que la croissance soit meilleure dans la zone semi-décidue. Notons le bon classement des arbres provenant du Mont Tonkoui, dans des conditions que l'on pouvait juger *a priori* plus difficiles pour le Framiré.

Pour le second caractère, il est assez remarquable de voir que le classement des stations est à peu près identique à celui obtenu pour la largeur de cerne. Cependant, le seuil de signification est, rappelons-le, nettement moins bon.

Il n'y a aucune différence à Yapo et à Kouin entre les arbres dépérissants et les arbres sains et ce, pour tous les caractères. Il faut voir là certainement la conséquence de la soudaineté de la « maladie » relevée par de NEEFF et MALAGNOUX en 1972 : les arbres ayant une croissance normale, accusent en un ou deux ans, un arrêt presque total du fonctionnement de leur assise génératrice. Il se peut que n'ayant pas considéré le cerne 1974 dans notre étude, le phénomène nous ait échappé, d'autant qu'un cerne 1973 très fin aurait pu ne pas être décelé. On peut dire de toute façon que nous

TABLEAU II

COMPARAISONS DE MOYENNES POUR LA CROISSANCE EN CIRCONFÉRENCE

Le chiffre entre parenthèses indique la moyenne par « région » de la largeur de cerne exprimée en mm.  
 + : différence significative à 5 %.  
 0 : pas de différence significative.

	Gonaté	Sinfra	Mont Tonkoui	Man	Oumé	Yapo (forêt naturelle)	Sangouiné	Kouin (arbres dépérissants)	Gregbeu	Kouin (arbres sains)	Le Banco	Yapo (arbres dépérissants)	Yapo (arbres sains)
Guibérroua (13,2 mm)	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gonaté (11 mm)		0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+
Sinfra (10,1 mm)			0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+
Mont Tonkoui (8,5 mm)				0	0	0	0	0	0	0	+	+	+
Man (8,1 mm)					0	0	0	0	0	0	0	0	+
Oumé (7,8 mm)						0	0	0	0	0	0	0	+
Yapo (forêt naturelle) (7,4 mm)							0	0	0	0	0	0	0
Sangouiné (6,7 mm)								0	0	0	0	0	0
Kouin (arbres dépérissants) (5,7 mm)									0	0	0	0	0
Gregbeu (4,8 mm)										0	0	0	0
Kouin (arbres sains) (4,6 mm)											0	0	0
Le Banco (4,5 mm)												0	0
Yapo (arbres dépérissants) (4,2 mm)													0
Yapo (arbres sains) (3,7 mm)													

avons noté, de notre côté également, la brutalité du phénomène puisque les arbres dépérissants en 1974 avaient encore une croissance et une densité du bois normales au cours des 4 ou 5 années antérieures.

Il est très important de souligner que l'effet « arbre dans région » est lui, toujours très significatif, et ce, pour les cinq variables étudiées. Ce point sera développé au paragraphe suivant.

CORRÉLATIONS ENTRE CARACTÈRES

Le calcul de corrélation à deux niveaux : « région » et « arbre dans région » nous a conduit à effectuer des analyses de variance et de covariance (W. A. BECKER, 1967 *op. cit.*, p. 69). Nous avons préféré travailler sur un modèle équilibré afin d'estimer plus fidèlement les composantes des variances. Ceci nous a fait retenir par « provenance » un nombre de cinq arbres. Nous avons également éliminé les deux groupes d'arbres dépérissants de Yapo et

de Kouin (il en sera également ainsi dans la suite de l'étude).

Les analyses de variance conduisent aux mêmes résultats qu'à ceux du paragraphe précédent. Toutefois, l'effet « région » n'est plus significatif sur la densité maximale ( $F$  calculé de 1,34 contre  $F$  tabulé à 5% de 2); seule la largeur de cerne reste donc sujette à des variations d'ordre géographique.

Le tableau IV donne les principaux résultats de

TABLEAU III

COMPARAISONS DE MOYENNES POUR LA DENSITÉ MAXIMUM DE CERNE

Le chiffre entre parenthèses indique la moyenne par « région » de la densité maximum exprimée en g/dm<sup>3</sup>.  
 + : différence significative à 5 %.  
 o : pas de différence significative.

	Guibéroua	Sinfra	Gonaté	Mont Tonkoui	Man	Le Banco	Oumé	Yapo (Forêt naturelle)	Sangouiné	Gregbeu	Kouin (arbres sains)	Yapo (arbres dépérissants)	Yapo (arbres sains)
Guibéroua (861 g/dm <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+
Sinfra (860 g/dm <sup>3</sup> )		0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+
Gonaté (844 g/dm <sup>3</sup> )			0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
Mont Tonkoui (842 g/dm <sup>3</sup> )				0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
Man (810 g/dm <sup>3</sup> )					0	0	0	0	0	0	0	+	+
Le Banco (798 g/dm <sup>3</sup> )						0	0	0	0	0	0	0	0
Oumé (798 g/dm <sup>3</sup> )							0	0	0	0	0	0	0
Yapo (Forêt naturelle) (795 g/dm <sup>3</sup> )								0	0	0	0	0	0
Sangouiné (793 g/dm <sup>3</sup> )									0	0	0	0	0
Gregbeu (789 g/dm <sup>3</sup> )										0	0	0	0
Kouin (arbres sains) (769 g/dm <sup>3</sup> )											0	0	0
Yapo (arbres dépérissants) (758 g/dm <sup>3</sup> )												0	0
Yapo (arbres sains) (740 g/dm <sup>3</sup> )													0
Kouin (arbres dépérissants) (736 g/dm <sup>3</sup> )													0

TABLEAU IV.

DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE POUR LES CINQ CARACTÈRES ÉTUDIÉS

Caractères	Moyenne	F calculé pour les effets :		% de la variance totale expliquée :			Coefficient de variation
		Région	Arbre dans la région	Région	Entre arbres dans la région	Entre cernes dans l'arbre	
Largeur de cerne.....	7,7 mm	4,65***	7,65***	32 %	39 %	29 %	70 %
Densité minimum.....	489 g/dm <sup>3</sup>	0,81 NS	15,13***	0 %	74 %	26 %	20 %
Densité maximum.....	810 g/dm <sup>3</sup>	1,34 NS	7,94***	4 %	56 %	40 %	10 %
% de bois de densité > 550 g/dm <sup>3</sup> .....	73 %	0,51 NS	13,96***	0 %	72 %	28 %	43 %
Contraste de densité.....	321 g/dm <sup>3</sup>	1,96 NS	4,62***	9 %	38 %	53 %	29 %



donné) mais sans doute aussi par leur composition génétique. Nous serions plus tenté d'admettre que la variabilité intra-station a des causes génétiques au moins pour les composantes de la densité et que sur le plan général de l'ensemble de la zone étudiée, la population est assez homogène. Ces hypothèses reposent à la fois sur la considération de nos résultats et aussi sur le fait, qu'en général, les caractéristiques densitométriques sont étroitement gouvernées par les gènes alors que la largeur des cernes est plutôt sensible au milieu : nous expliquerions ainsi la variabilité « arbre » forte pour la qualité du bois et l'effet « région » sur la largeur de cerne.

— Sur le plan pratique, il semblerait donc plus avantageux de sélectionner pour la qualité du bois à l'intérieur d'une « provenance » et de choisir entre

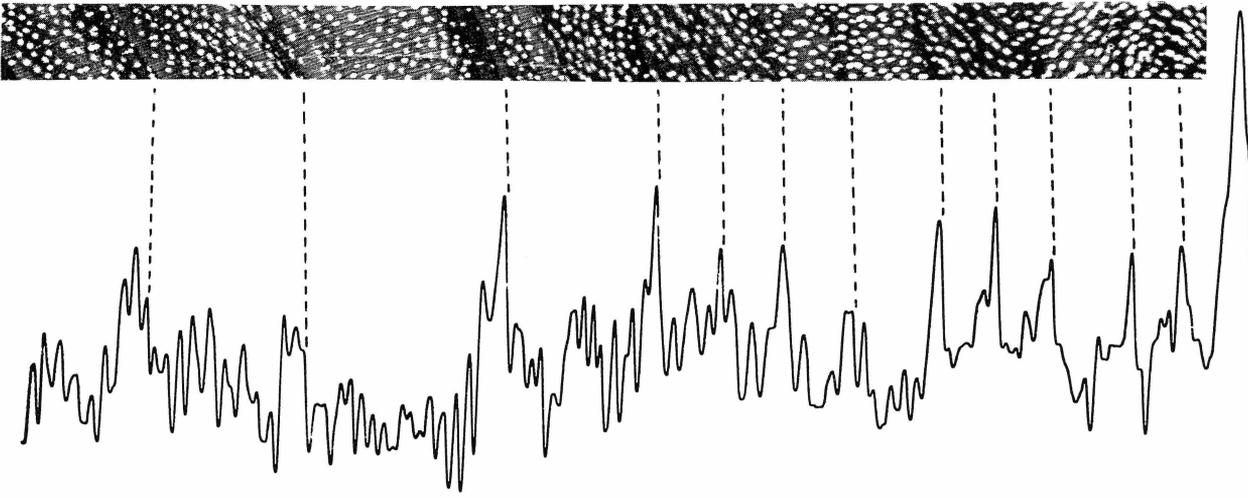
les régions, le lieu de plantation le plus favorable du point de vue de la croissance en circonférence.

