

# L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine



**Série  
FORAFRI  
1998  
Document  
15**



---

L'analyse de cernes : applications aux études  
de croissance de quelques essences  
en peuplements naturels de forêt dense africaine

---

Ce document a été rédigé par :

Pierre DETIENNE, Faustin OYONO, Luc DURRIEU de MADRON,  
Benoît. DEMARQUEZ, Robert NASI.

**1998**

CIRAD-Forêt  
Campus International de Baillarguet  
BP 5035  
34032 Montpellier cedex 1  
France

## **PREFACE**

L'accès aux connaissances liées au patrimoine national comme international peut accélérer le processus de développement. De même, l'échange des savoirs rassemble ses acteurs et renforce l'organisation des travaux. Pour toutes ces raisons, synthétiser et diffuser l'information relève du mandat des actions de coopération.

Depuis près de trente ans, le département forestier du Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) a réalisé de nombreuses recherches sur les écosystèmes forestiers humides de l'Afrique centrale et occidentale. Le projet Forafri, financé par le Fonds d'aide et de coopération (France), a été lancé en 1996 pour capitaliser ces acquis et les valoriser en les transmettant aux acteurs de la filière dans cette zone. Le Cifor (Center for international forestry research), responsable d'une action identique dans les pays anglophones, est associé à Forafri.

La phase de capitalisation et de synthèse s'est concrétisée notamment par la rédaction de différents ouvrages, synthèses et publications. Un comité scientifique et technique, qui réunit des représentants du Cirad, du Cifor, de la Fao (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), de l'Uicn (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources), de l'Atibt (Association tropicale internationale des bois tropicaux) et des de systèmes nationaux de recherche africains (Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire et Gabon), a assuré la validation des documents.

Les auteurs se sont attachés à rassembler les divers éléments épars des connaissances scientifiques, techniques et bibliographiques, ceci dans le but de les mettre à la disposition des utilisateurs, qu'ils soient enseignants, développeurs, chercheurs, industriels ou gestionnaires. Ce travail de synthèse a abouti à la réalisation d'une série d'ouvrages, traités par pays ou par thème.

Le bilan général des dispositifs expérimentaux concerne notamment la dynamique de croissance des peuplements arborés en Centrafrique, en Côte-d'Ivoire et au Gabon. Plusieurs thèmes sont aussi approfondis, tels que l'évaluation de la ressource, la sylviculture, l'aménagement, les méthodes statistiques d'analyse et d'interprétation de données et les caractéristiques technologiques des bois commerciaux africains.

La transmission des connaissances et des savoir-faire passe aussi par la formation dont tous ces documents pourront être des supports. C'est avec cette volonté de capitaliser, synthétiser et diffuser que ces publications sont réalisées. Nous espérons qu'elles profiteront aux recherches et actions de développement futures concourant ainsi à la gestion durable des forêts tropicales africaines.

Jacques Valeix  
Directeur du Cirad Forêt

# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b>	2
<b>A. MÉTHODE POUR L'ANALYSE DE CERNES</b>	4
<b>A.1. Périodicité des cernes</b>	4
A. 1.1. Techniques d'étude	4
Les blessures périodiques	4
Les rubans dendromètres	5
La récolte et la préparation	5
L'observation	6
A. 1.2. Résultats	6
Annualité des cernes en climat tropical	6
Les essences analysées et les différents types de cernes	7
<b>B. ACCROISSEMENTS DIAMÉTRIQUES DE L'AYOUS ET DU SAPELLI EN PEUPELEMENTS NATURELS DANS LA RÉGION DE LA SANGHA MBAÉRÉ</b>	15
<b>B. 1. Sites et méthodes</b>	15
B. 1.1. Sites	15
B. 1.2. Méthode de l'analyse de cernes	15
<b>B. 2. Résultats</b>	17
B. 2.1. Résultats pour l'Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	17
B. 2.2. Résultats pour le Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	19
B. 2.3. Synthèse des analyses de cernes au projet Sangha Mbaéré	22
<b>C. SYNTHÈSE DES ACCROISSEMENTS PAR ESSENCE</b>	23
<b>C. 1. Sites d'étude et nombre d'individus utilisés</b>	23
C. 1.1. Analyses de cernes	23
C. 1.2. Mesures de circonférence	24
C. 1.3. Possibilité de comparaison des résultats issus des lectures de cernes et des mesures périodiques de circonférences	24

<b>C. 2. Résultats</b>	25
C. 2.1. Données obtenues à partir d'analyses de cernes	25
En Centrafrique, projet FAC 192	25
Au Cameroun, projet A.P.I. Dimako	26
Au Cameroun, Résultats à l'est de la réserve du Dja	26
Premières analyses de cernes en Côte d'Ivoire et au Cameroun	26
Au Gabon sur l'Okoumé	27
C. 2.2. Données obtenues à partir des mesures pluriannuelles de la circonférence	28
Résultats de Côte d'Ivoire	28
Résultats de Centrafrique	29
Résultats du Ghana	30
Résultats au Gabon	31
C. 2.3. Synthèse des valeurs d'accroissement	31
<b>C. 3. Conclusion</b>	33
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	34

## Résumé

La connaissance de la production ligneuse et en particulier de la croissance en diamètre des individus est fondamentale dans le cadre de l'aménagement d'une forêt. Elle constitue un des paramètres qui permettent de déterminer la rotation des interventions ainsi que le volume maximum exploitable sans risque d'appauvrissement du peuplement.

Deux techniques pour l'estimation de la croissance diamétrique des arbres existent :

- l'analyse de cernes et
- la mesure périodique de circonférence pendant un laps de temps donné.

Les résultats de plusieurs dispositifs d'étude où les arbres sont mesurés périodiquement depuis plus d'une décennie (Mopri, Irobo et La Téné en Côte d'Ivoire, Mbaiki en Centrafrique et Oyane au Gabon), fournissent des accroissements par essences. De même, plusieurs comptages de cernes ont été réalisés pour les essences dont les cernes sont annuels, notamment au Cameroun, en Centrafrique et au Gabon.

Ce rapport présente la méthode utilisée pour l'analyse de cernes, l'application de l'analyse de cernes par essence ainsi qu'une synthèse des accroissements obtenus pour les principales essences exploitées en Afrique centrale et de l'Ouest.

Les espèces suivantes sont concernées : l'Ayous / Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), le Limba / Fraké (*Terminalia superba*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Tali (*Erythrophleum ivorense*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*), le Kosipo (*Entandrophragma candollei*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et le Moabi (*Baillonella toxisperma*).

De manière résumée, il en ressort que l'on peut estimer l'accroissement diamétrique moyen des Méliacées (Sapelli, Sipo, Kosipo et Tiama (*Entandrophragma spp.*)) et de l'Iroko (*Milicia excelsa*) à 4 à 5 mm/an. Il est de 2 à 3 mm/an pour les essences à croissance lente, comme le Bossé clair (*Guarea cedrata*) et le Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*).

L'accroissement de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) peut être estimé à un peu moins de 1 cm/an pour les diamètres compris entre 20 et 100 cm.

## Introduction

Suite à l'appauvrissement en essences commerciales des forêts exploitées, la production de ces forêts doit être ajustée aux capacités des peuplements, au moyen de plans d'aménagements, pour en permettre une gestion durable. La connaissance de la production ligneuse et en particulier de la croissance en diamètre des individus est fondamentale dans le cadre de l'aménagement d'une forêt. Elle constitue un des paramètres qui permettent de déterminer la rotation des interventions ainsi que le volume maximum exploitable sans risque d'appauvrissement du peuplement.

La mesure périodique des circonférences pendant un laps de temps donné et l'analyse des cernes sont deux techniques pour l'estimation de la croissance des arbres.

Si la première méthode permet d'évaluer les accroissements durant le temps de l'expérience, la seconde permet de connaître la vitesse de croissance et ses variations durant toute la vie des arbres. L'inconvénient de cette dernière est qu'elle requiert l'abattage de l'individu sauf pour quelques essences au bois assez tendre pour être carotté et aux cernes assez évidents pour être lus sur des carottes de quelques millimètres de diamètre.

En ce qui concerne la première technique, le CIRAD-forêt a, conjointement avec les structures forestières nationales, mis en place à partir de 1978 des dispositifs d'étude en forêt dense humide. Trois ont ainsi été mis en place en Côte d'Ivoire : Mopri, Irobo et La Téné, ces dispositifs précédant la mise en place de ceux de Mbaïki en R.C.A. et d'Oyane au Gabon.

D'autres dispositifs fournissant des données sur les accroissements diamétriques existent dans les pays anglophones comme par exemple au Ghana (dispositif de Kade).

La méthode de l'analyse de cerne a débuté dans les années 1960. Des essais pour déterminer la périodicité des cernes par essence ont été réalisés pour plusieurs essences (Détienne 1989, Détienne et Mariaux 1975, 1976, 1977, Lowe 1968, Mariaux 1969 et 1970).

Depuis, plusieurs comptages de cernes ont été réalisés pour les essences dont les cernes sont annuels, notamment au Cameroun, en Centrafrique et au Gabon.

Le but de cette synthèse est de présenter, après un résumé des résultats concernant la faisabilité de comptages de cernes, les résultats issus de ces deux méthodes et d'en faire le résumer pour les principales essences exploitées et connues en Afrique centrale et de l'Ouest.

