

Photo Chatelain.

Okoumé portant deux cicatrices datées. Cernes de largeur moyenne et de type normal.

LA PÉRIODICITÉ DE FORMATION DES CERNES DANS LE BOIS DE L'OKOUMÉ

par ALAIN MARIAUX,

Chef de la Division d'Anatomie des bois au C. T. F. T.

SUMMARY

THE PERIODICITY OF THE FORMATION OF AGE-RINGS IN OKOUMÉ

By means of incisions in the cambium and precise measurements of the increase in circumference, the author followed for two years the periodicity of age-rings in Okoumé.

He defines the nature of the annual age-ring in its normal form and in its variations.

Though we may hope to improve our knowledge thanks to the numerous trees which are being kept under observation, the forester already has available a new element in assessing the growth of Okoumé.

RESUMEN

LA PERIODICIDAD DE LA FORMACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN LAS MADERAS DE OKUMÉ

Por medio de incisiones efectuadas en el cambium y de medidas precisas del aumento de circunferencia, el autor ha seguido durante dos años la periodicidad de formación de la madera en el okoumé.

Así, el autor define el género del anillo de crecimiento anual, en su tipo normal y en sus variaciones. Aun cuando siempre es posible mejorar nuestros conocimientos debida a los numerosos árboles mantenidos en observación, los técnicos forestales disponen ya de un nuevo elemento para la apreciación del crecimiento del okoumé.

INTRODUCTION

Les méthodes que nous croyons efficaces pour étudier la nature et la périodicité des cernes dans les bois tropicaux ont été décrites dans cette Revue en 1967 (1) et il a été rendu compte d'une application au Limba, *Terminalia superba*, en 1969 (2).

A mesure de l'avancement de nos observations, nous souhaitons exposer ainsi les possibilités d'analyse des cernes des principales essences tropicales et nous pouvons actuellement présenter les résultats obtenus sur l'Okoumé, *Aucoumea klaineana* Pierre (Burséracée) (3).

Cet arbre qui est à la base de l'économie forestière du Gabon, et qui représente aussi une production

importante au Congo, est déjà planté sur une très grande échelle non seulement dans son aire d'origine, mais dans bien d'autres pays de forêt dense tropicale. Au Gabon, en particulier, on souhaiterait vivement connaître le taux de croissance à escompter pour l'avenir dans les plantations, comme celui des Okoumé naturels de faible diamètre laissés sur pied par l'exploitation forestière.

Dès le début de 1965, une série d'observations a donc été mise en route, et, pour avoir au plus vite quelques premiers résultats, nous avons recueilli une partie des arbres après 2 années, laissant la majorité d'entre eux en observation pour au moins 3 années encore.

1. — MÉTHODE ET MATÉRIEL D'ÉTUDE

RAPPEL DE LA MÉTHODE

La méthode adoptée pour l'observation de la formation des cernes de l'Okoumé est celle décrite dans notre article sur la nature et la périodicité des cernes et rappelée dans l'article sur les cernes du Limba. Le lecteur voudra bien s'y reporter pour une information détaillée.

Résumons brièvement cette méthode. Sur le terrain sont effectués deux types d'interventions :

1° Chaque année (ou parfois à une autre périodicité) une cicatrice est inscrite dans le bois par un petit décollement d'écorce détruisant localement le cambium.

2° La formation du bois est suivie de quinzaine en quinzaine à l'aide d'un « ruban-dendromètre » ceinturant l'arbre et restant sur celui-ci.

La période des observations terminée, les arbres sont abattus et un disque est prélevé dans le tronc au niveau des cicatrices. On donne à la section le meilleur fini possible pour faire apparaître les cernes.

Ceux-ci sont examinés par rapport aux cicatrices donnant des dates précises à certains niveaux, et à la lumière des observations rassemblées : graphique de croissance d'après les relevés du ruban-dendromètre, pluviométrie locale si elle est connue, renouvellement du feuillage, etc...

Dans le cas de l'Okoumé, l'examen du bois a été complété par une radiographie qui fait apparaître avec plus de contraste les zones de différentes densités constituant les différentes parties d'une même couche d'accroissement.

RADIOGRAPHIE

L'émetteur de rayons X dont nous disposons au C. T. F. T. est un appareil transportable destiné à couvrir des besoins variés et, de ce fait, les voltages sous lesquels il peut travailler s'étendent de

(1) Les cernes dans les bois tropicaux, nature et périodicité, par A. MARIANX, *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 113 et n° 114, 1967.

(2) La périodicité des cernes dans le bois du Limba, par A. MARIANX, *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 127, 1969.

(3) Cette étude a été faite avec l'appui de R. CATINOT, Directeur des Recherches Outre-Mer au C. T. F. T., avec la collaboration de J. LEROY-DEVAL et M. GAZEL du Centre Technique Forestier Tropical du Gabon ; du Centre Technique Forestier Tropical du Cameroun sous la direction de A. SCHIRLÉ avec M. SALLA ; de Madame JACQUET, Division d'Anatomie du C. T. F. T. de Nogent, pour l'analyse des observations et les radiographies. Les photographies sont de J. CHATELAIN.

30 KV à 100 KV, alors que l'expérience acquise au Centre National de Recherches Forestières de Nancy, dans ces dernières années, montre que pour de faibles épaisseurs de bois il est nécessaire d'employer des rayons X « mous » obtenus par des tensions de l'ordre de 15 KV. Nous avons donc travaillé avec le minimum possible, 30 KV et des épaisseurs de bois de 7 à 10 mm. Nous risquons ainsi un flou de parallaxe qui nous conduit à réduire la surface des sections radiographiées, et que nous limitons aussi par une grande distance entre émetteur et objet, soit 2,50 m.

MATÉRIEL D'ÉTUDE ET DÉROULEMENT DES OBSERVATIONS

— Au Gabon.

En raison de l'importance sylvicole d'un succès éventuel de cette recherche et de la difficulté que présentent, au premier abord, les cernes de l'Okoumé, nous avons décidé de mettre en observation 40 arbres au Gabon, répartis en quatre stations dans des secteurs où nous disposions de possibilité de visites fréquentes.

15 arbres déjà abattus font l'objet de la présente étude, et c'est d'eux seulement que nous parlerons.

Un programme de marques périodiques a été défini au départ, soit tous les 2 mois sur certains arbres, soit 2 ou 1 par an en saison sèche. Des difficultés diverses ont entraîné l'absence de certaines marques et les interventions ont finalement été les suivantes :

En forêt de la Mondah, entre Libreville et le Cap Esterias, en terrain sableux, 3 arbres, dans une plantation de 1953 (diamètre 19 à 25 cm) on été marqués en :

- 1965 (13 mars, 4 juin, 9 juillet, 7 août, 22 septembre, 2 novembre, 10 décembre).
- 1966 (14 mars, 9 août).
- 1967 (abattage 8 août).

Dans la station forestière de l'Ikoy-Bandjà (18 km de Libreville), 4 arbres ont été choisis dans un bouquet naturel vraisemblablement formé sur un ancien défrichement ; leur diamètre était de 22 à 30 cm.

Ces arbres ont reçu les marques suivantes :

- 1965 (19 août).
- 1966 (18 mars).
- 1967 (abattage 4 juillet).

*Kribi. Ruban-dendromètre sur Okoumé.
Une marque déjà cicatrisée est visible
à la partie inférieure de l'image.*

De la forêt de la N'Koulounga, entièrement reboisée par la Société Technique de la forêt d'Okoumé, nous avons 4 arbres issus de plantations de 1953 et 1954. Leur diamètre va de 16 à 26 cm en début d'expérience. Ils ont reçu une série de marques fréquentes :

- 1964 (31 décembre).
- 1965 (4 mars, 27 avril, 27 juillet, 28 septembre, 10 décembre).
- 1966 (néant).
- 1967 (abattage 10 juillet).

Par suite de l'absence d'agent permanent, les arbres de cette station n'ont pas reçu de ruban-dendromètre.

En forêt de M'Bel, sur la rivière Como, nous avons choisi des arbres spontanés, plus gros dans l'ensemble que les précédents : diamètres 26 à 45 cm.