Bien entendu, tout ceci reste à l'état d'hypothèses et exigerait, dans le cas où la culture en grand du Framiré serait envisagée, de recourir à des tests de comparaison de « provenances » et des calculs d'héritabilité.

Le tableau V donne les différentes corrélations calculées.

Il y a lieu de ne s'intéresser qu'aux corrélations « intra-arbre »  $rW$  et « entre arbre dans la région »  $rA$ . La corrélation « région »  $rR$  n'a pas de sens puisque l'effet de ce paramètre n'est significatif que sur la croissance (dans le cas où le test pour l'effet région nous donnait un  $F$  inférieur à 1, nous avons considéré la variance « région » comme nulle).

84 gr



73 ba

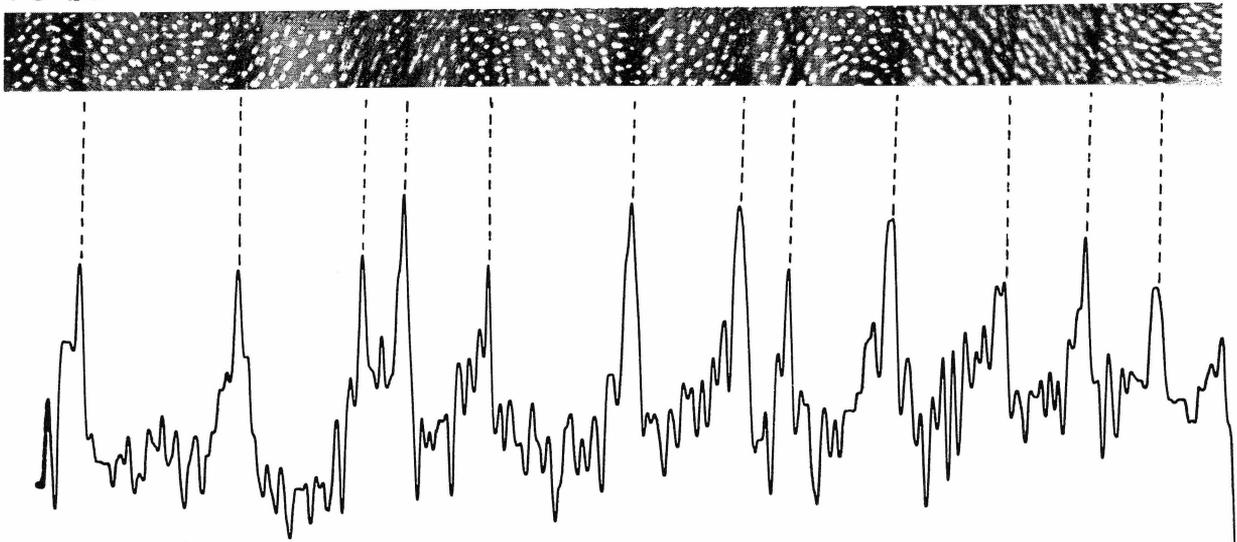


TABLEAU V  
CORRÉLATIONS ENTRE CARACTÈRES

	Densité maximum	Densité minimum	% de bois de densité > 550 g/dm <sup>3</sup>	Contraste de densité
Largeur de cerne	$r_W = 0,041$ NS $r_A = 0,090$ NS  (( $r_R = 1,695$ )) ( $r_T = 0,270$ ***)	$r_W = -0,419$ *** $r_A = -0,072$ NS  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = -0,093$ NS)	$r_W = -0,339$ *** $r_A = -0,311$ *  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = -0,183$ ***)	$r_W = 0,354$ *** $r_A = 0,770$ ***  (( $r_R = 0,017$ )) ( $r_T = 0,438$ ***)
	Densité maximum	$r_W = 0,119$ NS $r_A = 0,561$ ***  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = 0,471$ ***)	$r_W = 0,218$ *** $r_A = 0,773$ ***  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = 0,508$ ***)	$r_W = 0,656$ *** $r_A = -0,079$ NS  (( $r_R = 1,450$ )) ( $r_T = 0,357$ ***)
		Densité minimum	$r_W = 0,657$ *** $r_A = 0,905$ ***  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = 0,783$ ***)	$r_W = -0,663$ *** $r_A = -0,716$ ***  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = -0,636$ ***)
			% de bois de densité > 550 g/dm <sup>3</sup>	$r_W = -0,323$ *** $r_A = -0,546$ ***  (( $r_R$ non défini)) ( $r_T = -0,402$ ***)

Par conséquent, la corrélation totale  $rT$  sera à considérer avec circonspection.

Le seuil de signification des coefficients de corrélation a été obtenu pour le nombre de degrés de liberté du produit moyen calculé dans l'analyse de la covariance. A 1 ‰, il est égal à :

0,415 pour la corrélation interarbre  $rA$  (48 degrés de liberté),

0,210 9 pour la corrélation interarbre  $rW$  (240 degrés de liberté).

La non-signification a été admise pour un  $r$  inférieur en valeur absolue au seuil à 5 %.

Pour rester dans le cadre des trois caractères importants sur le plan économique, on peut remarquer que la densité minimum et le contraste sont corrélés avec la croissance à l'intérieur de l'arbre ; ainsi, aux années conduisant à des cernes larges correspond une densité minimale faible et un contraste élevé (notons que la densité maximum, elle, ne réagit pas). Il y a là antinomie complète entre qualité et croissance ; le sélectionneur est parfaitement impuissant devant un tel phénomène. Par contre, au niveau interarbre, l'action est possible :

nous constatons alors, qu'en faisant augmenter la croissance (c'est-à-dire en choisissant des arbres à cernes larges), la densité minimale ne varie pas alors que le contraste augmente. Là encore, nous sommes confrontés à une opposition contraste-croissance.

La densité minimale est corrélée négativement avec le contraste aux deux niveaux inter et intra. C'est là certainement une conséquence de la façon dont on calcule le second caractère. Notons cependant qu'en choisissant les arbres à contraste fort, nous n'obtenons pas *ipso facto* des densités maximales élevées ( $rA = 0,079$  NS).

Ce phénomène de différence entre les deux coefficients de corrélation se reproduit également pour les couples densité minimale  $\times$  densité maximale et densité minimale  $\times$  largeur de cerne. Il y a fort à penser que ces deux types de liaison (intra et inter), du moins pour les caractères considérés, sont dus à des causes très différentes. On peut penser à un facteur milieu (effet climatique de l'année) pour la première et génétique pour la seconde. Ceci demanderait bien sûr pour conclure une expérimentation beaucoup plus conséquente.

## EFFETS DE L'AGE SUR LES DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES

Cette étude nécessitait la lecture cerne par cerne des carottes sur un nombre d'années assez grand. Il fallait également être assez sûr de l'âge des Framiré situés ailleurs qu'en plantation forestière et pour cela, disposer d'échantillons passant au voisinage immédiat de la moelle. Les graphiques I à X présentent les moyennes par station et par âge de la croissance sur le rayon et des composantes densitométriques ; le nombre d'arbres intéressés varie de un à six. Aux âges extrêmes, notons que les moyennes sont obtenues avec souvent moins d'individus.

Le graphique XI donne les circonférences en fonction des âges atteints par les différentes tiges concernées ; pour ce caractère, nous retrouvons à peu près les conclusions formulées plus haut :

— pas de différence entre les arbres dépérissants et sains des plantations de Yapo et de Kouin, signe assez évident de la soudaineté de la « maladie » ;

— retard des plantations forestières sur les arbres naturels ou sur culture. Cependant, ceci ne doit pas cacher le fait que les plantations de Yapo et du Banco sont assez marginales par rapport à l'aire du Framiré. C'est un autre élément qui peut expliquer la faiblesse relative de la croissance.

Les graphiques I à X semblaient montrer une forte influence de l'âge sur tous les caractères, sauf le contraste de densité. Nous avons procédé à une analyse de variance à ce sujet ; elle confirme nettement ces impressions.

Le modèle est croisé, sans répétition. Aucune donnée ne manque. Il nous permet de séparer les effets « arbre » et « âge ». Le nombre d'individus est faible car la lecture sur 18 années (de 5 à 22 ans inclus) n'était possible que sur peu d'individus. Pour cette raison, l'effet « région » n'a pu être séparé. D'ailleurs, nous avons déjà noté sa faible influence sur la qualité du bois.

Le graphique XII donne, pour les douze Framiré, l'évolution des moyennes des quatre caractéristiques pour lesquelles l'effet de l'âge est significatif. Les traits verticaux représentent les différences entre moyennes calculées par le test de Student corrigé.