Les espèces suivantes sont concernées : l'Ayous / Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), le Limba / Fraké (*Terminalia superba*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Tali (*Erythrophleum ivorense*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*), le Kosipo (*Entandrophragma candollei*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et le Moabi (*Baillonella toxipserma*).

**Ce document est donc divisé en trois parties :**

- A. Une première partie présente la méthode utilisée pour l'analyse de cernes ainsi que la faisabilité de cette analyse par essence.
- B. La deuxième partie donne les résultats obtenus lors de l'analyse de cernes effectuée au « Projet d'aménagement pilote de la Sangha Mbaéré ».
- C. La dernière partie est une synthèse des accroissements obtenus par analyse des cernes et par mesure périodique de circonférences.



## A. Méthode pour l'analyse de cernes

Dans les pays à climat tempéré, c'est une méthode, a priori simple, de comptage des cernes annuels qui permet de déterminer la croissance diamétrique de l'arbre. Cette méthode est-elle applicable en zone tropicale ?

### A.1. Périodicité des cernes

A cause de la luxuriance de la forêt tropicale et de l'absence de saisons bien différenciées comme sous les climats tempérés, les forestiers ont longtemps gardé le préjugé selon lequel aucun cerne annuel d'accroissement ne pouvait être décelé dans le bois des essences tropicales africaines. Néanmoins, certains scientifiques avaient soupçonné assez tôt leur existence et Ch. Coster démontra en 1927, par des observations faites dans des plantations indonésiennes, qu'il était possible de connaître l'âge des arbres de certaines essences comme l'Acajou de Cuba (*Swietenia mahagoni* Jacq.), le Lilas de Perse (*Melia azedarach* L.) et le Teck (*Tectona grandis* L.f.).

En Afrique, ce n'est qu'au début des années 60 que deux forestiers, R. Catinot et A. Mariaux, pensèrent que les stries concentriques visibles en bout des billes d'Okoumé pouvaient traduire un certain rythme de formation du bois. Pour vérifier leur hypothèse, ils mirent au point une expérimentation originale basée sur des blessures périodiques (voir explications dans le paragraphe suivant). Dans l'éventualité d'une croissance annuelle à plusieurs flux, notamment au Gabon qui reçoit deux saisons des pluies, les blessures furent d'abord pratiquées tous les deux mois pour mieux connaître les périodes de croissance et de ralentissement. Les deux forestiers entreprirent ensuite une grande et très longue opération visant à connaître la nature des limites d'accroissements annuels et à tester leur coïncidence – ou non – avec les cernes visualisables. Quelques arbres des principales essences tropicales africaines reçurent une blessure annuelle, complétée par la pose d'un ruban-dendromètre.

#### A. 1.1. Techniques d'étude

##### **Les blessures périodiques**

Une blessure profonde faite dans l'écorce d'un arbre provoque une réaction cicatricielle imprimée dans le bois et situant avec précision la date du traumatisme. Cette marque apparaît dans le bois sous la forme d'une discontinuité locale du plan ligneux, soulignée, chez certaines essences, par la duramenisation d'une mince couche de bois ayant été formée juste avant la blessure.

L'entaille, faite à hauteur de poitrine, consiste à enlever une languette verticale d'écorce de 4 ou 5 cm de longueur sur 2 à 5 mm de largeur (selon les essences et leur type d'écorce). La hauteur de la blessure est peu importante mais la largeur doit être minimale, afin d'éviter des attaques possibles du bois par des champignons ou des réactions cicatricielles importantes qui perturberaient trop la structure du bois dans la zone blessée. Par contre, il est conseillé de gratter légèrement le fond de la blessure avec un petit tournevis afin de bien détruire le cambium, sinon la réaction cicatricielle serait très faible, ne présentant pas de discontinuité apparente dans la structure du bois. Pour faciliter les observations ultérieures des cernes dans le bois, l'entaille doit être faite au cours de la grande saison sèche, période pendant laquelle l'activité du cambium est nulle ou très réduite.

Un an plus tard, lors de la saison sèche suivante, une seconde blessure est faite à quelques cm de la première, et rigoureusement à la même hauteur. Cette opération est à renouveler chaque année, chaque nouvelle blessure étant faite impérativement soit toujours à droite (ou toujours à gauche) de la précédente. Le nombre de blessures par arbre, donc la durée de l'expérience, peut varier en fonction du nombre d'arbres testés pour une essence, de la qualité et de la quantité des informations que l'on souhaite recueillir (aspect et fréquence d'éventuels faux cernes ou cernes nuls etc...), ou du délai fixé à l'avance pour l'étude. Ainsi, par exemple, cinq arbres d'une même essence ayant reçu cinq blessures et abattus pendant la saison sèche de la sixième année pourront montrer 25 (5x5) couches annuelles de bois ou, dix arbres ayant reçu quatre blessures et abattus à la fin de la cinquième année présenteront 40 (10x4) couches.

### **Les rubans dendromètres**

Les rubans dendromètres, en acier inoxydable, avec une graduation précise à 0,2 mm, sont mis en place sur l'arbre au moment de la première blessure, à 30-50 cm au dessus de celle-ci. Ils ne sont pas nécessaires pour détecter la présence de cernes dans le bois ni pour confirmer leur caractère annuel mais, si leurs mesures sont relevées fréquemment et très régulièrement (tous les quinze jours par exemple ou, mieux encore, toutes les semaines), ils donneront des renseignements très utiles sur la durée des phases d'activité ainsi que sur les variations éventuelles de la vitesse de croissance en diamètre des arbres tout au long de l'expérience.

### **La récolte et la préparation**

Après avoir reçu un certain nombre de blessures annuelles (de l'ordre de cinq), l'arbre est abattu et son tronc sectionné au niveau des cicatrices qui sont toujours bien visibles sur l'écorce. C'est sur cette section traversant toutes les cicatrices que seront observés les éventuels cernes. Un second trait de scie permet de détacher une rondelle de 3 à 5 cm d'épaisseur.

Les rondelles ainsi obtenues sont séchées, naturellement ou artificiellement, puis poncées. Le ponçage de la section traversant les cicatrices a pour but d'obtenir une surface plane, lisse et propre sur laquelle les différents tissus du bois et leurs variations pourront être vus à l'oeil nu ou à la loupe. Le ponçage, commencé avec un grain grossier (60 ou 80), se fait

avec des grains de plus en plus fins, 180, 250, 320, et se termine par un passage au grain 400. **La qualité de cette préparation est importante car c'est d'elle que dépendra la visibilité des limites d'accroissement parfois très discrètes chez certaines essences.**

### **L'observation**

L'observation à l'oeil nu des variations rythmiques de l'aspect du plan ligneux sur les surfaces finement poncées n'est pas souvent possible. Elle n'est réalisable que chez des espèces ayant des accroissements annuels relativement larges, délimités par une variation bien marquée de la structure du bois. En général, il est nécessaire d'utiliser une loupe grossissant six, douze et même parfois vingt fois, pour détecter et analyser avec certitude et précision la nature de la limite des accroissements.

Le meilleur équipement semble être une loupe binoculaire portée par deux pieds verticaux entre lesquels la rondelle de bois peut être déplacée au gré de l'observation. Un éclairage d'appoint, le plus rasant possible, est indispensable, surtout avec des grossissements égaux et supérieurs à dix.

La première tâche est le repérage et la datation des cicatrices laissées dans le bois par les blessures de l'expérience. La cicatrice la plus proche de l'écorce est celle de la dernière blessure faite un an avant l'abattage. La cicatrice suivante, à gauche ou à droite, selon le sens adopté pour blesser l'arbre, sera celle faite l'année précédente, et ainsi de suite jusqu'à la dernière cicatrice, correspondant à la première blessure, qui devrait être la plus éloignée de l'écorce.

Une fois les cicatrices datées, la seconde étape consiste à repérer une variation quelconque de la structure du bois au niveau de chacune des cicatrices qui ne se répéterait pas dans la couche de bois située entre deux cicatrices consécutives. Si un ou plusieurs, caractères particuliers du bois apparaissent systématiquement à la hauteur de chaque cicatrice et jamais entre deux, ils traduisent alors l'expression même de la limite de l'accroissement à rythme annuel.

## **A. 1.2. Résultats**

### **Annualité des cernes en climat tropical**

Il est communément admis que les cernes d'accroissement du bois sont visibles, donc présents, essentiellement dans le bois des essences poussant sous des climats relativement rigoureux, ayant une saison très froide ou très sèche. Cette assertion est à la fois vraie et fautive. Ainsi, le bois des espèces de Chêne (*Quercus spp.*) poussant au Canada ou en Mongolie présente des cernes bien visibles à l'oeil nu, car soulignés par une zone poreuse, alors que celui des espèces du Guatemala ou du Vietnam, sans zones poreuses, ne montre les limites de ses cernes annuels que sous une loupe. Par contre, s'il est souvent possible de compter à l'oeil nu les cernes annuels du Doussié ou de l'Iroko du Cameroun, il faut utiliser une loupe pour détecter avec certitude ceux du Bouleau ou du Sorbier poussant en Finlande.

En définitive, la présence et/ou la visibilité des cernes annuels dans le bois semblent dépendre plus du genre botanique que du climat sous lequel a poussé l'arbre. L'Acajou d'Afrique, genre *Khaya*, ne présente pas de cernes visibles alors que l'Acajou d'Amérique, genre *Swietenia*, de la même famille, montre des cernes annuels bien nets alors qu'il pousse dans des forêts semblables aux mêmes latitudes.