Ces arbres ont reçu les marques suivantes :

- 1965 (19 août).
- 1966 (15 mars).
- 1967 (abattage 3 juillet).

Un ruban-dendromètre leur a été posé en août 1965, mais irrégulièrement visité.

— Au Cameroun.

Il s'est trouvé que des Okoumé de plantation étaient disponibles à Kribi, au Cameroun, où étaient mises en place des observations sur essences diverses. Il a paru intéressant de compléter là notre connaissance du périodisme de l'Okoumé. (Par la suite, nous aurons aussi des observations sur une plantation d'Okoumé en Côte-d'Ivoire, mais elles viennent seulement de commencer.)

Dans une parcelle plantée en Okoumé en 1954,



Photo Schirle.

en forêt de Kienké près de Kribi, nous avons pris 2 arbres de diamètre 22 et 28 cm.

Ils ont reçu un ruban-dendromètre le 16 février 1965, et les interventions suivantes :

- 16 février 1965 : 1^{re} marque.
- 15 mars 1966 : 2^e marque.
- 2 février 1967 : abattage.

2. — ANALYSE DES OBSERVATIONS

Pendant les 2 ans à 2 ans $\frac{1}{2}$ écoulés entre 1^{re} marque et abattage, nous avons demandé à nos observateurs permanents sur place de visiter les arbres 2 fois par mois si possible en notant la valeur lue sur chaque ruban-dendromètre, et aussi l'état du feuillage. En fait, si les rubans-dendromètres ont bien été lus régulièrement, sauf difficultés de personnel, le renouvellement du feuillage s'est avéré assez délicat à noter. Nous en dirons le peu que nous savons.

Nous nous sommes aussi procuré les relevés pluviométriques dans les stations les plus proches de nos arbres.

LES PLUIES

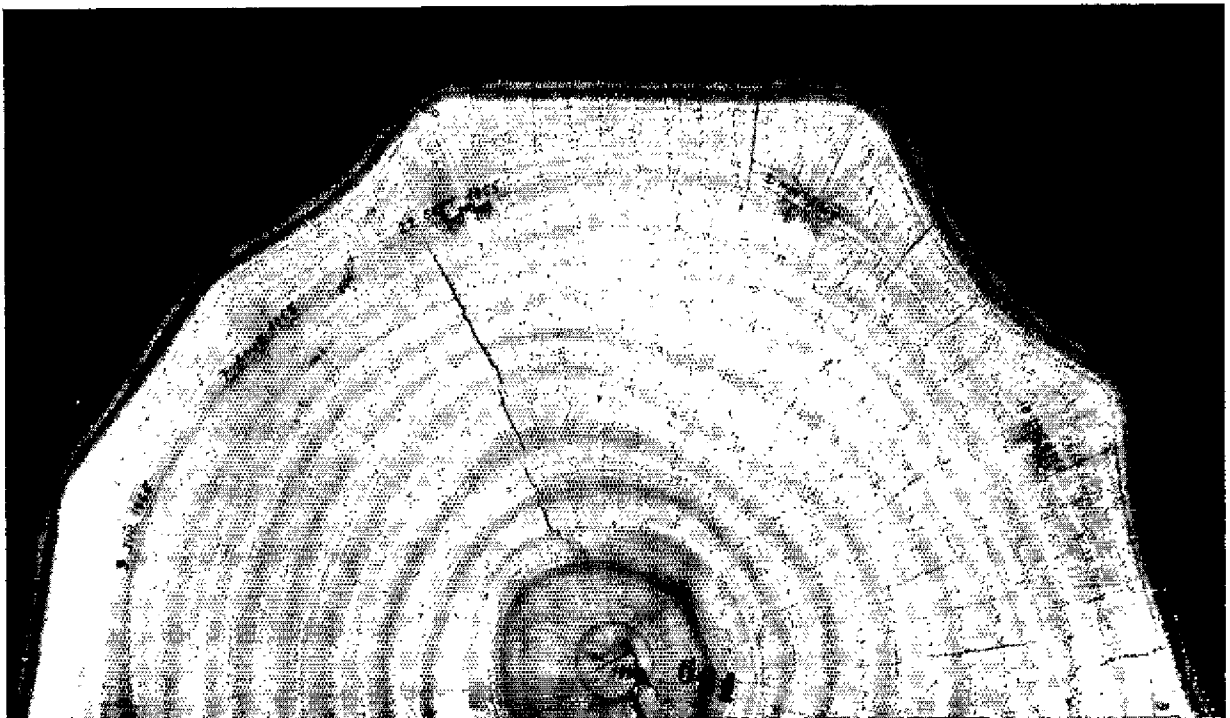
Au Gabon, elles ont été relevées dans les stations du Cap Esterias (forêt de la Mondah campement I) et de l'Ikoy-Bandja (Km 18), c'est-à-dire les 2 stations les plus proches de Libreville, et nous n'avons pas de données concernant les stations de l'intérieur.

Tableau des relevés pluviométriques par quinzaine

Cap Esterias		1965	1966	1967
— Janvier	1 ^{re} quinzaine		11,4	27,2
	2 ^e —		100,1	18,6
— Février	1 ^{re} —		34,8	60,1
	2 ^e —		13,5	69,5
— Mars	1 ^{re} —		33,7	82,7
	2 ^e —		58,3	169,1
— Avril	1 ^{re} —		147,4	55,7
	2 ^e —		13,2	138,8
— Mai	1 ^{re} —			175,5
	2 ^e —			149,0
— Juin	1 ^{re} —		22,7	
	2 ^e —		9,9	
— Juillet	1 ^{re} —		7	
	2 ^e —		0	
— Août	1 ^{re} —		0	
	2 ^e —		8,2	
— Septembre	1 ^{re} —		145,4	
	2 ^e —		50,0	
— Octobre	1 ^{re} —		170,4	
	2 ^e —		181,4	
— Novembre	1 ^{re} —		204,3	
	2 ^e —		191,3	
— Décembre	1 ^{re} —	142,0	85,7	
	2 ^e —	83,0	108,9	

Cicatrices datées sur un Okoumé. Des marques trop fréquentes multiplient les faux cernes et ne sont pas souhatables. Des marques faites depuis plus longtemps auraient été très utiles. Cernes larges, de type juvénile.

Photo Chatelain.



Km 18		1965	1966	1967
— Janvier	1 ^{re} quinzaine		27,3	12,0
	2 ^e —		161,8	138,4
— Février	1 ^{re} —		273,7	35,7
	2 ^e —		13,6	73,9
— Mars	1 ^{re} —		110,8	144,5
	2 ^e —		197,1	116,9
— Avril	1 ^{re} —		187,2	151,3
	2 ^e —		61,0	60,7
— Mai	1 ^{re} —		76,9	108,6
	2 ^e —		104,0	197,8
— Juin	1 ^{re} —		69,4	1,2
	2 ^e —		30,7	8,6
— Juillet	1 ^{re} —		0	0
	2 ^e —		1,8	0
— Août	1 ^{re} —	2,1	0,4	
	2 ^e —	17,6	4,9	
— Septembre	1 ^{re} —	37,8	3,0	
	2 ^e —	49,0	28,2	
— Octobre	1 ^{re} —	75,2	157,2	
	2 ^e —	146,9	171,7	
— Novembre	1 ^{re} —	151,4	287,7	
	2 ^e —	60,0	120,3	
— Décembre	1 ^{re} —	223,5	76,2	
	2 ^e —	95,7	150,0	

La figure 1 illustre la répartition de ces quantités de pluies pendant la durée de l'expérience.