Nous notons une chute de la largeur de cerne avec l'âge ; c'est là un phénomène courant pour toutes les essences. Nous ne nous y attarderons pas.

En ce qui concerne la densité minimale, la densité maximale et le pourcentage de bois de densité supérieure à 550/dm<sup>3</sup>, nous pouvons observer un parallélisme remarquable. Pour ces trois paramètres, une forte augmentation se poursuit jusqu'à quinze ans, âge à partir duquel les trois caractéristiques semblent assez stables. Ceci semblerait indiquer, pour cette essence intertropicale, la pré-

### LARGEUR DE CERNES.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Arbre .....	95,47	11	8,68	2,98 **
Age .....	406,98	17	23,93	8,22 ***
Erreur.....	544,91	187		
Total .....	1.047,27	215		

### DENSITÉ MINIMUM.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Arbre .....	77,03	11	7	20,59 ***
Age .....	128,84	17	7,58	22,29 ***
Erreur.....	63,16	187	0,34	
Total .....	269,03	215		

### DENSITÉ MAXIMUM.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Arbre .....	79,03	11	7,19	23,65 ***
Age .....	69,84	17	4,11	13,52 ***
Erreur.....	56,82	187	0,30	
Total .....	205,69	215		

### POURCENTAGE DE BOIS DE DENSITÉ SUPÉRIEURE A 550 g/dm<sup>3</sup>.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Arbre .....	8,40	11	0,76	25,33 ***
Age .....	13,42	17	0,79	26,33 ***
Erreur.....	6,09	187	0,03	
Total .....	27,91	215		

### CONTRASTE DE DENSITÉ.

Sources de variation	SCE	ddl	Carrés moyens	F calculés
Arbre .....	33,62	11	3,06	5,37 ***
Age .....	14,29	17	0,84	1,47 NS
Erreur.....	106,15	187	0,57	
Total .....	154,06	215		

sence d'un bois à caractère juvénile, différent du bois adulte, tel qu'il en a été signalé en région tempérée

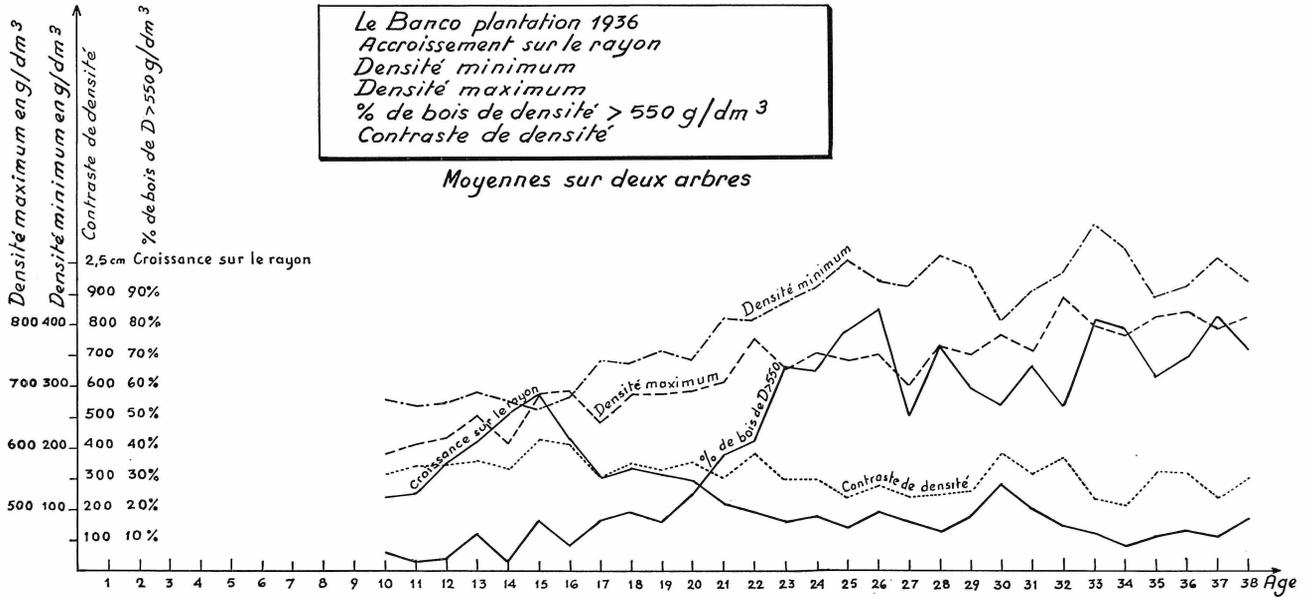
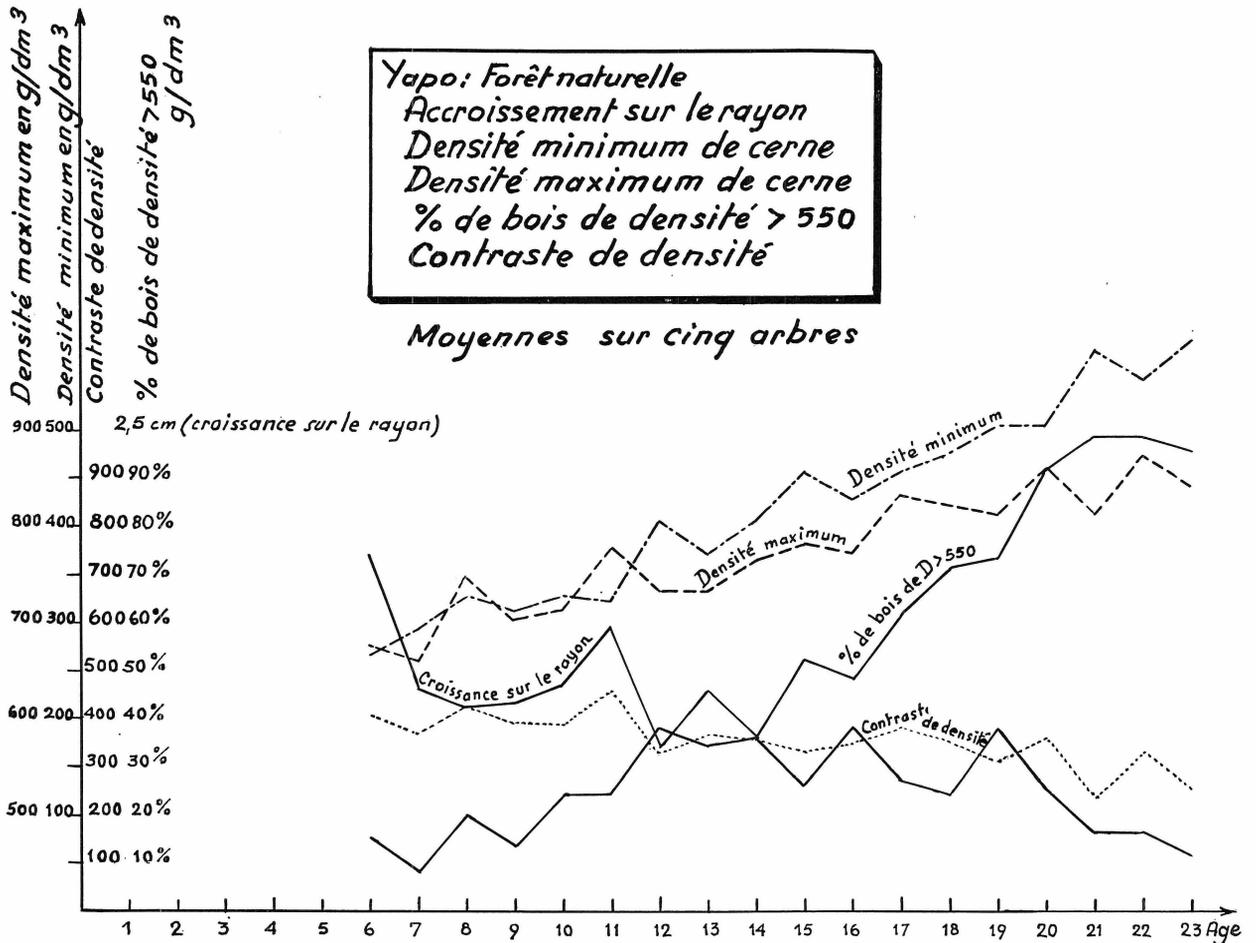