### **Les essences analysées et les différents types de cernes**

#### **ACAJOU (*Khaya anthotheca* C.DC. et *K. ivorensis* A.Chev., famille des Méliacées) :**

Les cicatrices des blessures annuelles ne se trouvent jamais au niveau d'une variation remarquable du plan ligneux bien que des arrêts annuels de croissance diamétrale aient été constatés par les lectures des rubans dendromètres. Aucun cerne annuel d'accroissement ne peut être repéré dans cette essence par de simples observations à la loupe sur une section du tronc. Par contre, les espèces d'Acajou américain appartenant au genre botanique *Swietenia* (*S. mahagoni* Jacq. et *S. macrophylla* King) forment chaque année une ligne typique de parenchyme en limite d'accroissement, bien souvent perceptible à l'oeil nu sur une section finement poncée.

#### **AIELE (*Canarium schweinfurthii* Engl., famille des Burséracées) :**

Dans cette essence au plan ligneux très semblable à celui de l'Acajou africain, caractérisé par la rareté du parenchyme, aucune limite de cerne régulièrement présente chaque année n'a pu être mise en évidence.

#### **AVODIRE (*Turraeanthus africana* Pellegr., famille des Méliacées) :**

Dans cette essence très différente par son aspect de l'Acajou africain, mais très proche par la structure de son bois, aucune limite d'accroissement annuel dans le bois n'a pu être observée d'une façon simple et rapide.

#### **BETE (*Mansonia altissima* A.Chev., famille des Sterculiacées) :**

Les limites d'accroissements annuels existent mais sont relativement difficiles à repérer car elles sont la somme de variations plutôt discrètes du plan ligneux dont la perception est souvent atténuée par la couleur brun beige du bois parfait. La limite de l'accroissement est définie par un passage brusque de fibres à section un peu aplatie à des fibres de section plus cylindrique, de chaînettes de parenchyme fines et serrées à des chaînettes à distribution plus lâche et par la présence de pores de plus petit diamètre immédiatement avant la limite. Parfois une mince couche de bois sans pore caractérise le bois initial.

Des cernes partiellement nuls (aucune formation de bois durant une ou plusieurs années dans un secteur) ne sont pas rares d'où la nécessité d'analyser la section entière du tronc pour dater un arbre. Le phénomène de cerne nul (aucune formation visible de bois durant 1 ou 2 années sur toute la circonférence) existe mais ne semble pas fréquent.

#### **BOSSE (*Guarea cedrata* Pellegr., famille des Méliacées) :**

Cette essence marque ses accroissements annuels plus ou moins distinctement selon les individus, ou les périodes de vie dans le même arbre. Les lignes de parenchyme, relativement épaisses, espacées et sinueuses en début d'accroissement tendent à devenir plus fines, plus serrées et plus rectilignes à la fin. La dernière ligne de l'accroissement, fine et rectiligne, matérialise la limite du cerne.

Ce type de limite de cerne est parfois d'interprétation difficile chez les individus à croissance lente (cernes étroits). Chez ces individus, la datation peut être légèrement sous-estimée à cause de cernes nuls non décelables.

**DIBETOU (*Lovoa trichilioides* Harms, famille des Méliacées) :**

Dans cette essence, botaniquement et anatomiquement très proche de l'Acajou africain, aucune limite de cernes régulièrement présente chaque année n'a pu être mise en évidence de manière simple.

**DOUKA-MAKORE (*Tieghemella africana* Pierre et *T. heckelii* Pierre, famille des Sapotacées) :**

La détection des limites annuelles d'accroissement s'appuie essentiellement sur le parenchyme. Celui-ci se présente en lignes tangentielles tendant à se resserrer en fin d'accroissement. A la reprise d'activité l'année suivante, l'arbre forme une couche fibreuse avant de produire la première ligne de parenchyme. Cet espacement relativement large entre l'ultime ligne de parenchyme d'un cerne et la première ligne du cerne suivant est le principal caractère permettant de positionner la limite. En cas de doute, l'examen à plus fort grossissement permet de voir les fibres à section aplatie à la fin du cerne immédiatement suivies par les fibres à section plus circulaires du bois initial.

Les difficultés de repérage de ces cernes, et donc les imprécisions de datation, sont nombreuses, essentiellement chez les sujets à croissance lente ou très lente. Si le phénomène des cernes totalement nuls est indécidable lors du comptage, celui des cernes partiellement nuls peut être résolu en analysant chaque cerne sur toute la circonférence. Ce suivi des limites des cernes sur toute la circonférence permet aussi de déceler des cas où certaines limites s'estompent dans des secteurs, devenant indistinctes. Les faux cernes semblent très rares mais des dédoublements de limites peuvent être relativement fréquents dans les arbres à croissance rapide. Le dédoublement apparaît sous la forme de deux bandes fibreuses sombres encadrant un "cerne" très mince ne possédant que 2 ou 3 lignes de parenchyme alors que les autres cernes de cette zone en contiennent plus d'une quinzaine.

**DOUSSIE (*Azelia africana* Smith, *A. bipindensis* Harms et *A. pachyloba* Harms, famille des Caesalpiniacées) :**

La limite des cernes annuels est tracée par une fine ligne de parenchyme aisément repérable dans ce bois où le parenchyme est essentiellement associé aux pores. Dans le bois final, ce parenchyme forme plutôt de courtes ailes autour des pores alors que, dans le bois initial, il dessine plutôt un manchon ou un losange. Fréquemment l'accroissement débute par une mince bande de bois sans pore ni parenchyme.

La détection et le comptage des cernes annuels sur cette essence sont faciles. Le seul inconvénient susceptible de perturber l'exactitude d'une datation est le phénomène des cernes nuls qui peut se présenter dans des arbres à croissance très lente. Par contre le phénomène de dédoublement de la ligne terminale n'a pas été observé. En conséquence, tout cerne, même très étroit, doit être considéré comme représentant une couche annuelle d'accroissement.

**FARO (*Daniellia klainei* Pierre, *D. soyauxii* Rolfe et *D. thurifera* Benn., famille des Caesalpiniacées) :**

Les cernes annuels d'accroissement et leur limite présentent les mêmes caractéristiques que ceux du Doussié. Cependant, à l'inverse du Doussié, les Faro de forêt dense ne semblent pas avoir de cernes nuls. Par contre le dédoublement de la ligne terminale de parenchyme n'est pas un phénomène rare, même s'il est moins fréquent que dans les espèces de savane. Tout cerne anormalement étroit (moins d'un mm de large) parmi des cernes régulièrement larges de plusieurs mm doit être considéré comme faux.

**FRAMIRE (*Terminalia ivorensis* A.Chev., famille des Combrétacées) :**

Les limites des accroissements annuels sont essentiellement matérialisées par les pores et le tissu fibreux. Les dernières fibres de l'accroissement ont des parois plus épaisses et dessinent une mince bande sombre perceptible à l'oeil nu. Dans cette bande de fin de cerne, les pores ont un diamètre plus faible. Le début du cerne est caractérisé par une couche de bois sans pore. Cette couche, généralement remarquable peut être très mince, à peine perceptible lorsque les cernes sont étroits. Elle est très large (1 à 2 mm) dans les cernes des arbres à croissance très rapide.

L'expérience n'ayant été faite que sur des arbres de plantation, les phénomènes des faux cernes et des cernes nuls n'ont pas été observés. Néanmoins, il est probable qu'ils soient très rares ou inexistant.

**IROKO (*Milicia excelsa* C.C. Berg et *Milicia regia* C.C. Berg, famille des Moracées) :**

La couche annuelle d'accroissement se caractérise par une mince bande initiale sans pore ni parenchyme (apparaissant de teinte plus sombre sur le bois) puis par la présence de parenchyme associé aux pores qu'il relie plus ou moins fréquemment par anastomose. Ces anastomoses sont de plus en plus fréquentes à la fin de l'accroissement qui se termine par une fine ligne de parenchyme fréquemment entrecoupée.

Les causes d'erreur dans la détermination de l'âge, faux cernes et cernes nuls, sont rares dans cette essence.

**KOSIPO (*Entandrophragma candollei* Harms, famille des Méliacées) :**

Le bois de cette essence est caractérisé par son parenchyme en bandes épaisses, perceptibles à l'oeil nu. Dans les arbres ayant eu une croissance normale ou rapide, la limite des accroissements apparaît comme une bande sombre due à un plus grand espacement entre l'ultime bande claire de parenchyme de l'année précédente et la première bande de l'année suivante. Néanmoins tous les cernes d'accroissement ne peuvent être correctement et efficacement repérés qu'avec une loupe. La limite même de l'accroissement est matérialisée par une fine ligne de parenchyme continue ou discontinue. Il arrive que cette ligne typique soit partiellement ou totalement fusionnée avec la dernière bande de parenchyme. Dans ce cas, la limite est possible à situer car cette dernière bande de parenchyme de l'accroissement apparaît beaucoup plus rectiligne que les autres présentes dans le cerne.

Le phénomène des cernes nuls existe dans cette essence. Il est certain que le comptage des cernes dans de petits arbres à croissance lente ou au coeur de gros arbres ayant eu une jeunesse difficile sous-estimerait légèrement l'âge véritable de l'individu. Par contre, les faux cernes semblent très rares.