Malheureusement, il nous manque quelques relevés : avant décembre 1965 et en mai 1966 au

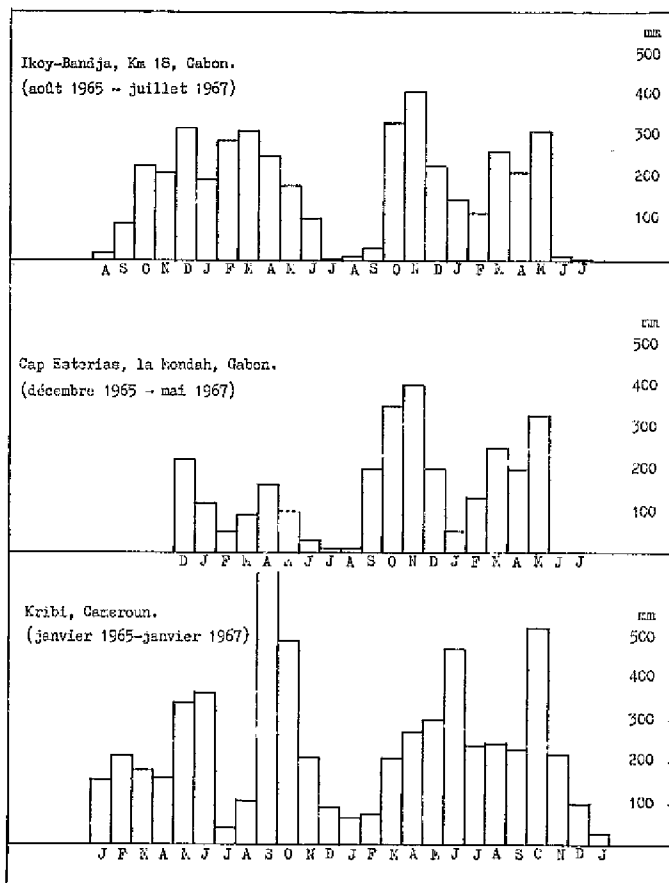
Cap. Pour ce dernier mois et pour rendre possible un graphique de pluies cumulées (fig. 2 à 5), on a adopté une hauteur de pluies pour mai 1966 qui se trouve dans le même rapport avec mai 1967 que les hauteurs de pluies au km 18 durant les mois de mai 1966 et 1967.

On voit que la « grande » saison sèche se dessine clairement autour de juillet-août.

La petite saison sèche consiste en une ou deux quinzaines n'ayant reçu que moins de 20 mm d'eau entre début janvier et fin février.

AU CAMEROUN, les relevés n'ont pas été faits au lieu même des observations sur les arbres, en forêt de Kienké, qui se trouve à 30 km environ de la côte, mais à Kribi non loin de la mer.

Kribi	1965	1966	1967
Janvier	153	65	26
Février	205	74	
Mars	174	206	
Avril	160	265	
Mai	338	298	
Juin	355	463	
Juillet	34	233	
Août	102	238	
Septembre	868	230	
Octobre	489	514	
Novembre	204	213	
Décembre	92	100	



La pluviosité est très élevée. La principale saison sèche, assez relative, est en décembre, janvier et février. Autour du mois de juillet apparaît un ralentissement des pluies surtout en 1965. Avec des proportions inversées on retrouve les saisons gabonaises : fortes pluies de printemps et d'automne.

RENOUVELLEMENT DU FEUILLAGE

L'Okoumé ne renouvelle pas son feuillage d'une façon évidente et massive, comme certaines essences, telles que le Limba précédemment étudié, qui apparaissent défeuillées pendant au moins quelques jours.

Les agents techniques chargés de la visite périodique des arbres ont eu du mal à noter les chutes partielles de feuilles et les apparitions de nouvelles feuilles. On en reste donc à une connaissance assez imprécise sur ce sujet. Il semble qu'il y ait, vers l'époque de la petite saison sèche, une pousse importante des okoumés dont les jeunes rameaux se remarquent grâce à la couleur rouge de leurs nouvelles feuilles. Les vieilles feuilles semblent tomber particulièrement à cette époque, qui est aussi celle de la fructification, mais il nous reste

FIG. 1. — Pluviométrie mensuelle

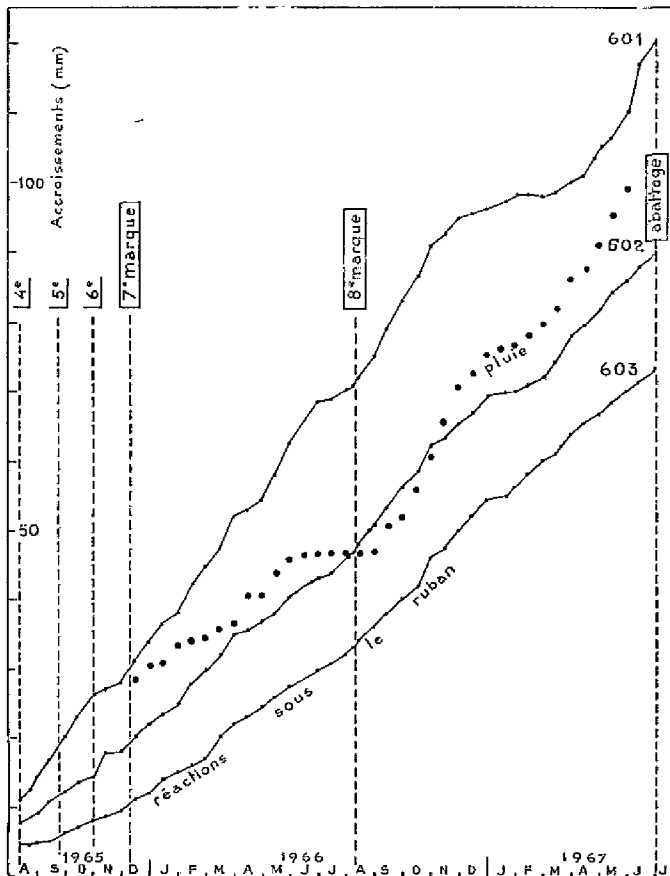


FIG. 2. — Accroissements cumulés en circonférence, d'okoumés plantés en 1953. Cap-Estérias, Mondah (Gabon).

beaucoup à apprendre sur la ou les phases annuelles d'élongation des rameaux, avec apparition de jeunes feuilles, et sur la durée de vie des feuilles.

PÉRIODICITÉ DE LA FORMATION DU BOIS

Les lectures fréquentes des rubans-dendromètres, pendant les deux années d'observation, donnent directement des valeurs d'accroissement cumulées en fonction du temps.

L'unité lue sur les rubans vaut 2 mm.

A l'aide des relevés, on a tracé les courbes de croissance, qui sont présentées dans les figures n° 2 à 5.

En abscisse est portée la période d'observation, qui s'étend d'août ou septembre 1965 à juillet 1967, pour les stations du Gabon, et de février 1965 à février 1967, pour la station de Kribi au Cameroun.

En ordonnée sont portés les accroissements en mm de circonférence, ce qui correspond au double des valeurs lues sur les graduations des rubans-dendromètres. De nombreux changements d'ordonnées ont été faits pour faciliter la mise en place des courbes mais ils sont sans influence sur la forme de celle-ci.

L'échelle des accroissements est choisie dans chaque cas de façon à donner une pente assez forte à la courbe. On a évidemment hésité à choisir une échelle unique qui rendrait comparable les croissances dans chaque station. Mais là n'était pas le but, et une pente trop faible pour certaines courbes n'aurait pas fait apparaître les variations de pente recherchées.

Les changements de ruban en cours d'observation sont indiqués par les initiales N. R. (nouveau ruban) et l'on peut voir sur le graphique l'ajustement approximatif que nous avons fait en passant des lectures de l'ancien ruban au nouveau.

Les dates des marques ont été aussi indiquées sur les graphiques, afin de bien faire apparaître dans quelles phases d'activité ou de repos elles se placent.

Enfin, la pluviométrie a été reproduite sur ces figures sous forme cumulée pour comparaison avec les courbes de croissance cumulée.