FIG. 1

FIG. 2



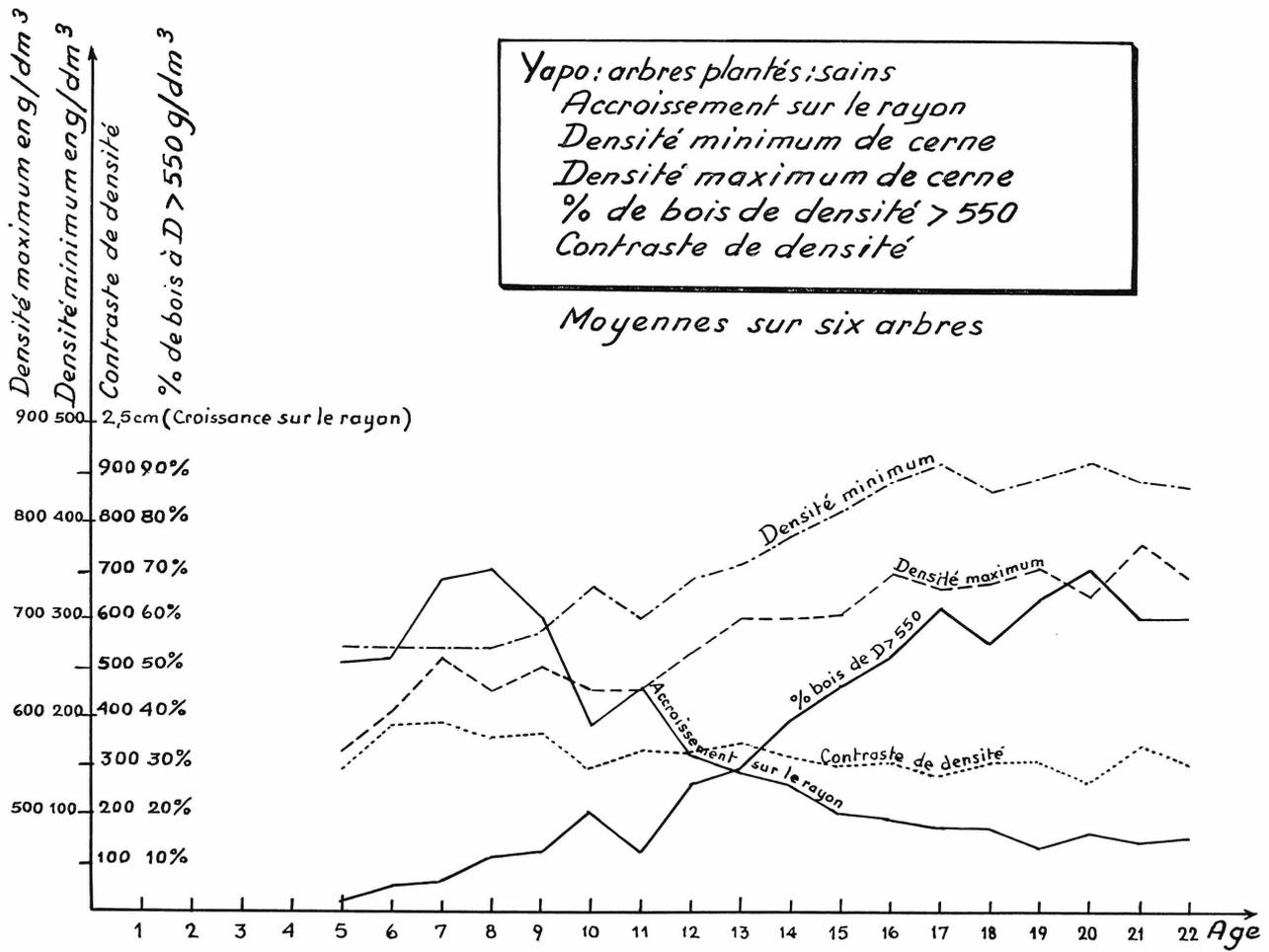
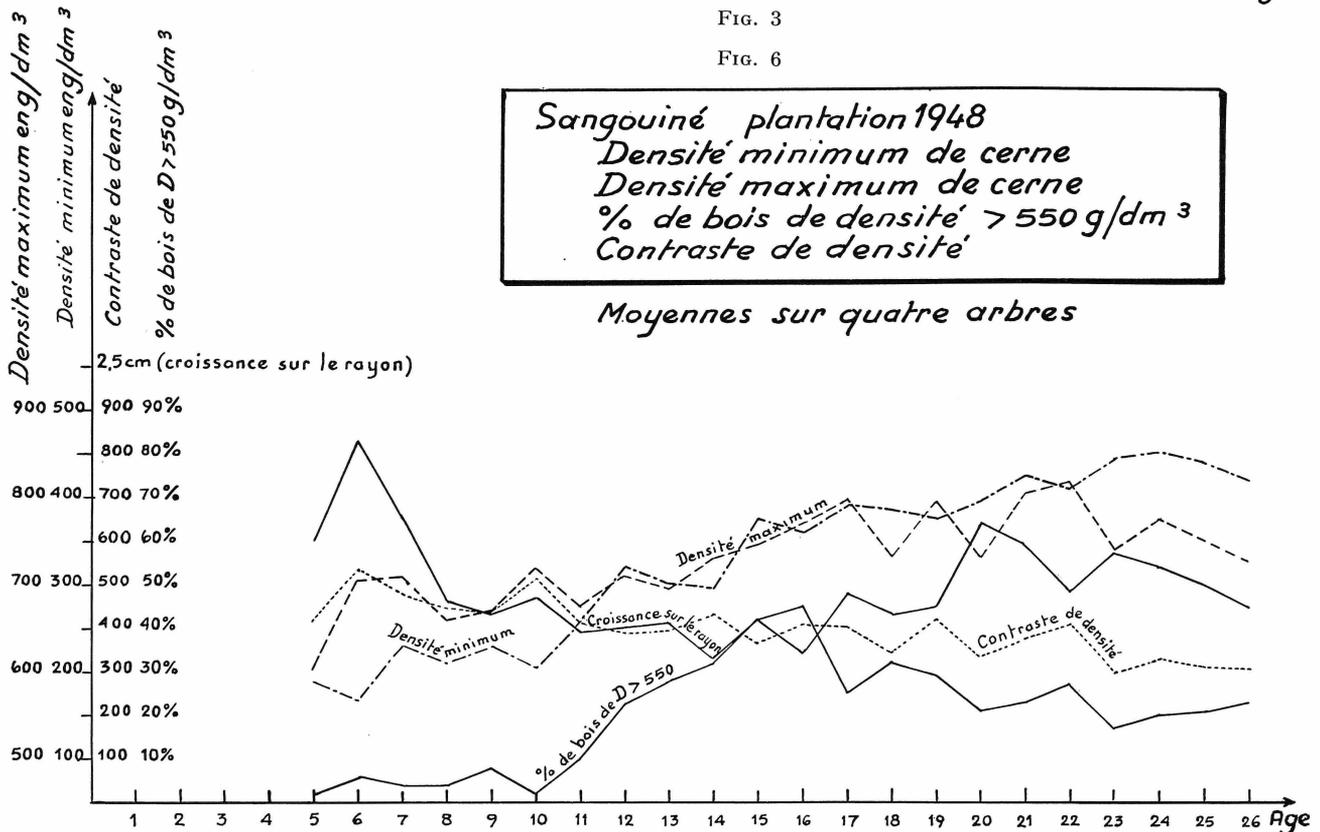