**LIMBA-FRAKE (*Terminalia superba* Engl. et Diels, famille des Combrétacées) :**

Bien que le Limba soit totalement différent de l'Iroko, ses cernes annuels présentent des caractères très semblables. Le début de l'accroissement est marqué par une petite couche de bois sans pore ni parenchyme puis les pores apparaissent entouré d'un parenchyme en losange tendant à devenir aliforme en fin d'accroissement. La limite est marquée par une fine ligne de parenchyme, continue ou discontinue. Cette ligne est parfois absente mais, dans ce cas, la transition bois final-bois initial est suffisamment nette pour marquer la limite. Les phénomènes des cernes nuls ou des faux cernes très trompeurs n'ont pas été remarqués.

**MOABI (*Baillonella toxisperma* Pierre, famille des Sapotacées) :**

Cette essence n'a pas été testée. Cependant sa très grande parenté botanique et anatomique avec le Douka-Makoré permet de penser que ses cernes sont annuels et ont les mêmes caractéristiques.

**NIANGON (*Heritiera utilis* Kosterm., famille des Sterculiacées) :**

Bien que cette essence présente des variations à périodicité annuelle de son plan ligneux, leur analyse et leur dénombrement se révèlent délicats. Dans le meilleur des cas, la limite est dessinée par une très fine ligne de parenchyme. Cependant cette ligne peut être épaisse et représenter alors soit une véritable limite atypique, soit une fausse limite. Le passage brusque d'une zone de couleur sombre (bois final) à une zone de teinte plus claire (bois initial) est aussi un bon critère de positionnement de la limite. Cependant si ces variations de teinte sont dues au contre-fil ou à une plus grande abondance du parenchyme en chaînettes ou à une zone plus poreuse, elles doivent être interprétées comme des limites de faux cernes.

En définitive, le comptage des cernes du Niangon est extrêmement délicat et les résultats obtenus doivent n'être considérés que comme des estimations larges des âges et vitesses de croissance.

**OKOUME (*Aucoumea klaineana* Pierre, famille des Burséracées) :**

Les cernes d'accroissement de cette essence sont très généralement bisannuels mais un rythme annuel est distinct sur le bois. L'accroissement commence par une large bande de bois clair, puis vient une large bande de bois plus sombre, suivie par une fine bande de bois clair et enfin par une fine bande de bois sombre. En pratique, l'âge de l'arbre devrait être égal soit à la moitié du nombre des bandes sombres, soit au nombre de bandes du même type, par la teinte comme par la largeur.

Le repérage et le comptage des cernes annuels ne posent pas de difficultés chez les arbres ayant eu une croissance normale ou rapide. Chez les arbres ayant eu une croissance lente ou très lente, la deuxième bande claire est souvent absente et les deux bandes sombres, la large et la fine, se trouvent fusionnées. La nature annuelle de l'alternance des couches est alors délicate à définir.

**PADOUK (*Pterocarpus soyauxii* Taub., famille des Fabacées) :**

Des cernes d'accroissement sont bien dessinés. Dans ce bois où le parenchyme est essentiellement associé aux pores, aliforme, les limites sont définies par une ligne de parenchyme, rectiligne ou très finement ondulée, continue ou brièvement interrompue. Ces limites apparaissent chaque année mais peuvent aussi se montrer au milieu de certains accroissements annuels où elles dessinent des faux cernes identiques aux vrais annuels. Dans l'ignorance de la fréquence de ces fausses limites, la détermination de l'âge des arbres de cette essence doit être considérée comme impossible actuellement. Cependant, ceci est la conclusion d'une étude réalisée sur un petit nombre d'arbres d'une même provenance (M'balmayo au Cameroun). Une seconde étude serait à faire sur plusieurs arbres de diverses provenances pour donner une conclusion définitive.

**SAMBA (*Triplochiton scleroxylon* K.Schum., famille des Sterculiacées) :**

La limite des accroissements annuels est dessinée par une ligne de parenchyme, pouvant aussi apparaître sous la forme d'un fin alignement de chaînettes. Avant cette ligne, le bois a une teinte plus sombre (bois final) due à l'épaississement des parois des fibres, après cette ligne, le bois prend une couleur plus claire.

Sachant que les variations de couleur du bois dues à des variations d'abondance de parenchyme ou de pores, ainsi que les bandes occasionnelles de parenchyme, sont à interpréter comme faux cernes, la datation des arbres de cette essence s'effectue facilement et avec précision, d'autant plus que le phénomène des cernes nuls n'a pas été observé. Les seules difficultés apparaissent lorsque les cernes annuels sont très étroits, ce qui n'est pas fréquent chez cette essence.

**SAPELLI (*Entandrophragma cylindricum* Sprague, famille des Méliacées) :**

La limite de l'accroissement annuel est dessinée par une ligne de parenchyme continue ou seulement très brièvement interrompue. Cette ligne limite se distingue bien des lignes plus courtes, et souvent associées aux pores, présentes dans l'accroissement. Dans les cernes relativement larges, le bois initial débute par une bande pauvre en pores et en parenchyme qui apparaît plus sombre et souligne ainsi la position de la limite.

Les faux cernes ne posent pas de problème. Observés lors de périodes à croissance très rapide, ils apparaissent sous la forme de dédoublements de la ligne limite dans des cernes très larges et pauvres en parenchyme. Inversement, les phases de croissance lente posent des problèmes. Outre le fait que les limites des accroissements minces ne sont pas toujours faciles à apprécier, le phénomène des cernes nuls, ou partiellement nuls, existe. Si les cernes partiellement nuls peuvent être détectés en analysant tous les cernes sur toute la circonférence, l'absence totale de cernes ne peut être détectée. Ce phénomène de cernes nuls peut se manifester fréquemment chez de jeunes et petits arbres très dominés.

**SIPO (*Entandrophragma utile* Sprague, famille des Méliacées) :**

Dans ce bois au parenchyme en courtes lignes onduleuses, la limite des accroissements annuels est tracée par une ligne de parenchyme continue et rectiligne. Elle est souvent suivie par une mince bande de bois initial de teinte plus sombre car pauvre en pores et en parenchyme.

Comme dans les autres essences, la lecture des cernes est parfois difficile dans le bois formé pendant des périodes à croissance lente. Cependant le phénomène des faux cernes est rare et celui des cernes nuls n'a pas été constaté.



**TALI (*Erythrophleum ivorense* A.Chev., famille des Caesalpiniacées) :**

Cette essence n'a pas été testée. Cependant sa très grande parenté botanique et anatomique avec le Doussié permet de penser que ses cernes sont annuels et ont les mêmes caractéristiques.

**TIAMA (*Entandrophragma angolense* C.DC., famille des Méliacées) :**

Comme chez les autres *Entandrophragma*, la limite des accroissements annuels est matérialisée par une ligne continue de parenchyme. Celle-ci se remarque facilement car, dans cette essence, le parenchyme est relativement rare, en petit manchon autour des pores. De ce fait, la mince bande fibreuse de bois initial soulignant la limite de cerne est bien moins visible que dans le Sapelli et le Sipo.

Des faux cernes pouvant être interprétés comme véritables n'ont pas été observés. Par contre, le phénomène des cernes partiellement ou totalement nuls existe et se manifeste d'autant plus fréquemment que la vitesse de croissance de l'arbre est faible.

Tableau 1 : Possibilité d'analyse de cernes par essence

Espèce	Acajou	Aiélé	Avodiré	Bété	Bossé	Dibétou	Doussié	Faro	Framiré	Kosipo	Iroko
<i>Nom scientifique</i>	<i>Khaya spp.</i>	<i>Canarium schweinfurthii</i>	<i>Turraeanthus africana</i>	<i>Mansonia altissima</i>	<i>Guarea cedrata</i>	<i>Lovoa trichilioides</i>	<i>Azelia bella</i>	<i>Daniellia thurifera</i>	<i>Terminalia ivorensis</i>	<i>Entandrophragma candollei</i>	<i>Milicia excelsa</i>
Possibilité de lecture	Non	Non	Non	Difficile	Difficile	Non	Facile	Facile	Oui	Facile	Oui
Cernes nuls ou partiellement nuls				Peu fréquents	Oui		Rares	Non	probablement non	Oui	Rares
Présence de faux cernes							Non	Oui	Rares (?)	Très rare	Rare

Espèce	Limba/ Fraké	Douka/ Makoré	Moabi	Niangon	Okoumé	Padouk	Samba/ Ayous	Sapelli	Sipo	Tali	Tiama
<i>Nom scientifique</i>	<i>Terminalia superba</i>	<i>Tieghemella heckelii</i>	<i>Baillonella toxisperma</i>	<i>Heritiera utilis</i>	<i>Aucoumea klaineana</i>	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	<i>Entandrophragma utile</i>	<i>Erythrophleum ivorense</i>	<i>Entandrophragma angolense</i>
Possibilité de lecture	Facile	Difficile	Probable	Délicat	Facile à difficile selon la croissance	Non (?)	Oui	Oui	Oui	Probable	Facile
Cernes nuls ou partiellement nuls	Non	Oui	Probable		Non		Non	Oui	Rares		Oui
Présence de faux cernes	Non			Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non		Oui