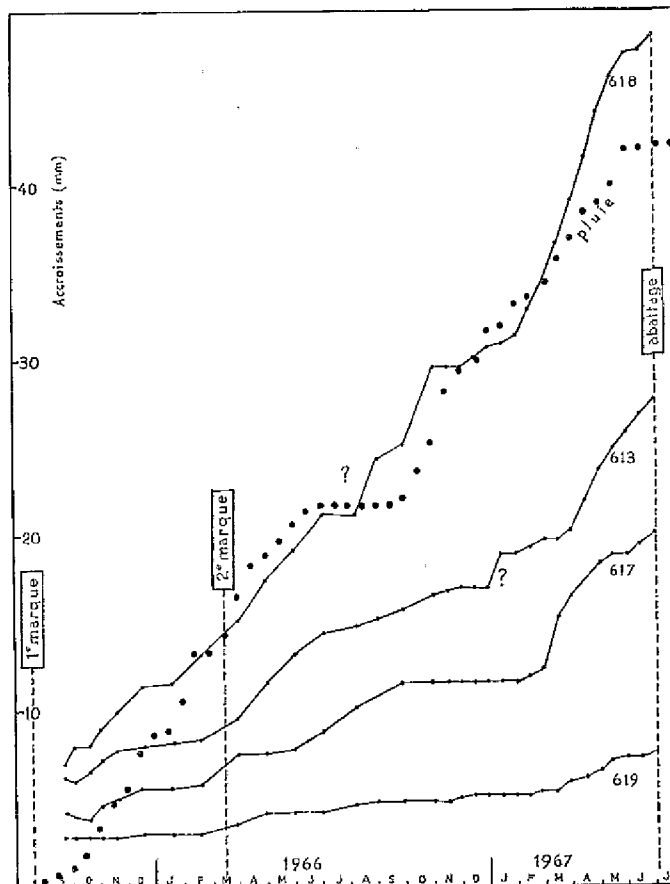


FIG. 3. — Accroissements cumulés en circonférence, d'okoumés naturels. Ikoï Bandja (km 18) (Gabon).

FIG. 4. — Accroissements cumulés en circonférence, d'okoumés naturels à M'Bel (Gabon).

Que nous apprennent ces courbes de croissance ?

Le lecteur qui se reportera aux graphiques de croissance que nous avons publiés dans les articles précédents, sur *Chlorophora excelsa*, par exemple, et plus récemment sur *Terminalia superba*, trouvera par comparaison la croissance de l'Okoumé bien peu et bien mal rythmée.

On constate moins des paliers que des diminutions de pente, autrement dit rarement des arrêts, plus généralement des ralentissements de l'activité cambiale.

Ainsi, au Cap Esterias, l'arbre n° 601 montre un ralentissement court en novembre 1965, très faible en fin janvier 1966, plus marqué en avril, plus important encore en juillet, puis en décembre. Toute cette fin d'année 1966 et le début de 1967 jusqu'en mars se passent sans activité notable, puis la croissance reprend vivement jusqu'en juin 1967 où elle ralentit encore peu avant l'abattage.

Avec des intensités différentes, on retrouve les mêmes dates de ralentissement pour l'arbre 602.

Dans la station de l'Ikoy-Bandja, le n° 618 et le n° 613 marquent un arrêt, ou presque, vers décembre 1965-janvier 1966. Le suivant se dessine en juillet 1966. On retrouve ensuite l'arrêt de décembre, dédoublé par un nouveau ralentissement vers la fin janvier 1967, et même un troisième pour le 613 en mars.

Les arbres à croissance plus lente ont tendance à avoir des arrêts plus prolongés. Ainsi le 617 reste au repos d'octobre 1966 à janvier 1967, et par contre il n'a pas marqué l'arrêt de tous les arbres précédents vers juillet-août.

Dans le groupe provenant de M'Bel, tout en usant avec prudence de courbes dont les points sont par endroit trop espacés, on relève nettement un véritable arrêt de croissance en début d'année 1966, un autre en août-septembre.

Ensuite, on ne trouve qu'un bref ralentissement en mars 1967 mais on ne sait pas très bien ce qui s'est passé en novembre-décembre. Enfin la croissance diminue fortement avant l'abattage au début de juillet 1967.

Les 2 arbres du Cameroun, à croissance très vigoureuse, montrent un ralentissement principal vers les débuts d'années, et l'un des deux, le 805, marque aussi très nettement un ralentissement en juillet-août.

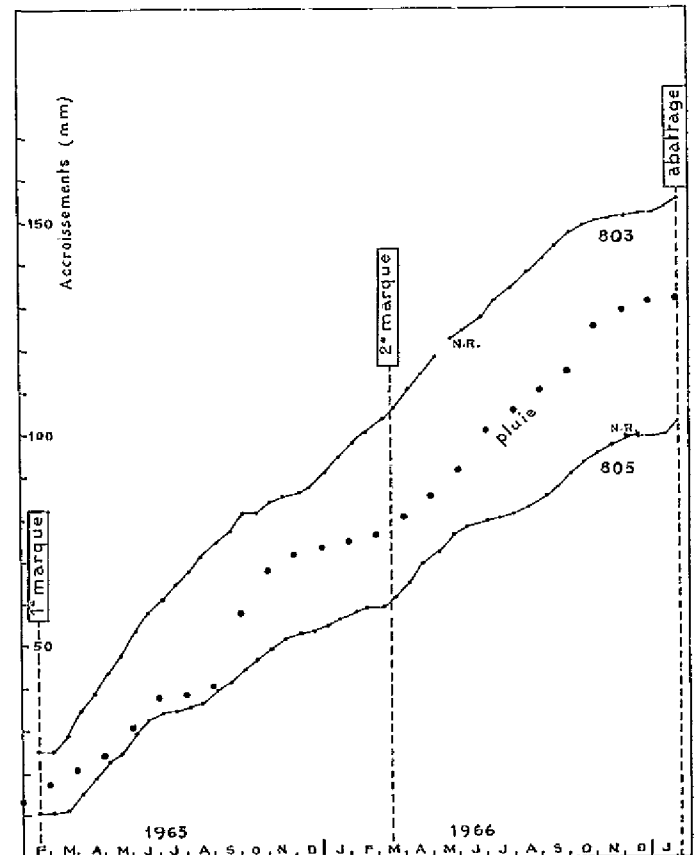
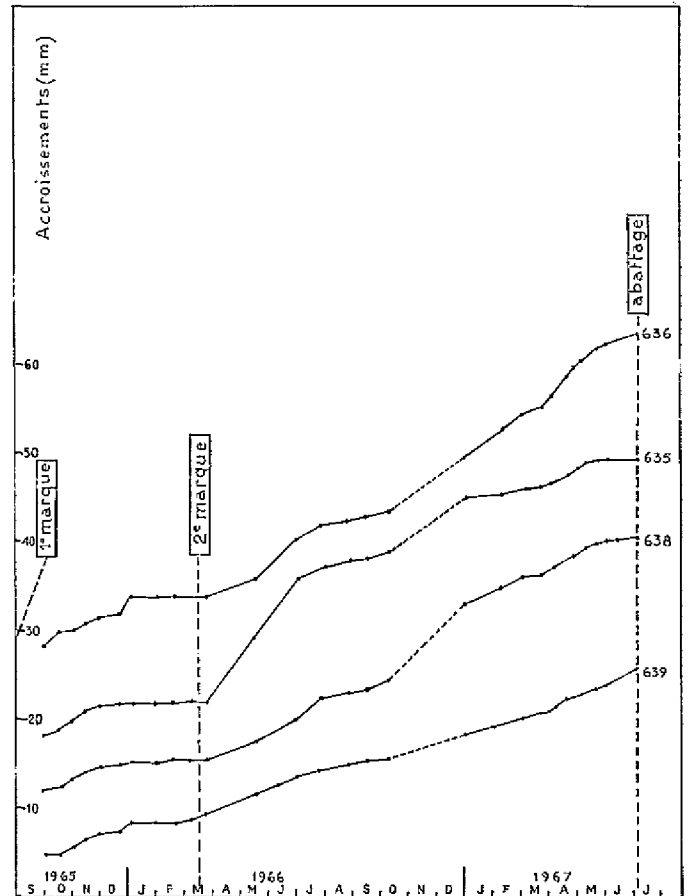


FIG. 5. — Accroissements cumulés en circonférence, d'okoumés plantés en 1954. Kribi (Cameroun).

Nous possédons d'autres graphiques, sur des arbres non encore abattus, qui seront étudiés dans quelques années.

Il est difficile de faire une synthèse de toutes ces observations. Construire une courbe moyenne serait une grosse erreur, parce que les paliers individuels de croissance, légèrement décalés dans le temps, se trouveraient en moyenne très effacés.