FIG. 3

FIG. 6



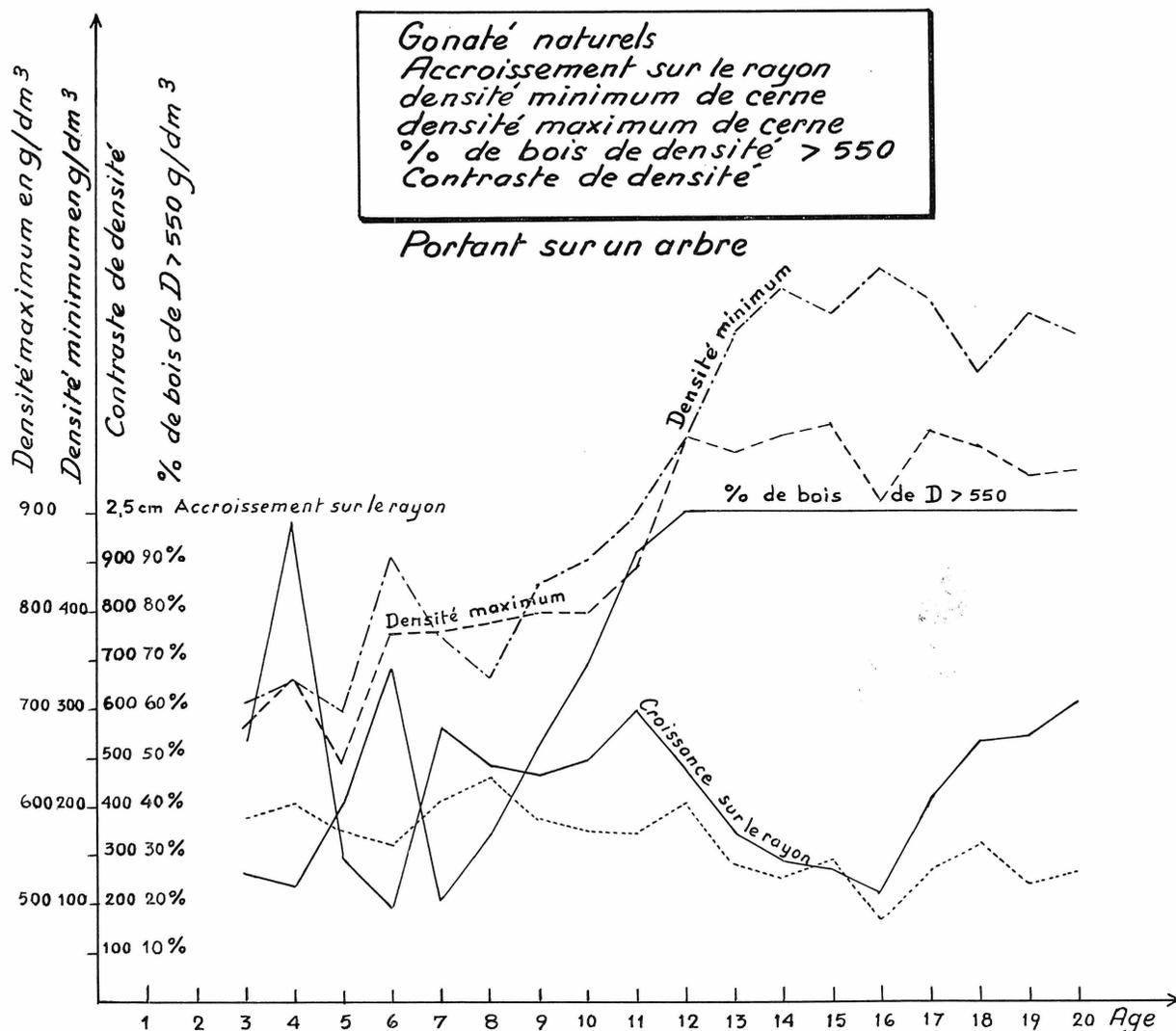


FIG. 4

sur Conifères (POLGE 1964), sur Peuplier (JANIN : communication personnelle) et également sur des Pins tropicaux (JENNINGS, 1957 ; ENTRIGAN, 1957 ; ZOBEL et Mac ELWEE, 1958 ; ZOBEL, 1959 ; DADSWELL et WARDROP, 1960).

Il faut souligner l'importance en volume de ce bois juvénile qui couvre environ les 15 cerne les plus larges d'une essence pour laquelle des révolu-

tions d'une trentaine d'années étaient envisagées en plantations. Soulignons toutefois que, du point de vue des caractères importants sur le plan technologique, densité minimum et contraste, seul le premier est affecté. Il serait intéressant à ce propos, de vérifier auprès des utilisateurs si les déchirures des feuilles de placage se produisent moins fréquemment au voisinage de l'écorce.

#### ÉTUDE DES CORRÉLATIONS JUVÉNILE-ADULTE

La mise en évidence d'un bois à caractère juvénile nous a incité à calculer les corrélations entre bois « jeune » et bois « adulte » pour les cinq caractères étudiés. En effet, si nous nous plaçons dans l'optique d'une organisation scientifique de la

sélection du Framiré (choix de phénotypes supérieurs, tests de descendances), il va sans dire qu'un temps appréciable sera gagné si la sélection peut s'opérer sur des arbres d'âge faible pour lesquels la proportion de bois juvénile sera très grande. Ceci

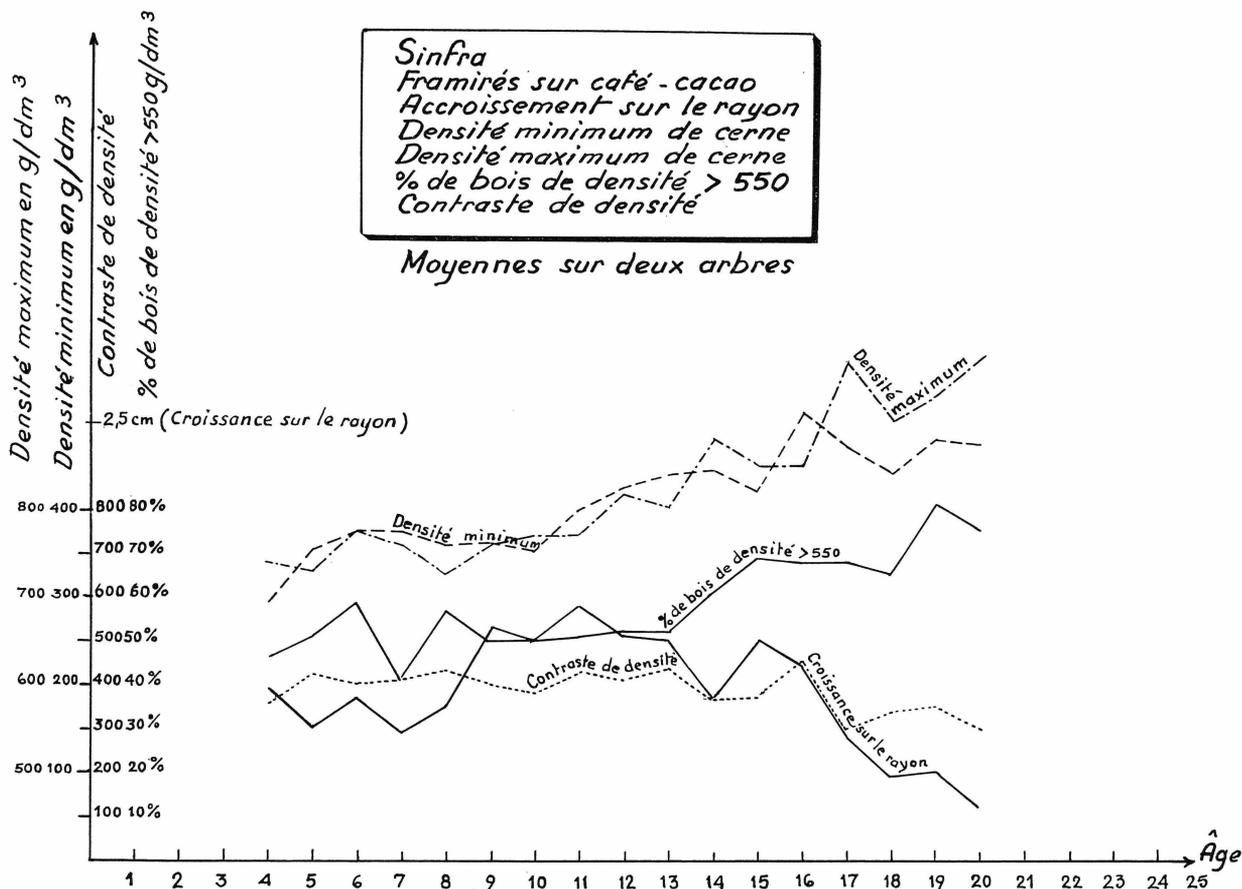


FIG. 5

nécessite bien entendu que les corrélations entre caractères aux états juvénile et adulte soient significatives (2).

Vingt sept arbres ont été retenus pour les calculs présentés par la suite. C'est un nombre assez faible qui ne nous a pas permis de faire la part, là aussi, de l'effet région. Dans un premier temps, le bois du vingtième cerne a été considéré comme adulte et les corrélations calculées avec les cernes des années 5 à 15 ; cependant plusieurs échantillons provenant de plantations équiennes (3 de Sanguiné, 6 de Yapo, 2 du Banco et 4 de Kouin), un effet dû à l'année pouvait fausser les résultats. Nous avons donc repris les calculs avec des moyennes sur 3 cernes pour les différentes caractéristiques.

Le tableau VI présente les corrélations obtenues par les deux méthodes. De façon générale, nous pouvons dire que les caractéristiques densitométriques pour lesquelles la présence de bois juvénile se manifeste (densité minimale, densité maximale,

pourcentage de bois de densité supérieure à 550 g/dm<sup>3</sup>) présentent une très bonne corrélation jeune-adulte. Ceci est particulièrement net en considérant les moyennes sur trois cernes. En opérant année par année, tous les coefficients calculés restent très significatifs, pour la densité minimale. Pour les deux autres caractères, un effet systématique de certaines années pour les arbres de plantation semble se manifester ; ceci pourrait expliquer les valeurs faibles observées pour les corrélations.

Pour le contraste de densité qui, rappelons-le, n'est pas influencé par l'âge, aucune liaison n'apparaît avant une dizaine d'années.

La largeur de cerne quant à elle, ne semble pas présenter de liaison entre les états jeune et adulte. Il s'agit d'ailleurs d'un résultat assez classique. C'est dire qu'un arbre à croissance initiale rapide peut ensuite avoir des cernes plus étroits que la moyenne ; il n'en irait sans doute pas de même pour des peuplements soumis à une sylviculture raisonnée dans lesquels on favorise presque toujours les arbres de bonne venue.