Tableau 2 : Difficulté d'analyse de cernes par essence

Espèces	Bois final de couleur sombre	Lignes terminales continues ou interrompues	Diverses variations dans le cerne	Zone fibreuse en début de cerne	Possibilité de datation
Acajou	0	-	-	-	-
Aiélé	0	-	-	-	-
Bété	±	±	±	0	+
Bossé	0	0	+	0	±
Dibétou	0	-	-	0	-
Douka	±	-	+	+	±
Doussié	0	+	-	±	+
Fraké	+	±	±	0	+
Framiré	+	-	-	+	+
Iroko	±	±	±	±	+
Kosipo	0	+	-	±	±
Niangon	±	±	±	-	±
Okoumé	+	-	+	-	±
Padouk	-	±	-	0	-
Samba	±	0	±	-	+
Sapelli	±	++	+	±	+
Sipo	±	+	+	0	+
Tiama	0	++	-	0	+

++ : toujours présent

+ : généralement présent et distinct

± : plus ou moins présent ou distinct

0 : peu fréquent ou pas très distinct

- : absent (ou impossible pour la possibilité de datation)

## B. Accroissements diamétriques de l'Ayous et du Sapelli en peuplements naturels dans la région de la Sangha Mbaéré

Le projet "Aménagement forestier pilote de la Sangha Mbaéré" était chargé de rédiger le plan d'aménagement du permis n°169 en forêt domaniale située au sud-ouest de la République centrafricaine, pour une surface forestière globale de 105 610 hectares. Dans ce cadre, ce projet s'est donc intéressé à l'étude de la croissance radiale de quelques unes des essences exploitées en priorité : l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), le Tali (*Erythrophleum ivorense*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*), le Kosipo (*Entandrophragma candollei*) et le Sipo (*Entandrophragma utile*).

Seuls les résultats concernant l'Ayous et le Sapelli sont détaillés dans le présent chapitre, ces deux essences ayant fait l'objet d'un relevé complet des cernes selon deux comptages différents (voir méthode) et ayant un nombre d'individus suffisant.

### B. 1. Sites et méthodes

#### B. 1.1. Sites

Le projet était implanté dans le département de la Sangha Mbaéré (Sud Ouest de la République Centrafricaine). La zone du projet est formée d'un plateau d'une altitude moyenne de 650 m au Nord descendant régulièrement au Sud Est vers la rivière Sangha, à une altitude de 370 m. Le climat est de type équatorial guinéen « forestier » à neuf mois de saison pluvieuse, deux mois d'intersaison et un mois de saison sèche (Aubréville, 1948).

Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 1665 mm/an. La saison sèche commence début décembre et s'achève fin février, mois pendant lesquels les précipitations sont inférieures à 50 mm.

La grande majorité de la forêt est décrite comme forêt dense semi-décidue à Sterculiacées et Ulmacées avec une faible part de forêt dense humide sempervirente (forêt ripicole ou peuplements purs de *Gilbertiodendron dewevrei*).

#### B. 1.2. Méthode de l'analyse de cernes

L'Ayous et le Sapelli ont fait seuls l'objet d'une étude de cernes détaillée. Trente quatre rondelles d'Ayous et cent quatre rondelles de Sapelli ont été récoltées sur des chantiers d'exploitation en forêt passant en première exploitation (Demarquez, 1997). Elles ont été prélevées sur des arbres sains, juste après leur abattage, à 1,3 m du sol ou au dessus des contreforts.

Chaque rondelle a été analysée sur un rayon. Ce rayon était celui qui approchait le plus de la circonférence de la rondelle divisée par  $2\pi$  dans le cas de rondelles dissymétriques.

Les analyses de cernes ont été réalisées de deux manières différentes :

- Le nombre de cernes a été noté pour chaque classe de diamètre (rayon de 5 cm, 10 cm ...)
- Le rayon de la rondelle a été relevé tous les cinq cernes.

Vu la lisibilité parfois délicate des cernes, la précision des relevés est de l'ordre du millimètre.

De plus, la lecture n'ayant pas été faite dans un laboratoire spécialement équipé, les résultats ne sont pas exempts d'erreurs liées à la présence de faux-cernes non identifiés comme tels ou à des cernes très fins non repérés.

Certains cernes ont pu être également oubliés lors du comptage parce qu'ils étaient absents (aucune croissance pendant une ou plusieurs années). De tels arrêts de croissance diamétriques peuvent exister chez le Sapelli mais restent cependant rares (Détienne et Mariaux, 1976). L'arbre peut alors croître uniquement en hauteur ou stagner complètement. Ces arrêts de croissance diamétrique sont très improbables chez l'Ayous, cette essence héliophile ne supportant pas de mise à l'ombre, même temporaire. D'autre part, les cernes sont souvent difficiles à percevoir dans les deux premiers centimètres à partir de la moelle car, selon les essences, ils peuvent être flous ou extrêmement minces.

Ainsi, en sus de l'erreur de lecture imputable au lecteur et que l'on peut estimer pour un opérateur expérimenté à 5 %, il faut ajouter une erreur de lecture concernant la période où l'arbre n'a pas encore atteint la canopée.

Les croissances moyennes données par les analyses de cernes sont ainsi probablement **surévaluées**, notamment pour les Méliacées.

Les effectifs sur lesquels ont été faites ces analyses ne sont pas très importants et ne permettent pas d'établir des accroissements "définitifs". Ils ont juste été faits pour constituer une "aide au choix" pour les aménagements.

Du fait de ces remarques, la moyenne des accroissements obtenue est donc à considérer avec précaution.

L'analyse de cernes permettant de calculer les accroissements par classe de diamètre **sur un même arbre**, les accroissements moyens pour deux classes de diamètre successives ne sont pas indépendants. Ceci est confirmé par l'analyse des corrélations qui rejette l'hypothèse d'indépendance au seuil de 1% pour :

- trois classes successives pour le Sapelli à partir de la première classe de diamètre ;
- pour toutes les classes successives à partir de la deuxième classe de diamètre pour l'Ayous;

Ainsi, pour comparer les accroissements en fonction du diamètre, une analyse de variance avec mesures corrélées a été effectuée sur les classes de diamètre de 10 en 10 cm, de 0 à X cm, X étant la borne supérieure permettant d'avoir un échantillon d'au moins 25 individus.

## B. 2. Résultats

Ces résultats resteront globaux car le nombre d'individus ne permet pas de rentrer trop en avant dans les détails.

### B. 2.1. Résultats pour l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*)

Les trente quatre rondelles d'Ayous récoltées ont des diamètres allant de 90 à 190 cm avec une majorité autour de 140 cm.

L'accroissement annuel moyen observé est de **11,1 mm/an** sur le diamètre avec un écart-type de 2,8 mm soit un coefficient de variation de 25 %.

L'évolution des diamètres de ces différentes rondelles dans le temps est présentée dans les deux figures suivantes (cf. figures 1 et 2).

Les courbes montrent une relation à peu près linéaire entre l'âge et le diamètre. Cependant, d'après la figure 3, la croissance n'est pas linéaire en fonction du diamètre : elle forme une courbe convexe, avec un maximum de croissance dans les diamètres de 60 à 120 cm.

Une analyse de variance avec mesures corrélées a été effectuée par classe de diamètre de 0 à 120 cm (douze classes), nombre d'individus minimum de trente quatre. Elle confirme l'observation de non linéarité : la différence est significative entre les accroissements par classe de diamètre ( $p = 0,007$  ;  $F=3,85$ ). Par contre, si on ne prend pas en compte la première classe de diamètre (0 à 10 cm), la différence par classe de diamètre n'est plus significative ( $p = 0,14$  ;  $F=1,77$ ). On a ainsi **une croissance constante par classe de diamètre** pour l'échantillon considéré **entre 10 et 120 cm de diamètre**.

Figure 1 : Evolution dans le temps des diamètres de 34 rondelles d'Ayous

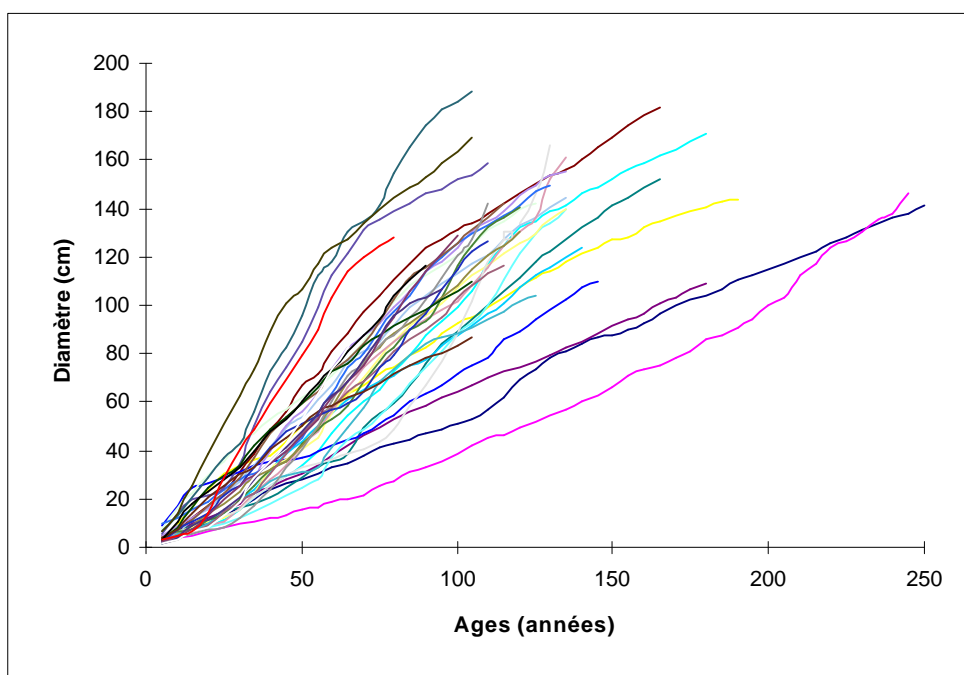


Figure 2 : Evolution du diamètre moyen dans le temps pour les 34 rondelles d'Ayous