Ce qui paraît à retenir, c'est que la croissance varie en intensité selon les époques de l'année. Les périodes les plus actives se situent autour des mois de mai et secondairement d'octobre. Les ralentissements ou arrêts se placent d'une part,

entre novembre et avril, d'autre part, autour d'août.

Certains arbres doublent ou triplent de brefs arrêts entre novembre et avril, tandis que d'autres, moins actifs, ont un arrêt prolongé par exemple de novembre à février.

Vers la grande saison sèche, on enregistre souvent un ralentissement, accusé seulement par une diminution de pente, plutôt qu'un arrêt.

Les arbres à faible croissance sont plus difficiles à analyser. Ils ont tendance à ne pas reprendre d'activité après le ralentissement d'août jusqu'en début d'année suivante (arbres 617, 619).

3. NATURE DU CERNE DE L'OKOUMÉ

Avant de parler de périodicité et d'essayer d'interpréter le cerne de l'Okoumé grâce aux observations faites, regardons comment se présente le bois d'Okoumé vu en bout sur la section transversale d'une rondelle.

PLAN LIGNEUX DE L'OKOUMÉ

Très finement polie, la section transversale montre des cernes bien visibles à l'œil nu sous forme d'alternance de couches claires et de couches sombres d'épaisseur très variable.

Si nous examinons ces couches à l'aide d'une loupe, puis d'un microscope, nous constatons qu'il n'apparaît pas de différence de nature ni même de répartition des tissus entre une zone claire et une zone foncée, et que plus nous observons le bois à fort grossissement, moins nous pouvons localiser une limite entre les deux.

Le plan ligneux de l'Okoumé montre des vaisseaux disséminés sans ordre apparent et dont la taille ne varie pas avec les zones où ils se trouvent. En dehors de très rares cellules de parenchyme plaquées contre les vaisseaux, et des rayons qui, par nature, ne participent pas à la formation des cernes puisqu'ils constituent des lignes radiales continues, tout le reste du bois est le tissu fibreux.

C'est dans ce tissu que réside la nature des cernes. A fort grossissement, on voit sur la section transversale de l'Okoumé que les fibres sont disposées assez régulièrement en files radiales de largeur assez constante pour une même file, quelle que soit la zone traversée. Mais si nous suivons sous le microscope une file radiale, nous pouvons noter par endroit un léger aplatissement radial des fibres.

NATURE DES COUCHES SOMBRES

Plus précisément, nous avons mesuré comparativement dans une couche claire et dans une ligne sombre, l'épaisseur des parois tangentielles des

fibres et la dimension radiale moyenne des fibres exprimée en nombre de cellules dans une même file pour une même distance parcourue.

Il n'est apparu aucune différence significative dans l'épaisseur de la double paroi commune à deux fibres successives, épaisseur qui s'est située pour l'échantillon étudié, entre 3,5 et 4 microns en zone claire comme en zone foncée.

Par contre, le nombre de cellules comptées sur 250 microns dans une même file radiale était de 15,3 en couche claire et de 18,7 en couche sombre (moyennes de 30 comptages), différence significative avec une probabilité de 90 %.

Nous ignorons si, à cette légère différence de structure, vient s'ajouter une différence de constitution chimique.

Si le contraste des couches est visible sur le bois très soigneusement poli, il est accru par la radiographie, comme on peut le voir sur le positif fait à partir d'un cliché radiographique. Malheureusement le contraste est moins bon dans le bois le plus récemment formé, encore tout jeune, au voisinage du cambium, et c'est pourtant celui sur la formation duquel nous avons rassemblé des informations.

ÉPOQUE DE FORMATION DES DIFFÉRENTES COUCHES

Grâce aux marques datées et au rapprochement entre l'aspect du bois et le graphique obtenu par le ruban-dendromètre, nous avons constaté que les couches sombres correspondent assez bien aux saisons sèches et à une croissance en diamètre ralentie, tandis que les couches claires sont formées par croissance plus rapide, approximativement aux époques à forte pluviosité.

Plus précisément, pour le Gabon, la grande saison sèche centrée sur le mois d'août se marque dans le bois par une couche sombre relativement large et à limites assez floues et la petite saison sèche, vers le mois de janvier, se marque par une couche

FIG. 6. — *Accroissement radial cumulé et image reconstituée des cernes (un trait par semaine). Okoumé n° 805.*

sombre étroite, apparaissant généralement à l'œil nu comme une ligne.

Des variations dans le rythme d'accroissement se traduisent par des variations dans le nombre, la largeur, la distance des couches sombres.

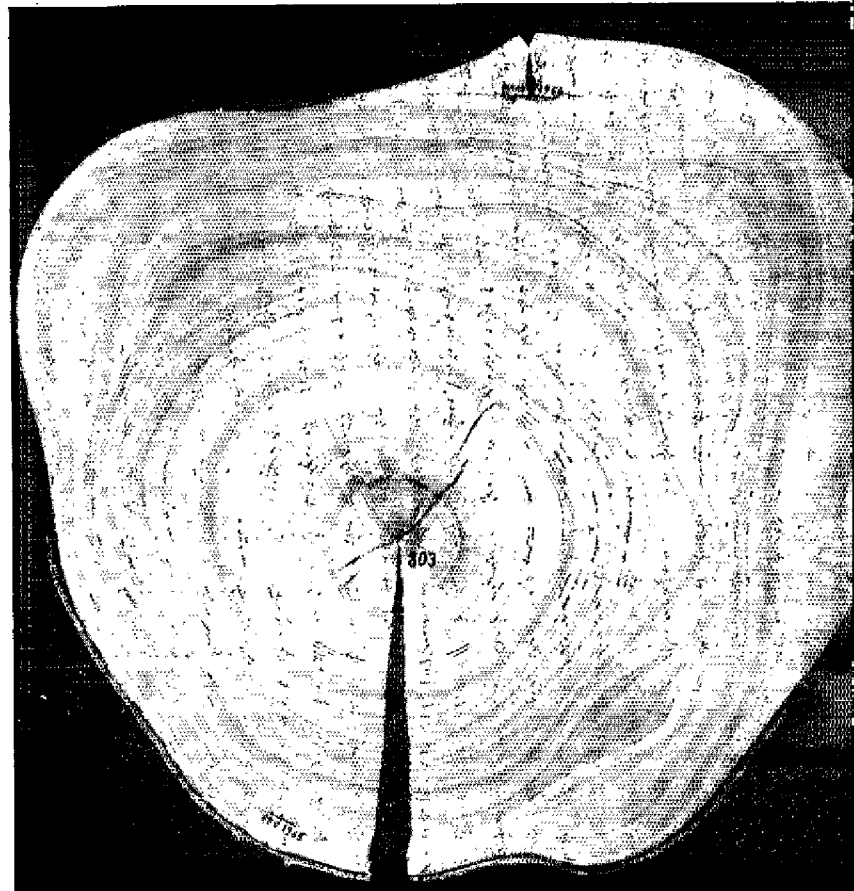
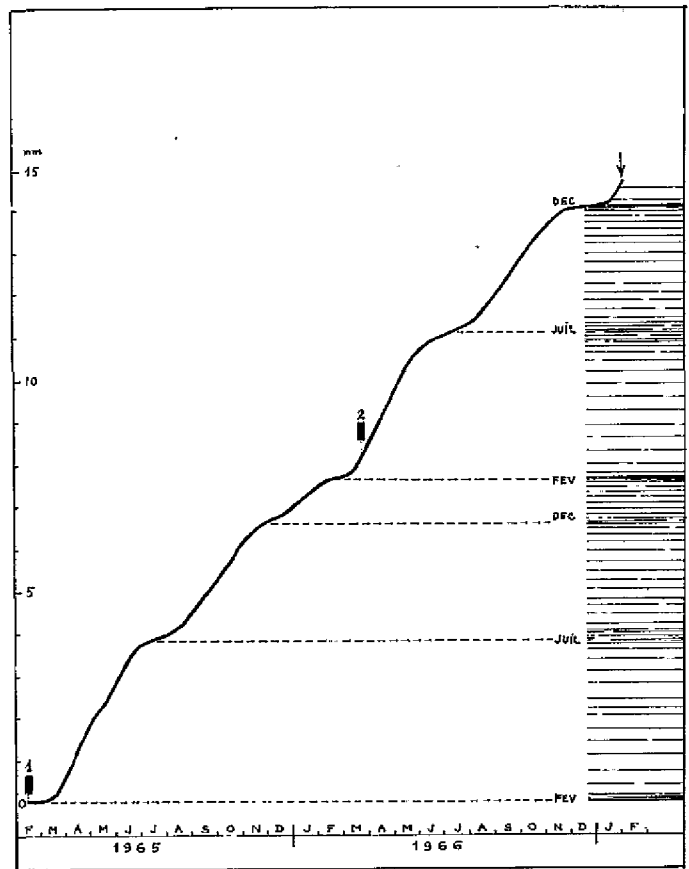
HYPOTHÈSE SUR LA FORMATION DES CERNES