Observons encore qu'on ne peut parler réellement d'effet juvénile pour l'accroissement sur le rayon puisque celui-ci chute en général tout au long de la vie de l'arbre.

(2) Naturellement, les valeurs calculées ne sont que des corrélations phénotypiques à l'intérieur desquelles il y aurait lieu de distinguer, avant d'engager un programme d'amélioration, les composantes génétiques et celles qui sont dues au milieu.

TABLEAU VI  
CORRÉLATIONS ENTRE BOIS JUVÉNILÉ ET BOIS ADULTE

Méthodes de calcul Caractères	Corrélations entre le 20 <sup>e</sup> cerne et les cernes :											18 <sup>e</sup> + 19 <sup>e</sup> + 20 <sup>e</sup> cerne avec les moyennes :			
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	5 + 6 + 7	8 + 9 + 10	11 + 12 + 13	14 + 15 + 16
Largeur de cerne .....	-0,168 NS	—	-0,145 NS	—	—	0,095 NS	—	—	—	—	0,145 NS	-0,171 NS	-0,061 NS	0,192 NS	0,420 *
Densité minimum .....	0,533 *	—	0,661 **	—	—	0,556 **	—	—	—	—	0,473 *	0,681 **	0,697 **	0,821 **	0,866 **
Densité maximum .....	0,406 NS	0,543 *	0,346 NS	0,541 *	0,519 **	0,516 **	0,508 **	0,595 **	0,626 **	0,611 **	0,615 **	0,562 *	0,755 **	0,780 **	0,829 **
Pourcentage de bois de densité > 550 g/dm <sup>3</sup> .....	0,499 NS	0,510 *	0,353 NS	0,572 **	0,340 NS	0,535 **	0,540 **	0,573 **	0,360 NS	0,443 *	0,432 *	0,584 **	0,611 **	0,694 **	0,773 **
Contraste de densité .....	-0,242 NS	—	0,014 NS	—	—	0,022 NS	—	—	—	—	-0,181 NS	0,264 NS	0,204 NS	0,519 **	0,466 *

Les seuils de signification diffèrent car les calculs étaient parfois exécutés avec un nombre d'arbres inférieur à 27.  
Les niveaux de signification 5 % et 1 % ont été seuls considérés.