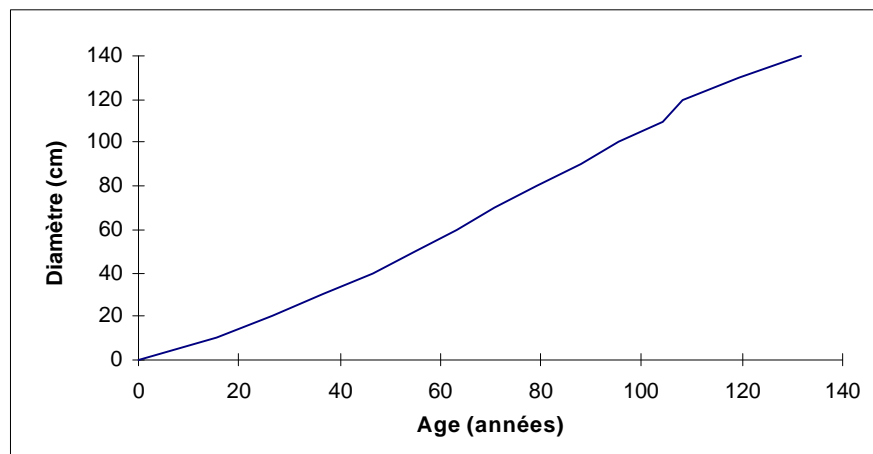


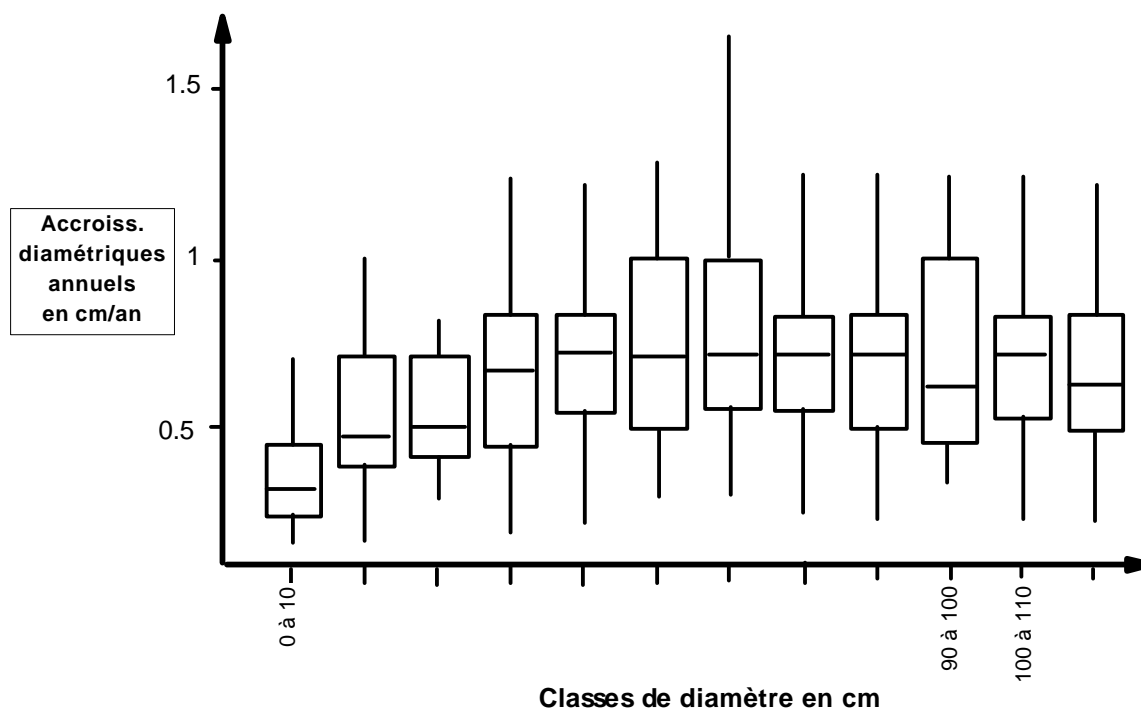
Tableau 2: Evolution du diamètre moyen en fonction de l'âge, pour l'Ayous

Age	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Diamètre (cm)	7,5	15,7	25,5	38,1	49,9	62,6	75,4	87,2	96,6	106,4	111,9	116,6	124,2

Tableau 3 : Accroissement annuel moyen par classe de diamètre pour l'Ayous, en cm

Classe de diamètre	0 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	60 à 70	70 à 80	80 à 90	90 à 100	100 à 110	110 à 120	120 à 130	130 à 140
moyenne	0,82	1,11	1,21	1,30	1,46	1,42	1,56	1,44	1,42	1,42	1,54	1,44	1,23	1,04
écart type	0,49	0,56	0,61	0,65	0,64	0,53	0,62	0,60	0,60	0,61	0,78	0,63	0,51	0,64

Figure 3 : Evolution de l'accroissement annuel moyen en fonction du diamètre pour l'Ayous



### B. 2.2. Résultats pour le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*)

Les cent quatre rondelles de Sapelli récoltées ont des diamètres allant de 74 à 202 cm avec une majorité proche de 120 cm.

L'accroissement annuel moyen observé est de **3,9 mm** sur le diamètre avec un écart-type de 0,9 mm soit un coefficient de variation de 23 %.

L'évolution des diamètres de ces différentes rondelles dans le temps est présentée dans les figures 4 et 5. Les courbes montrent une relation à peu près linéaire entre l'âge et le diamètre.

L'évolution de l'accroissement moyen par classe de diamètre montre une augmentation de l'accroissement jusqu'à 40 cm de diamètre puis une stabilisation de celui-ci (*cf.* figure 6).

Une analyse de variance avec mesures corrélées, a été effectuée sur douze classes de diamètre de 10 en 10 cm. Le nombre d'individus minimum est ainsi de 97.

Cette analyse montre que la différence entre les accroissements par classe de diamètre est significative, au seuil de 1‰ ( $p = 0,0001$  ;  $F=16,61$ ).

Cependant, en ne prenant en compte que les diamètres de **30 à 120 cm**, correspondant au « plateau » de croissance observé, en éliminant par la même occasion les accroissements des petites classes probablement sous estimées, la **différence n'est plus significative entre les accroissements par classe de diamètre** ( $p = 0,063$  ;  $F=1,94$ ). Ainsi on a **une croissance constante par classe de diamètre** pour l'échantillon considéré **entre 30 et 120 cm de diamètre**.

Si on calcule l'accroissement moyen pour les classes de diamètre de 30 à 140 cm, on obtient un accroissement annuel de **4,7 mm** avec un écart type de 1,9 mm et un coefficient de variation de 41 %.