Nous avons fait dans les paragraphes précédents deux constatations : d'une part, les couches sombres de l'Okoumé sont formées de fibres plus aplaties radialement que les fibres des couches claires, c'est-à-dire de fibres ayant moins d'élongation des parois radiales ; d'autre part, les couches sombres correspondent aux périodes où l'accroissement en circonférence, donc radial aussi, est ralenti.

On constate une moindre élongation radiale quand la croissance radiale est moindre : cela conduit à l'hypothèse suivante : l'assise cambiale formerait une quantité de cellules approximativement égale en toute saison, et le ralentissement de croissance tiendrait au moins pour une part à la moindre dimension radiale des fibres en certaines saisons. Disons que « tout se passe comme si » la réalité était telle.

Pour illustrer cette hypothèse, nous avons repris certains graphiques de croissance cumulée et représenté la production par le cambium de cellules en nombre constant par des verticales équidistantes. Les lignes horizontales tracées à leurs intersections avec la courbe font apparaître par leur écartement les différences d'extension des cellules formées.

On obtient des images artificielles de cernes très analogues à celles de la réalité. Il est difficile de vérifier individuellement les proportions de couches claires et sombres parce que ces proportions diffèrent sensiblement tout autour de la rondelle et que le graphique, enregistrement d'une variation de circonférence, en fait la moyenne. Néanmoins, si l'on considère par exemple l'Okoumé n° 805, provenant du Sud du Cameroun, dont la courbe de croissance paraît sinueuse sans paliers bien caractérisés, on constate qu'elle permet d'établir une image de cernes assez réaliste et le rapprochement avec l'aspect transversal du bois et surtout sa radiogra-



Okoumé 803, plantation de Kribi (Cameroun). Cernes de largeur très irrégulière et changeante, formant des cannelures le long du tronc. Noter la multiplicité des lignes sombres dans les premiers cernes de type juvénile.

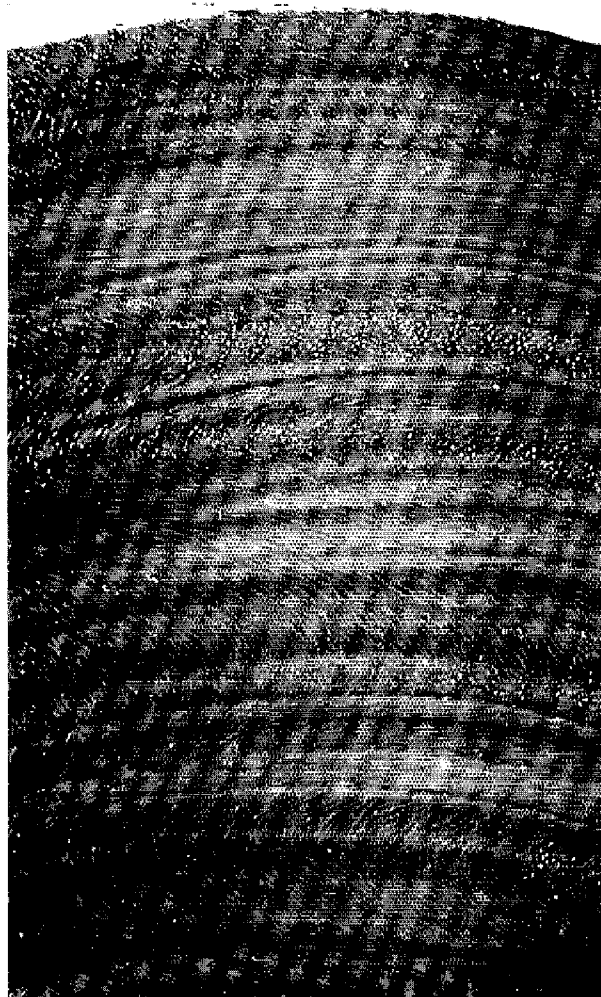


Photo Chatelain.

Radiographie de l'Okoumé n° 618. En noir, les limites des années 1965 et 1966. Le contre-jet rend impossible la netteté de l'ensemble de l'image (× 2).

phie, montre une très grande similitude, notamment par les couches sombres de juillet 1965 et juillet 1966 et surtout par le dédoublement de la ligne sombre de décembre-février 1965-1966, sur la droite de l'image.

LE CERNE ANNUEL DE L'OKOUMÉ

Tout ce qui précède nous a conduit à une première connaissance de ce qu'est la couche d'accroissement annuelle de l'Okoumé, du moins dans la région de l'Estuaire et des Monts de Cristal au Gabon, ainsi qu'en plantation au Sud du Cameroun.

Le cerne « normal ».

Dans sa disposition la plus typique, une couche d'accroissement annuelle dans l'Okoumé se compose des parties suivantes, successivement formées :



Photo Chatelain.

Radiographie de l'Okoumé n° 621. En noir, les limites de l'année 1966 (× 2).

- une large couche claire,
- une large couche sombre, aux limites progressives,
- une petite couche claire,
- une ligne sombre, très fine, après laquelle se place la large couche claire de l'accroissement suivant.

Ce type de cerne annuel se rencontre très abondamment dans les sections étudiées et les autres dispositions rencontrées semblent en être des déformations ou irrégularités ; c'est pourquoi nous qualifierons ce type de cerne « normal ».

Autres types de cernes.

Par absence, ou dédoublement, ou au contraire fusion de certaines des couches constitutives du cerne, d'autres couches d'accroissement présentent des aspects assez différents qu'on peut classer ainsi,