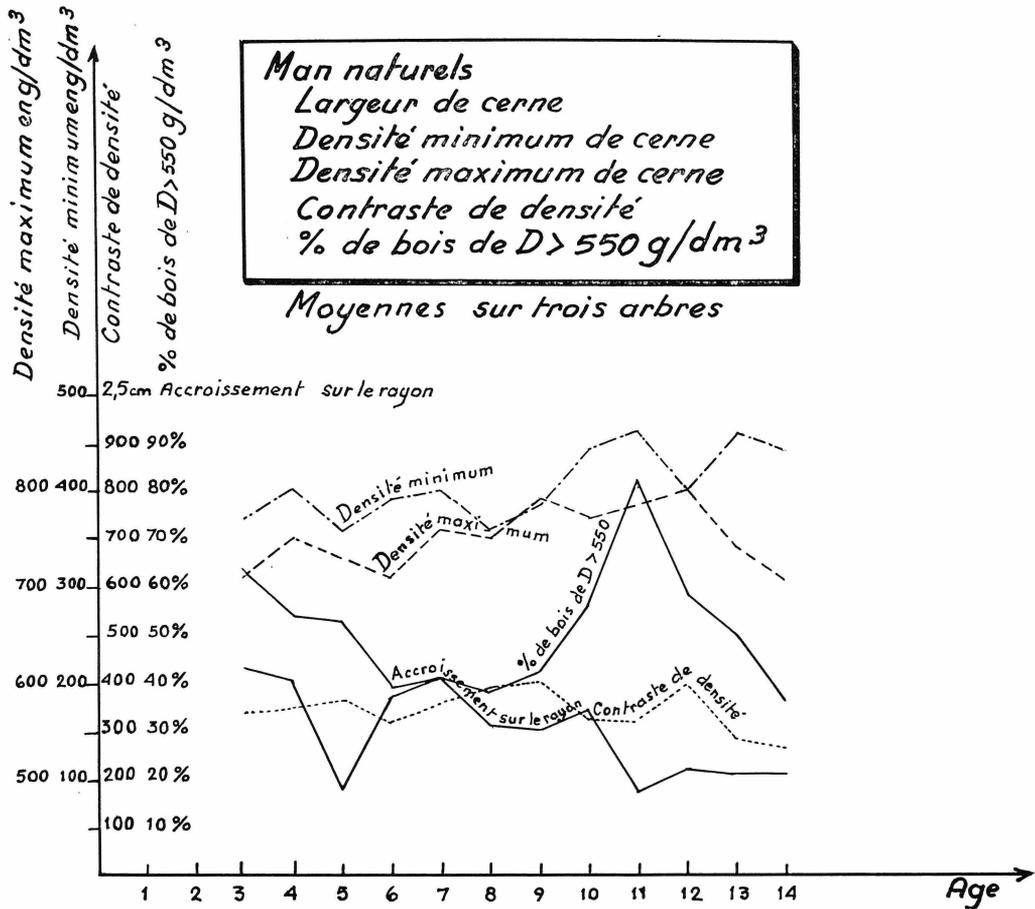


FIG. 7

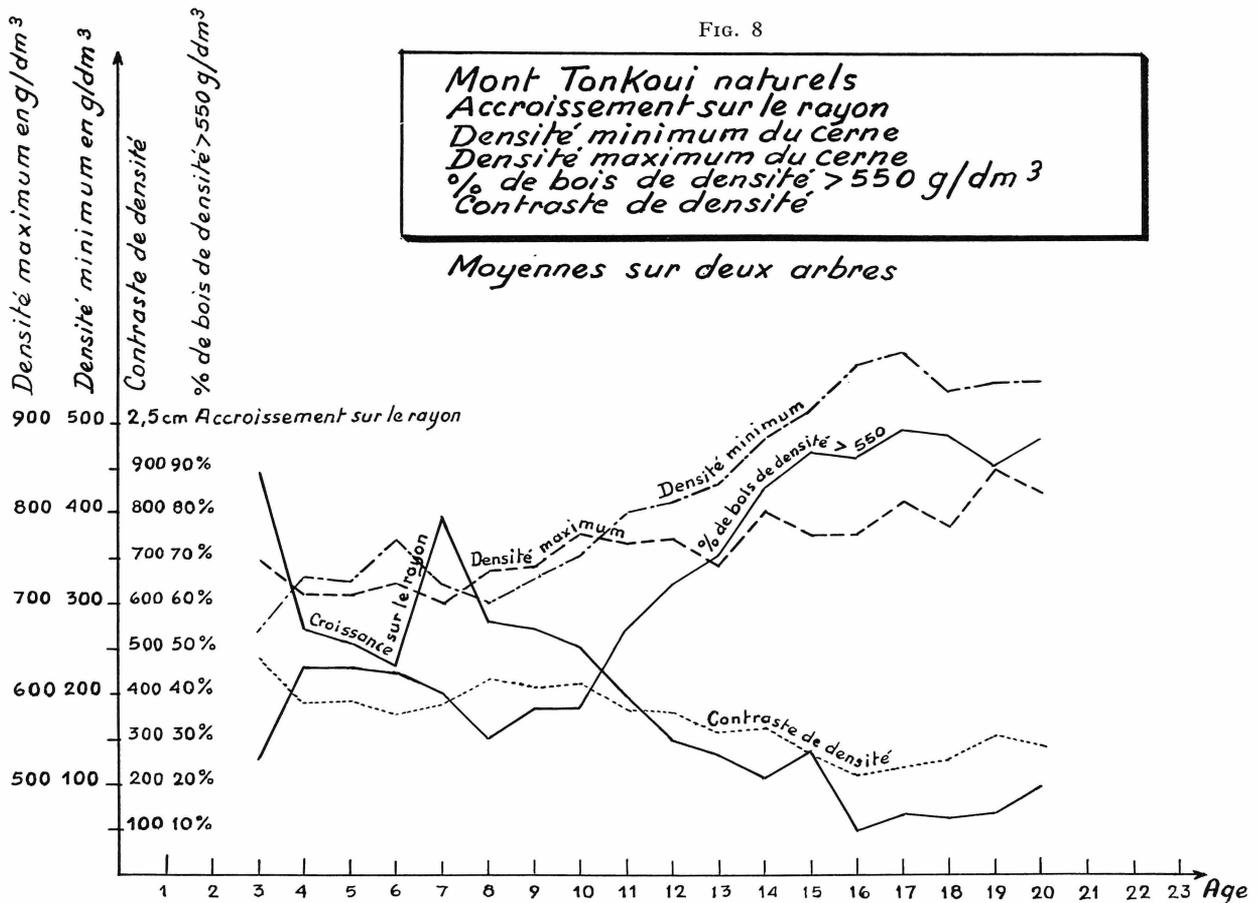
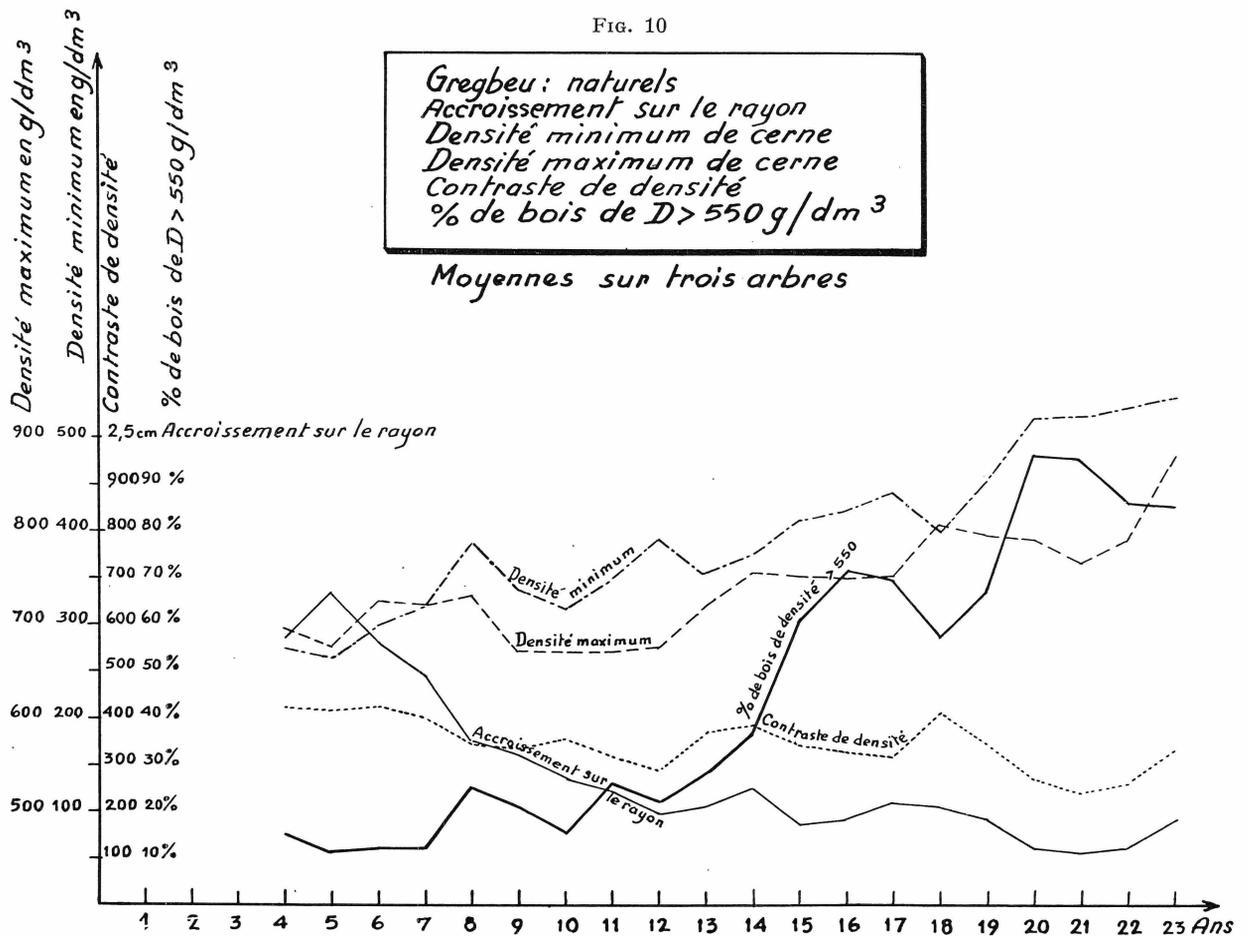
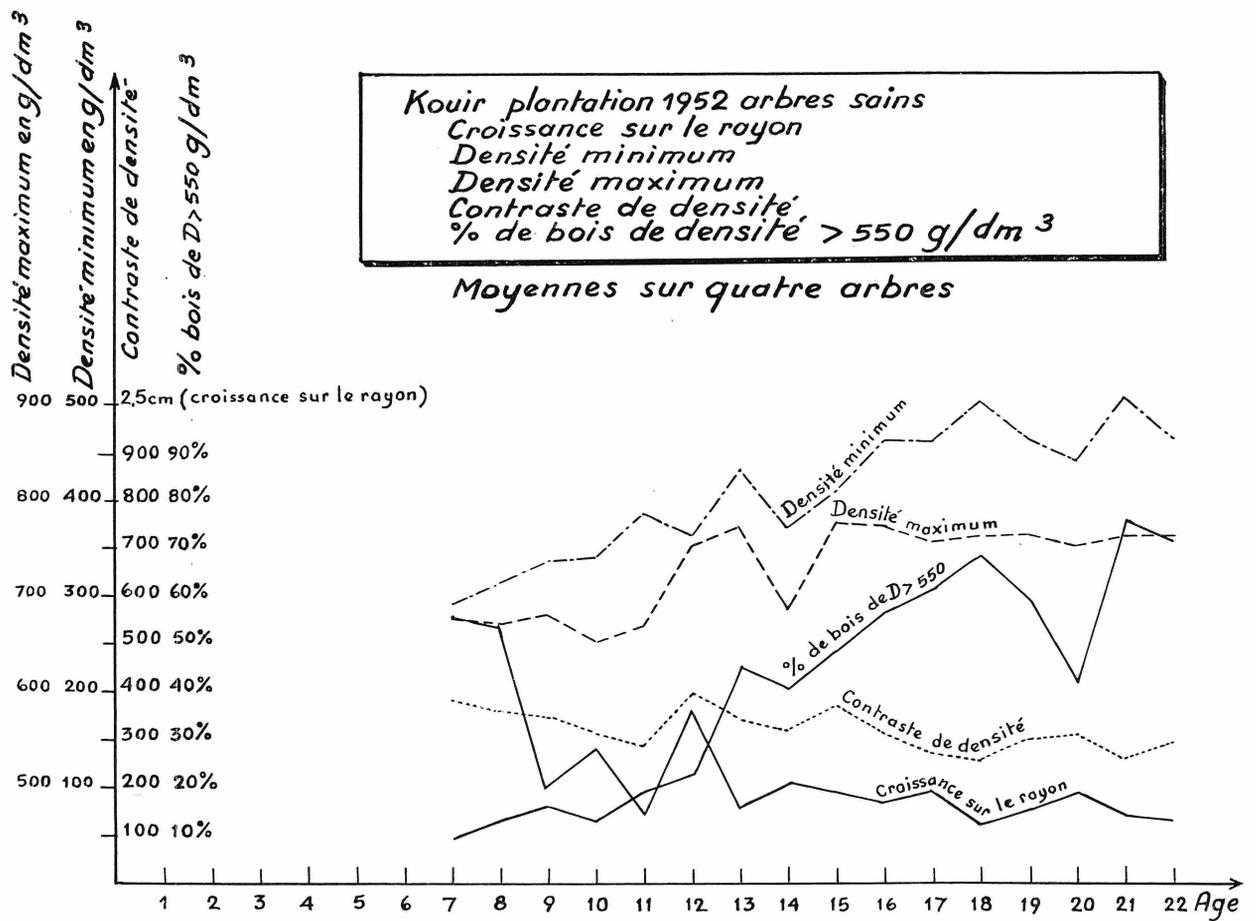


FIG. 8



## CONCLUSION

Cette étude de la croissance et de la qualité présente de nombreux défauts parmi lesquels il faut sans doute citer :

— un échantillonnage assez discutable surtout à l'intérieur des « régions ». Il eût fallu disposer de beaucoup plus de moyens matériels et humains pour choisir des arbres situés dans des conditions écologiques plus variées ;

— une certaine difficulté à lire très précisément les cernes, ce qui nous a fait écarter un assez grand nombre d'échantillons et renoncer à étudier l'influence de l'année sur les diverses caractéristiques auxquelles nous nous étions intéressées ;

— le faible nombre des plantations forestières âgées existantes et leur position assez marginale par rapport à l'aire du Framiré ;

— la médiocre efficacité de la méthodologie employée pour tenter d'éclaircir le problème du dépérissement. La seule conclusion que l'on puisse tirer à ce stade est qu'il semble s'agir d'un phénomène assez soudain ; en effet, ni chute de croissance, ni variation dans les propriétés physiques et technologiques ne se manifestent ne serait-ce qu'une ou deux années avant que des phénomènes n'apparaissent, intéressant l'aspect de l'arbre (arrêt du développement foliaire, fentes et décollements de l'écorce, gourmands). Notons qu'il serait assez dommage, au vu des échecs de plantations somme toute assez marginales par rapport à l'aire du Framiré, d'abandonner cette essence qui présente sur culture dans des conditions proches de la plantation, une croissance excellente à un âge sensiblement égal.