Figure 4 : Evolution dans le temps des diamètres de 104 rondelles de Sapelli

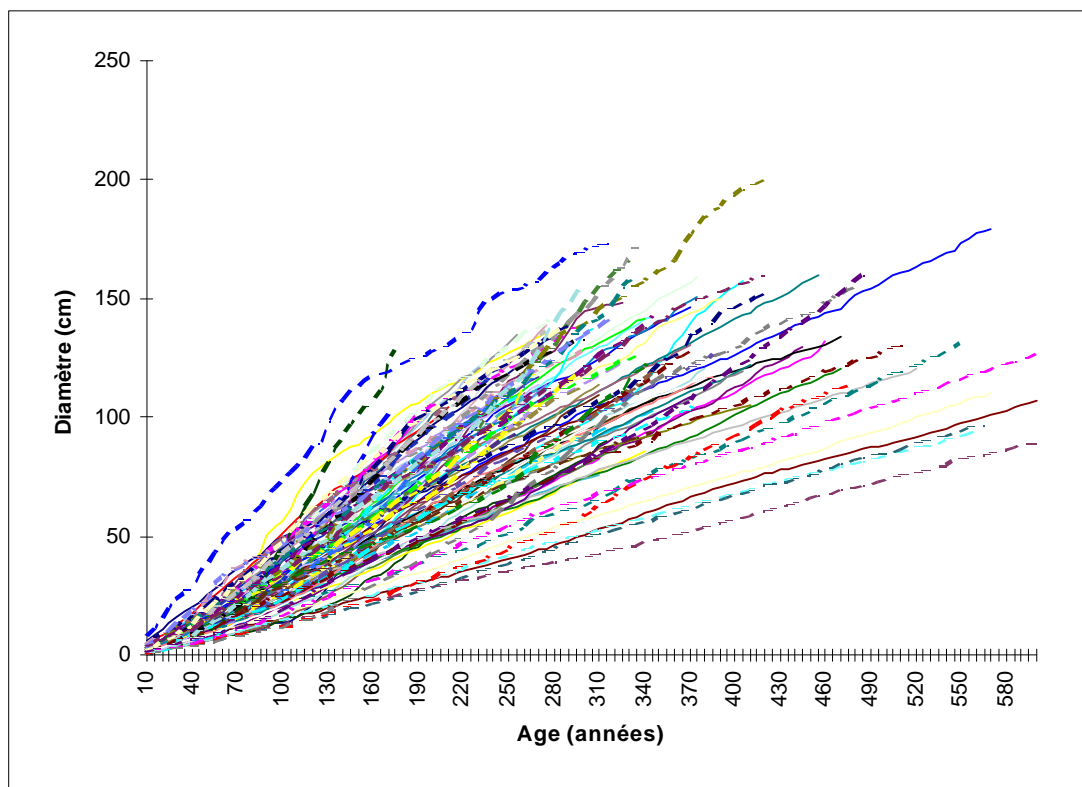


Figure 5 : Evolution du diamètre moyen en fonction de l'âge, pour le Sapelli

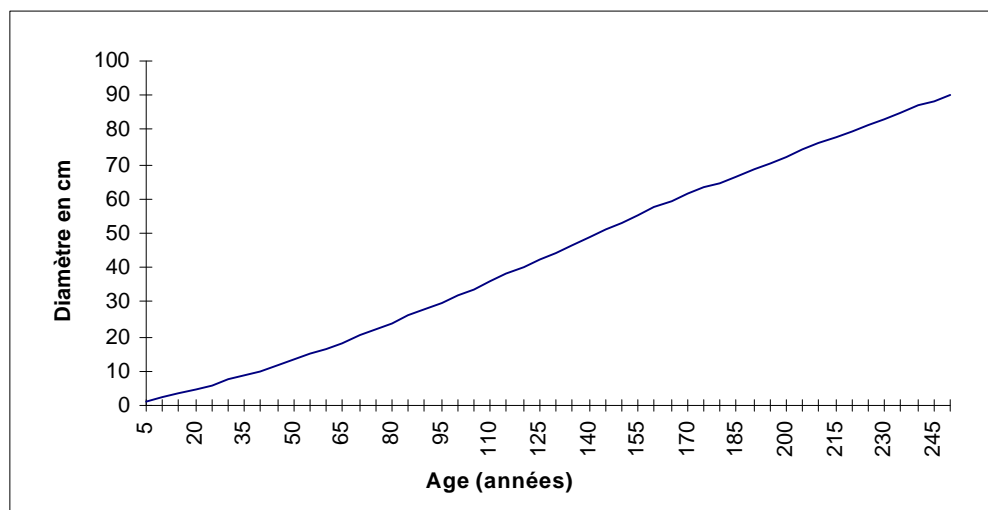


Tableau 4 : Evolution du diamètre moyen en fonction de l'âge, pour le Sapelli

Age	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Diamètre (cm)	2,5	4,7	7,3	10,0	13,1	16,5	20,1	23,9	28,0	32,0	36,0	40,2	44,4
Age	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
Diamètre (cm)	48,7	53,1	57,3	61,5	64,4	68,6	72,3	76,3	79,5	83,1	87,0	90,1	

Figure 6 : Evolution de l'accroissement annuel moyen en fonction du diamètre, pour le Sapelli

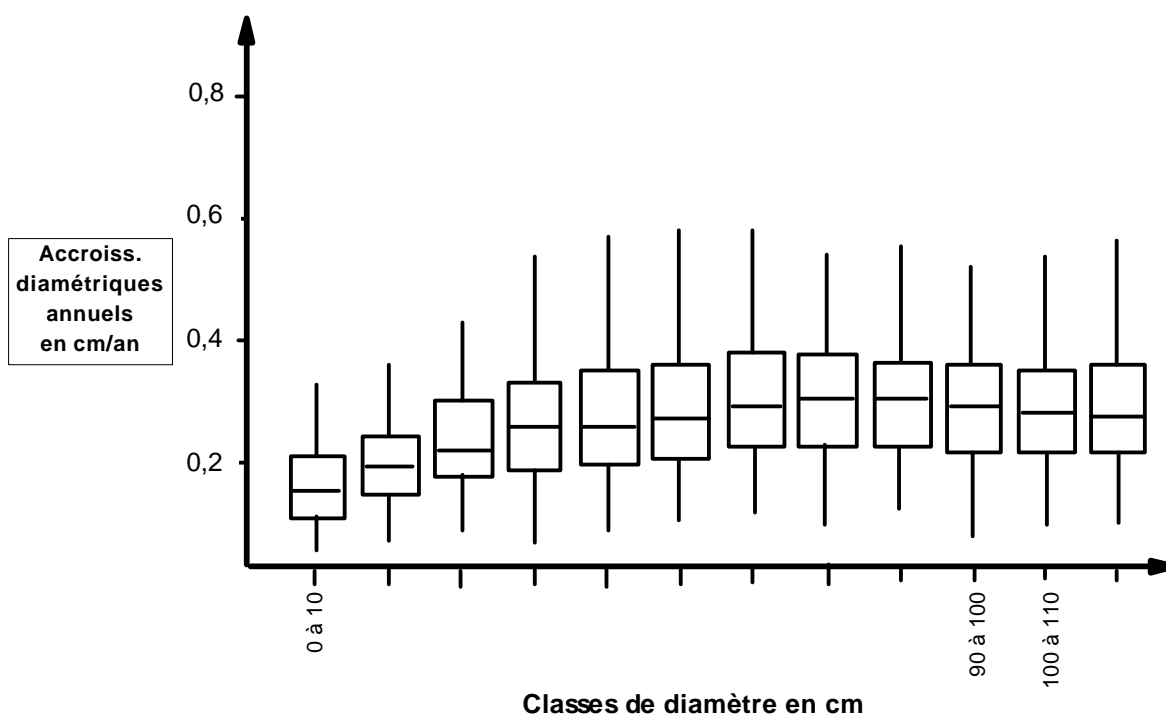


Tableau 5 : Accroissement annuel moyen par classe de diamètre pour le Sapelli, en cm

Classe de diamètre	0 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	60 à 70	70 à 80	80 à 90	90 à 100	100 à 110	110 à 120	120 à 130	130 à 140
moyenne	0,27	0,35	0,42	0,47	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,46	0,45	0,50
écart type	0,52	0,59	0,65	0,68	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	0,67	0,68	0,67	0,70

### B. 2.3. Synthèse des analyses de cerne au projet Sangha Mbaéré

Un tableau résumant les résultats obtenus ci-dessus ainsi que les accroissements moyens obtenus sur les autres essences étudiées au projet, est présenté ci-dessous (tab. 6).

Les courbes d'accroissement en fonction du diamètre des deux essences étudiées montrent une relation à peu près linéaire entre l'âge et le diamètre, pour l'échantillon considéré.

La croissance en diamètre est constante pour les deux essences quand on se place au dessus de 30 cm, c'est à dire pour les diamètres qui intéressent directement l'aménagiste pour le calcul des rotations de coupe. Ceci n'avait encore jamais été montré à notre connaissance, les études antérieures (p.e. Projet FAC 192) se contentant de fournir des valeurs d'accroissement brutes moyennes ou en fonction de l'âge.

Tab. 6 : Accroissements diamétriques moyens pour différentes essences, par analyse de cerne au projet Sangha Mbaéré, en Centrafrique

Essence	Accroissement diamétrique moyen en mm/an	Ecart type	Type de croissance en fonction du diamètre	Nombre d'arbres mesurés
Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	3,9* / 4,7**	0,9 * / 1,9**	Constante de 30 à 120 cm***	104
Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	11,1	2,8	Constante de 10 à 120 cm***	34
Tali ( <i>Erytrophleum ivorense</i> )	7,0	1,3	-	8
Tiama ( <i>Entandrophragma angolense</i> )	4,9	1,1	-	8
Kosipo ( <i>Entandrophragma candollei</i> )	4,6	1,5	-	5
Sipo ( <i>Entandrophragma utile</i> )	6,5	1,6	-	11

\* : accroissement des arbres de 0 à 120 cm de diamètre ;

\*\* : accroissement des arbres de 30 à 120 cm de diamètre

\*\*\* : au delà de ces diamètres, les effectifs étaient insuffisants pour une analyse statistique.

le tiret indique une insuffisance d'individus pour conclure de manière fiable.

## C. Synthèse des accroissements par essence

Plusieurs études visant à déterminer la croissance en diamètre par l'analyse de cernes sur des essences dont les cernes sont annuels ont été utilisées pour cette synthèse. Elles concernent essentiellement les espèces suivantes : Ayous / Samba (*Triplochiton scleroxylon*), Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Limba / Fraké (*Terminalia superba*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Tali (*Erythrophleum ivorense*), Tiama (*Entandrophragma angolense*), Kosipo (*Entandrophragma candollei*), Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et Moabi (*Baillonella toxisperma*).

Cette synthèse à partir des comptages de cernes a été complétée par une revue de la bibliographie concernant l'accroissement d'une quinzaine d'essences importantes pour l'aménagement forestier, données issues de Côte d'Ivoire, de Centrafrique, du Ghana et du Gabon.