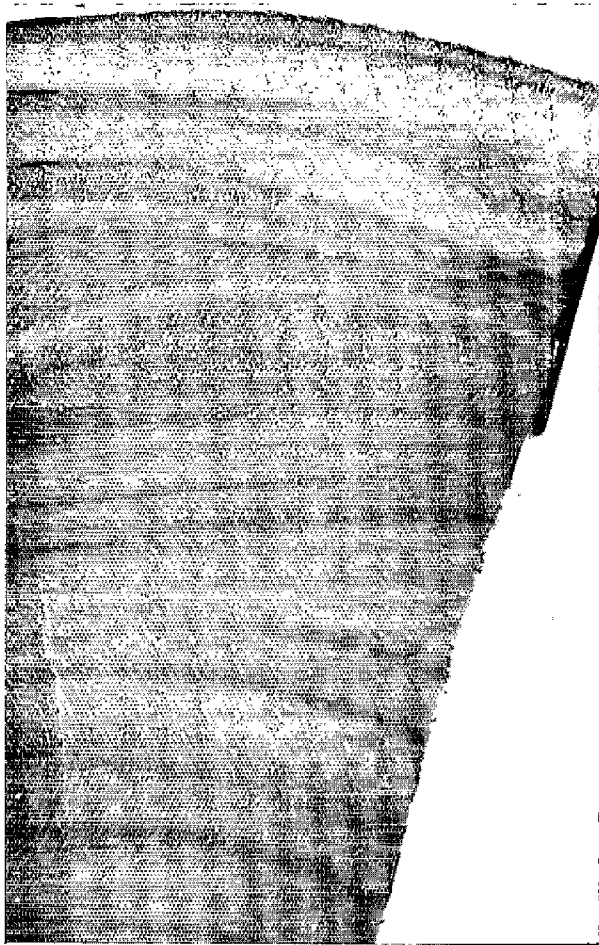
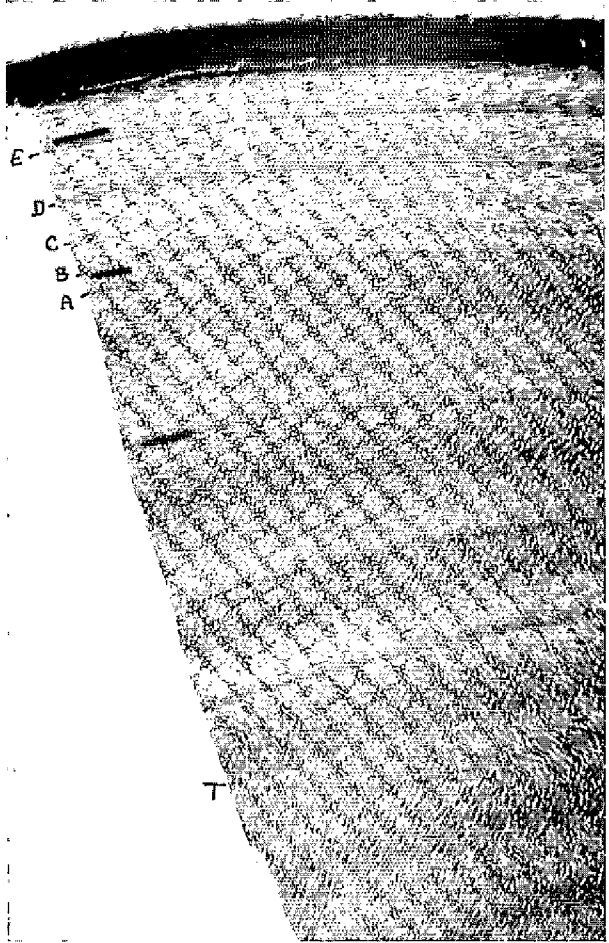


Photo Chatelain.

Radiographie de l'Okoumé n° 805. Cernes de largeur variable ($\times 2$). En noir, les limites de l'année 1966.

L'illustration de droite représente la radiographie de l'Okoumé n° 601. Les traits indiquent les limites des années 1965 et 1966, les lettres repèrent des lignes ou taches sombres que l'on retrouve sur la fig. n° 7. Le contrefil rend flous les pores dans les couches des années 1966 et 1967.

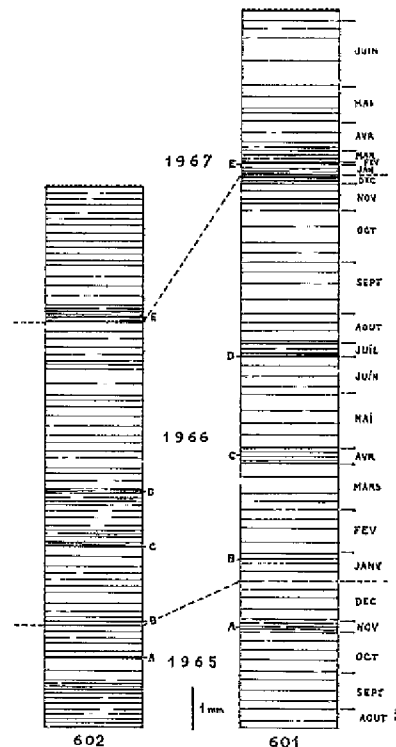


selon les parties de la section transversale où ils se présentent le plus souvent :

Au centre de l'arbre, les premières couches annuelles, parfois même les 10 ou 15 premières surtout si elles sont très larges, n'ont pas de ligne sombre de petite saison sèche. Ou bien, on voit plusieurs lignes imprécises dans la couche claire très large qui sépare deux larges couches sombres.

Nous rapprochons cette constatation des observations, souvent faites sur de jeunes arbres de différentes espèces, que la croissance des jeunes est plus continue que celle des arbres plus âgés, et que la pousse en longueur se fait par flux successifs dans une même saison.

FIG. 7. — Image de cernes à partir des courbes de croissance pour les Okoumés 601 et 602. Les lignes sombres désignées par des lettres, se retrouvent sur la radiographie de l'Okoumé 601.



C'est donc, dans toute la zone voisine du centre, la grande couche sombre qui est l'élément de base pour individualiser les accroissements. Elle ne présente pas de limites précises. La largeur de l'accroissement est donc difficile à déterminer avec précision.

Dans le cas de lignes sombres assez fortes et assez larges on risque de croire, qu'il s'agit de couches sombres de grande saison sèche peu marquées.

Ces types de cernes se retrouvent dans les accroissements exceptionnellement larges que peuvent former parfois des arbres plus âgés, et en particulier quand les cernes sont très irréguliers et s'élargissent démesurément par endroits. Ce sera notamment le cas dans les excroissances formées par les cannelures.

A l'opposé de ces cas, les accroissements très faibles des arbres dominés ou dépérissants sont réduits à une couche claire et une couche sombre qui peuvent être très fines l'une et l'autre. La difficulté est alors d'apprécier si chaque ligne sombre compte pour une année, ou si malgré la finesse et le resserrement des couches sombres, il y a encore une ligne sur deux représentant la petite saison sèche. Nous avons là un cas où sur un seul cerne étroit et pris isolément nous ne pouvons pas donner une réponse objective. Mais dans la pratique, c'est-à-dire en examinant successivement les cernes d'une section, on voit, à partir des zones à cernes normaux, comment évoluent les cernes à mesure qu'ils deviennent plus étroits.

Entre les aspects extrêmes, on peut encore citer quelques variantes du type normal.

Si la deuxième couche claire est très réduite, la ligne sombre suivante est presque fusionnée avec la grande couche sombre.

La grande couche sombre peut aussi avoir un bord (initial ou final) bien tranché ce qui donne un aspect un peu déroutant. On en voit un exemple en T sur la radiographie de l'Okoumé n° 601.

En résumé,

voici les différents types de cernes rencontrés, accompagnés d'une lettre qui servira d'indicatif dans les récapitulatifs et les illustrations :

N : normal, schéma typique : \) couche claire, couche sombre, deuxième couche claire, ligne sombre ;

r : pas de deuxième couche claire, ligne soudée à couche sombre ;

d : couche sombre très étroite, donc deux lignes sombres dans l'année ;

s : une couche sombre, pas de ligne sombre ;

j : plusieurs lignes sombres légères et large couche sombre.

Nous avons examiné 17 sections d'Okoumé dont la première marque datait de 2 ans à 2 ans ½ avant l'abattage.

Le tableau suivant montre quel est le type de cerne annuel constaté. Un point d'interrogation (?) indique que l'observation précise du cerne était impossible pour une des raisons que nous avons dites : faible croissance de certains arbres, faux cernes provoqués par de trop nombreuses marques, mauvaise visibilité dans le bois nouvellement formé et mal lignifié sans doute.

N° d'arbre	Diamètre moyen en 1965 (cm)	Largeur moyenne des cernes observés (mm)	Types de cernes		
			Cerne 1965	Cerne 1966	Dominance cernes antérieurs
601	24	9	<i>N</i>	<i>j</i>	<i>N</i>
602	19	7	<i>d</i>	<i>j</i>	<i>s</i> (et <i>j</i>)
603	19	5 (*)	<i>r</i>	<i>r</i> (+ <i>j</i>)	<i>s</i>
613	30	2	<i>N</i>	<i>r</i>	<i>s</i>
617	27	1	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>N</i> et <i>s</i>
618	28	3	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>N</i>
619	22	< 1	?	?	<i>r</i>
621	26	19	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i> (et <i>j</i>)
622	21	7	<i>N</i>	? blanc	<i>N</i> (et <i>j</i>)
624	16	4	?	<i>N</i> ?	<i>N</i> (et <i>s</i>)
625	22	8	<i>N</i>	? blanc	<i>j</i>
635	30	2	<i>N</i>	<i>N</i> ?	<i>N</i>
636	31	3	<i>s</i> (<i>N</i>)	<i>s</i>	<i>s</i>
638	45	2	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i> ou <i>s</i>
639	26	2	<i>N</i>	?	<i>d</i> ou <i>s</i>
803	28	10	?	?	<i>j</i>
805	22	7	<i>N</i> (<i>j</i>)	<i>N</i>	<i>j</i>

(*) : valeur perturbée par des réactions de l'écorce sous le ruban-dendromètre.