Toutefois, nous pouvons tirer quelque profit des résultats obtenus en remarquant chemin faisant, leur profonde analogie avec les feuillus et résineux des pays tempérés :

— l'influence géographique est pratiquement nulle sur la qualité du bois. Elle n'intervient que sur la largeur des cernes ;

— la variabilité exploitable est très importante ; elle montre l'homogénéité, du moins dans la zone étudiée, de la population sur le plan général mais sa grande diversité locale. Tout ceci devrait inciter, au cas où le Framiré serait appelé à devenir une grande essence de reboisement, à entreprendre des études génétiques approfondies ;

— l'opposition entre qualité (densité minimum et contraste) et croissance est manifeste sur le plan de l'arbre mais il semble possible de trouver des

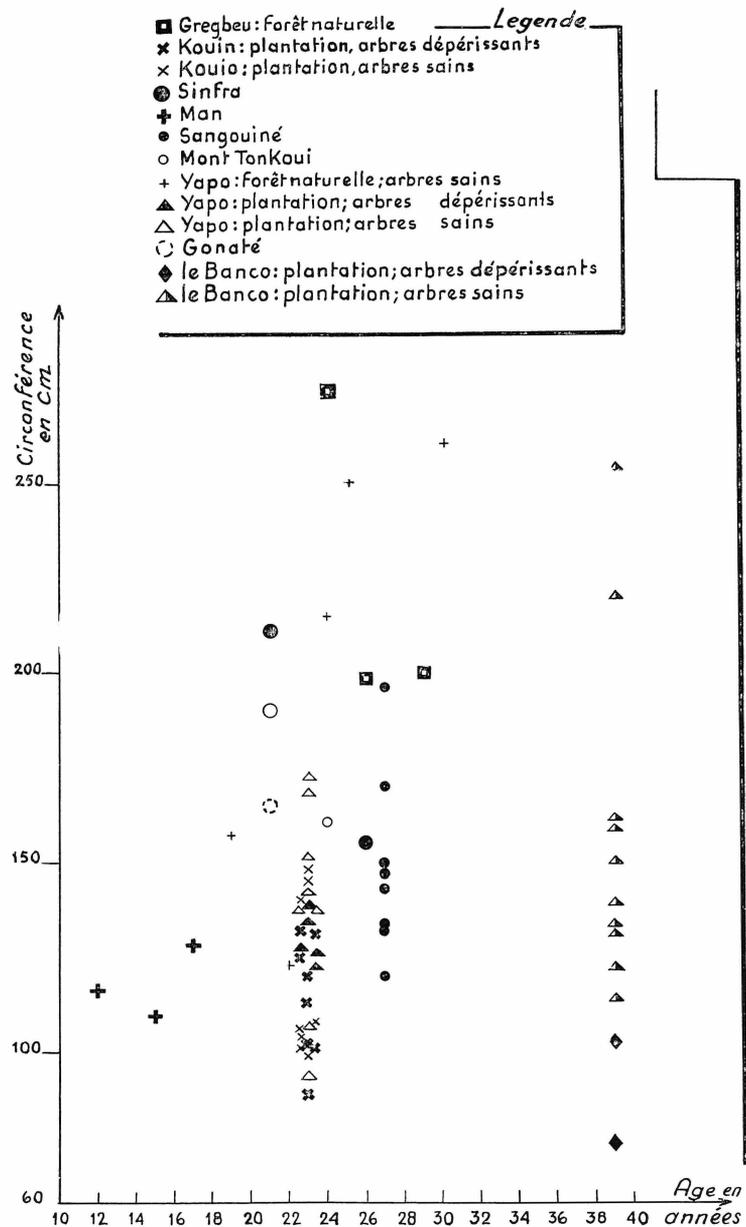


Fig. 11

arbres à largeur de cerne moyenne élevée sans que la densité minimale en soit affectée dans un sens défavorable, à la différence du contraste ;

— l'âge est un facteur influençant de façon très importante tous les paramètres étudiés hormis le contraste. Il semblerait que, jusque vers une quinzaine d'années, nous ayons affaire à une sorte de bois juvénile caractérisé par des densités minimale et maximale faibles ainsi que par un pourcentage de bois de densité supérieure à  $550 \text{ g/dm}^3$  également peu important. Ceci aurait son importance dans le cadre d'une sélection précoce du Framiré. Soulignons à ce propos, les liaisons très fortes entre bois jeune et bois adulte pour la densité minimum et ce, même pour un bois de cinq ans. Les autres caractéristiques

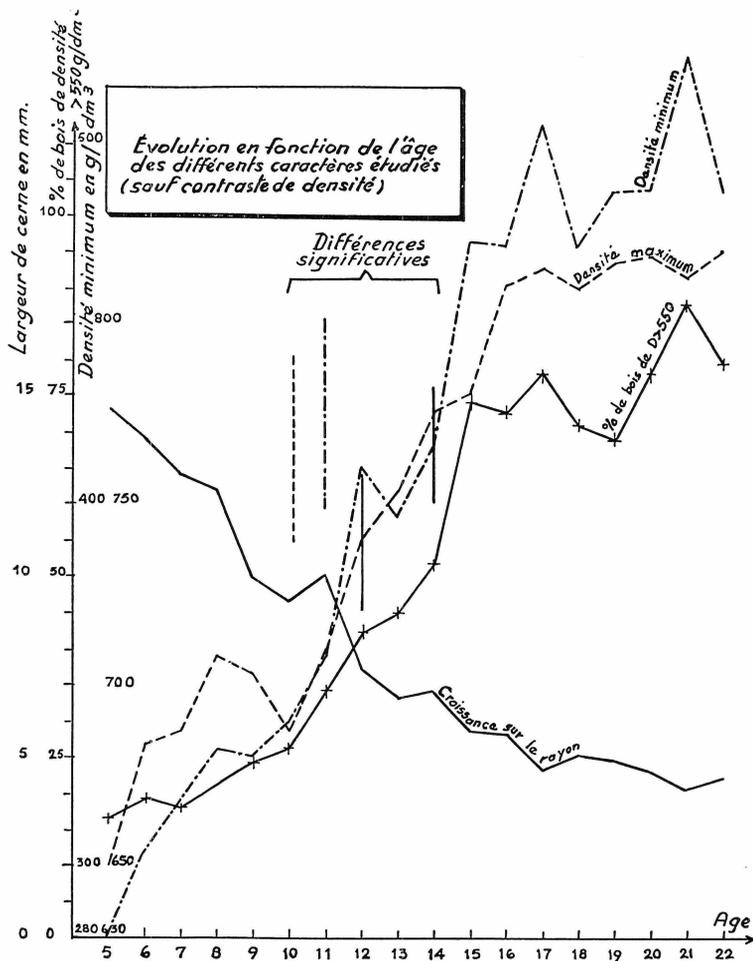


FIG. 12

tères densitométriques (densité maximale, pourcentage de bois de densité supérieure à 550 g/dm<sup>3</sup>) présentent sensiblement la même propriété. Pour le contraste, la signification n'apparaît que vers l'âge d'une dizaine d'années. Pour ce qui est de la croissance, les liaisons ne sont pas statistiquement différentes de zéro.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. — *Bois tropicaux* (1974 : 4<sup>e</sup> édition).

LA MENSBRUGE (G. de), avril 1967. — Sylviculture en forêt dense. Les techniques sylvicoles. C. T. F. T. Côte-d'Ivoire.

NEEFF (P. de), M. MALAGNOUX. — Etude du dépérissement des Framiré en plantation âgée. Note C. T. F. T. Côte-d'Ivoire, novembre 1972.

POLGE (H.), 1964. — Le bois juvénile des conifères *Revue forestière française* n° 6, juin 1964.

POLGE (H.), 1966. — Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Applications dans les domaines technologique et physiologique. *Annales des Sciences Forestières*, 23 (1).

JENNINGS (S.-G.). — Forest Products Research and appreciation of future policy. Proc. 7th British Commonwealth Forestry Conf. : 11-16, Commonwealth of Australia Government Printer, Canberra (1957).

ZOBEL (B.-J., WEBB and F. HENSON. — Core or juvenile wood of loblolly and slash pine trees. *Tappi* 42 : pp. 345-356 (1959).

ENTRICAN (A.-R.). — The influence of monkeys on Silviculture. Proc. 7th British Commonwealth Forestry. : 14-18. Commonwealth of Australia Government Printer, Canberra (1957).

ZOBEL (B.-J.) et Mc ELWEE (R.-L.). — Natural variation in wood specific gravity of loblolly pine and an analysis of contributing factors. *Tappi* 41 : pp. 158-161 (1958).

DADSWELL (H.-E.) and WARDROP (A.-B.). — Some aspects of wood anatomy in relation to pulping quality and to tree breeding. *f. Australian Pulp and Paper Ind. Tech. Assoir.* 13 : pp. 161-173 (1960).