On voit donc que la moitié des cernes de date connue sont de type « normal », et que ce type se retrouve dans l'ensemble des cernes antérieurs de la moitié des arbres.

Les autres types les plus fréquents sont soit des cernes de bois très jeune qui forment l'ensemble de quelques jeunes arbres de plantation à pousse rapide (dominance d'une large bande sombre et présence estompée de plusieurs lignes sombres « *j* »), soit des cernes étroits de bois à croissance lente, de type « *r* » ou « *d* ».

POSSIBILITÉS D'APPLICATION DANS LES ANALYSES DE TIGES

Malgré les variations que nous avons décrites, nous pensons que l'utilisation pratique des cernes sera possible après un minimum d'entraînement pour faire des comptages d'années et surtout pour

apprécier des taux de croissance.

Deux aspects de cette application sont à considérer, le dénombrement des couches annuelles et leur mesure.

DÉNOMBREMENT DES COUCHES D'ACCROISSEMENT ANNUELLES

Dans la plupart des cas, cernes normaux ou autres types, un élément du cerne est présent, c'est la grande couche sombre correspondant à la principale saison sèche du Gabon (1).

On s'appuiera donc sur cette couche sombre en la cochant d'un signe spécial pour individualiser le cerne annuel qui la contient.

Si l'on est en présence d'un cerne normal, l'individualisation du cerne sera confirmée par la présence d'une fine ligne sombre séparant deux cernes successifs. On pourra cocher d'une autre façon les lignes fines (personnellement, nous avons adopté de repérer les larges couches sombres par un trait sinueux et les lignes sombres par un tiret droit).

L'absence ou le dédoublement des lignes fines ne sera pas une gêne sérieuse si la couche sombre est bien caractérisée.

Dans les très larges accroissements qu'on trouve surtout dans l'élargissement des cannelures, certaines lignes qui « devraient » être fines s'élargissent au point de ressembler à des couches, tandis que celles-ci deviennent excessivement larges. En suivant le cerne jusqu'à un endroit plus normal, on arrivera souvent à comprendre la valeur de chaque couche.

Inversement, comme nous l'avons déjà dit, quand la croissance ralentit beaucoup, les couches sombres tendent à se réduire à des lignes un peu épaisses. Si le ralentissement est progressif, on sera guidé de proche en proche vers une interprétation correcte, c'est-à-dire qu'on verra si ligne et couche fusionnent ou si les deux saisons sèches laissent alternativement leur trace.

CAS D'IMPOSSIBILITÉ

Quand les accroissements deviennent excessivement étroits, il est pratiquement impossible de les compter sans risque d'erreur importante. A la limite, on doit même envisager des cas de croissance absolument nulle.

Des couches importantes de bois peuvent ainsi échapper à l'analyse, soit à la périphérie d'arbres dépérissants, soit même en plein bois dans des zones correspondant à des années difficiles pour l'arbre.

Il y aura sans doute d'autres cas de difficultés insurmontables rencontrées quand un grand nombre d'arbres seront examinés. Par exemple, les cernes d'okoumés extrêmement cannelés dans leur jeunesse pourront avoir des variations de largeur telles, que les limites distantes de plusieurs dizaines de millimètres sur un rayon seront confluentes et confondues ailleurs, et l'on se demandera s'il s'agit

d'un cerne partiellement nul ou d'une excroissance localisée, complémentaire d'une couche annuelle.

Enfin, bien que nous ayons décrit les aspects que présentent les cernes des toutes premières années, ils seront parfois trop flous pour qu'on ait la certitude de les dénombrer exactement.

MESURE DES CERNES

A la notion purement descriptive d'individualisation des couches d'accroissement annuelles qui permet de les dénombrer sur l'ensemble d'une section d'arbre, on peut vouloir ajouter une information plus précise, quantitative, sur la largeur individuelle des accroissements, ce qui nécessite d'en définir des limites.

Précision des limites.

Avec les cernes normaux, il paraît s'imposer de choisir comme limites les lignes fines des petites saisons sèches. Leur finesse assure une précision suffisante sans choix arbitraire, et comme elles se placent en tout début d'année, on peut donner à tout l'accroissement entre deux lignes le millésime de l'année correspondante.

Mais les autres types de cernes sont alors embarrassants, que ce soit par l'absence de lignes de petites saisons sèches ou par leur multiplicité. A quel niveau arrêter la mesure ? Un choix arbitraire est alors nécessaire, quelque part dans la zone claire en l'absence de ligne ; sur l'une des lignes, s'il y en a plusieurs.

Ou bien, on peut mesurer de couche sombre à couche sombre, mais l'imprécision reste la même à cause de la largeur de cette couche aux limites généralement mal définies.

Pratiquement, on tournera en partie la difficulté, ou du moins on diminuera l'imprécision relative, dans l'analyse d'une section, en mesurant l'accroissement sur 5 ans ou sur 10 ans.

Variabilité de la largeur.

Un simple coup d'œil sur les photographies des sections d'Okoumé montre combien certains cernes ont un contour et une largeur variables, pour ne pas dire fantaisistes ! Une telle disposition peut correspondre à des arbres qui étaient cannelés au moment où ces cernes ont été formés.

Même dans les cas d'apparence plus régulière, un examen attentif montre que la largeur d'un cerne varie sensiblement tout autour de la circonférence, soit par excentricité du cœur qui entraîne le développement d'accroissements plus larges d'un côté de la section que de l'autre, soit par suite de déplacements, dans le temps, des secteurs de plus grande activité du cambium.

Nous signalons cette variabilité de largeur parce qu'elle est forte dans un grand nombre de tiges d'Okoumé. Mais le problème de mesure qu'elle soulève n'est pas spécifique de l'Okoumé et relève de la dendrométrie.

(1) Nous avons vu que cette couche sombre de juillet-août se retrouve dans les jeunes okoumés plantés au Cameroun, malgré l'inversion des saisons.

DISCUSSION

Si nous avons montré qu'il nous paraît possible, dès maintenant, de tirer des enseignements précieux de l'examen des cernes, notre conclusion ne sera pas pour autant, que cette étude nous a entièrement satisfaits et qu'elle doit être considérée comme terminée.

Nous n'avons guère dépassé deux années d'observation, entre la première marque des arbres et l'abattage, et nous avons constaté que souvent les couches de bois marquées étaient étroites, ou perturbées, ou mal contrastées parce que trop jeunes. Heureusement, nous avons laissé sur pied plus de la moitié des arbres observés. Il nous faut continuer à accumuler des marques annuelles pour avoir des arbres à marques profondes dans du bois bien lignifié. Et ces arbres doivent être à bonne croissance, ce qui n'est pas toujours facile à trouver pour de jeunes arbres en forêt naturelle à portée d'observation.

Il faudrait arriver à une notion de la marge d'erreur à laquelle on s'expose en comptant, par

les cernes, l'âge d'un Okoumé. Certes, on se rend assez bien compte quand l'image du cerne est typique, donc sûre, et quand elle l'est moins et conduit à une part d'interprétation. Et à partir de là, en prenant systématiquement l'hypothèse minimum puis l'hypothèse maximum, on voit l'écart obtenu. Cela, nous l'avons fait, et plusieurs ingénieurs forestiers avec nous. L'écart était plus faible qu'on ne s'y attendait. Mais nous nous basons toujours sur les connaissances acquises dans cette recherche. Et pour les contrôler, nous ne disposons pas, en dehors de jeunes arbres de plantation, d'arbres âgés d'âge connu. Il faut donc disposer de nombreux cernes délimités par des marques annuelles sur des arbres de diamètre et de vitalité variés.

Ainsi, nous obtiendrons — nous l'espérons — confirmation de la généralité et de la sûreté de ce que nous avons décrit comme cerne annuel de l'Okoumé, et dans quelques années nous devrions pouvoir discuter de la « fiabilité du cerne de l'Okoumé ».