### C. 1. Sites d'étude et nombre d'individus utilisés

#### C. 1.1. Analyses de cernes

Dans la plupart des cas, les comptages de cernes ont été réalisés par lecture sur plusieurs rayons perpendiculaires sur des rondelles prélevées sur des arbres abattus. Pour les comptages de cernes faits à Oyane en 1997 (Oyono, 1997), une partie seulement de la rondelle a pu être prélevée sur la souche d'arbres abattus en 1995. Pour les comptages effectués au projet Sangha M'baéré, les cernes ont été analysés sur un seul rayon.

- En Centrafrique, le Projet "Aménagement forestier pilote de la Sangha Mbaéré" présenté au chapitre précédent (Demarquez 1997).
- Toujours en Centrafrique, le projet "Etudes préalables à l'aménagement de la forêt dense" (Projet Fac 192, 1975) a publié les résultats d'analyses de cernes réalisées en forêt dense semi-décidue passant en première exploitation. La croissance de 154 Sapelli, 23 Limba, 67 Ayous, 7 Dibétou, 11 Iroko, 59 Sipo, 6 Tiama et 12 Kosipo a été analysée.
- Dans le sud-est du Cameroun, en forêt dense semi-décidue, le Projet A.P.I. de Dimako (Jardin, 1995) a étudié 17 rondelles d'Ayous et 11 rondelles de Fraké récoltées sur des chantiers d'exploitation en forêt secondaire et 3 rondelles d'Ayous et 15 rondelles de Sapelli sur des chantiers d'exploitation en forêt primaire.
- Toujours dans le sud-est du Cameroun, à l'est de la réserve du Dja, en forêt de transition entre forêt sempervirente et semi-décidue, dix rondelles de Moabi ont été analysées en forêt passant en première exploitation (Debroux, à paraître).

- Au Gabon, les analyses de cernes sur l'Okoumé ont été réalisées dans deux types de formations végétales : forêt à Okoumé dispersés et peuplements purs. Dans la première zone, à Sindara (PDFG, 1979a), 83 rondelles ont été prélevées sur les culées d'arbres abattus dans une forêt où l'Okoumé est dispersé pied à pied. Plus à l'intérieur du pays (PDFG, 1972), 440 carottes ont été prélevées sur des Okoumés dominants le long de plusieurs pistes forestières de la région de Lastoursville et Mitzié. Dans l'étage dominant de peuplements purs d'Okoumé, 111 rondelles ont été prélevées à Mopounou (PDFG, 1979a) et 182 à Oyane (PDFG, 1979b; Rivière, 1992; Oyono, 1997). Par ailleurs, on dispose de données antérieures citées dans la monographie de l'Okoumé (Brunck *et al.*, 1990).

### C. 1.2. Mesures de circonférence

Les dispositifs d'études sylvicoles utilisés à titre de comparaison avec les estimations de croissances obtenues par comptages de cernes sont les suivants :

- les dispositifs de Mopri, en forêt dense semi-décidue de Côte d'Ivoire et d'Irobo en forêt dense sempervirente (Durrieu de Madron *et al.*, 1997 et 1998) ;
- le dispositif de Mbaïki, en forêt dense semi-décidue de Centrafrique (Bedel *et al.*, 1997) ;
- les résultats obtenus au Ghana (Adler, 1989) ;
- le dispositif du projet "Aménagement en zone de savanes côtières au Gabon" (Nasi, 1997 ; Fuhr *et al.*, 1998) ;
- différentes études publiées sur l'Okoumé (Brunck *et al.*, 1990, Rivière 1992...).

Les forêts de Côte d'Ivoire (Irobo et Mopri) ne sont pas des forêts "vierges" mais ont été exploitées plusieurs années avant la mise en place des dispositifs. Nous avons utilisé seulement les résultats des parcelles témoins de ces dispositifs, représentatifs d'une grande partie de l'état des forêts classées ivoiriennes.

### C. 1.3. Possibilité de comparaison des résultats issus des lectures de cernes et des mesures périodiques de circonférences

Les estimations d'accroissement résultant des lectures de cernes sont souvent plus élevées que celles calculées par mesure des circonférences sur quelques années, car ;

- comme nous l'avons dit ci-dessus, les comptages ou mesures de cernes donnent parfois des résultats sur- ou sous-estimés (non formation de cernes visibles, problèmes de lectures au centre de la rondelle, problème de coeur excentré lors de lectures effectuées sur des barrettes ou sur des parties de rondelles, etc.) ;

- les mesures de circonférence prennent en compte tous les arbres d'une espèce donnée, y compris des arbres dépérissants ou dominés à accroissements nuls ou très faibles. Les analyses de cernes sont faites sur des grands arbres qui ont bénéficié de bonnes conditions de croissance (isolés ou dominants) durant la majeure partie de leur vie.

Pour pallier en partie cet effet, les arbres à accroissements nuls n'ont pas été pris en compte pour le calcul des accroissements par mesure externe de circonférence, dans les parcelles intouchées du dispositif de Mbaïki en Centrafrique et les parcelles témoins des dispositifs de Mopri et d'Irobo, en Côte d'Ivoire. De même, seuls les dominants sont considérés pour les peuplements purs d'Okoumé.

## C. 2. Résultats

### C. 2.1. Données obtenues à partir d'analyses de cernes

Les résultats des différentes analyses de cernes sont présentées sous forme de tableaux synthétiques où figurent les accroissements moyens et leurs écarts types quand ceux-ci sont disponibles.

#### En Centrafrique, projet FAC 192

Les comptages de cernes de 329 arbres de huit essences différentes dans différentes forêts denses du sud-ouest de la Centrafrique (Projet FAC 192, 1975), fournit les valeurs suivantes (cf. tab. 7) :

Tab. 7 : Accroissements diamétriques pour différentes essences, par analyse de cernes : résultats du projet FAC 192, en Centrafrique

Essence	Accroissement diamétrique en mm/an	Ecart type	Nombre d'arbres mesurés
Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	9,2	1,5	67
Fraké/Limba ( <i>Terminalia superba</i> )	9,4	2,3	23
Iroko ( <i>Milicia excelsa</i> )	5,1	0,9	11
Kosipo ( <i>Entandrophragma candollei</i> )	5,1	1,1	12
Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	4,8	0,9	154
Sipo ( <i>Entandrophragma utile</i> )	5,8	1,2	59
Tiama ( <i>Entandrophragma angolense</i> )	4,6	0,8	6

### Au Cameroun, projet A.P.I. Dimako

Trente-six rondelles appartenant à trois essences différentes dans différentes forêts semi-décidues au sud-est du Cameroun (Jardin 1995), fournissent les valeurs du tableau 8. Il semble que ces valeurs soient légèrement sur-estimées par l'oubli de quelques cernes (manque de rigueur dans les comptages).

Tab. 8 : Accroissements sur le diamètre pour l'Ayous, le Fraké et le Sapelli, par analyse de cernes au Cameroun

Essence	Accroissement diamétrique en mm/an	Ecart type	Nombre d'arbres mesurés
Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	6,4	1,9	15
Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	13,8	4,4	20
Fraké/Limba ( <i>Terminalia superba</i> )	11,2	6,4	11

### Au Cameroun, Résultats à l'est de la réserve du Dja

Dix rondelles de Moabi (*Baillonella toxisperma*) de diamètre variant entre 19 et 223 cm et provenant d'une forêt de transition passant en première exploitation, fournissent un accroissement moyen de 0,48 cm/an avec un écart type de 0,11 (Debroux, à paraître).

### Premières analyses de cernes en Côte d'Ivoire et au Cameroun

Détienne et Mariaux (1975, 1976 et 1977) ont étudié, entre 1966 et 1971, les cernes de douze Ayous de forêt naturelle répartis depuis la Côte d'Ivoire jusqu'en Centrafrique. L'accroissement moyen observé est de 11 mm/an sur le diamètre.

Les accroissements diamétriques de plusieurs espèces de Méliacées à bois rouge et de Niangon issus de forêts naturelles de Côte d'Ivoire et du Cameroun ont été analysés.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (9).

Tab. 9 : Accroissements diamétriques pour quelques essences issus d'analyses de cerne, en Côte d'Ivoire et au Cameroun

Essence	Nombre d'arbres observés	Diamètre moyen	Age moyen déterminé	Accroissement diamétrique annuel moyen (en mm)
Kosipo ( <i>Entandrophragma candollei</i> )	5	91	144	6,3
Niangon ( <i>Heritiera utilis</i> )	4	43	80	5,4
Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	26	35	104	3,4
Sipo ( <i>Entandrophragma utile</i> )	4	33	88	3,7
Tiama ( <i>Entandrophragma angolense</i> )	6	41	79	5,8

## Au Gabon sur l'Okoumé

Bedel (1969 in Brunck *et al.*, 1990) détermine un accroissement moyen annuel en diamètre de 10 mm/an jusqu'à 60 ans qui diminue progressivement jusqu'à 5 mm/an à 120 ans sur des Okoumés dominants de la zone littorale.

L'analyse de 83 rondelles d'Okoumé exploités ( diamètre supérieur à 70 cm) dans une forêt (Sindara, première zone) où cette espèce est dispersée pied à pied donne un accroissement moyen annuel de 9,4 mm/an (PDFG, 1979a). Contrairement au Sapelli, la croissance n'apparaît pas constante, elle est maximum entre 30 - 50 cm de diamètre comme le montre le tableau (10):

Tab. 10 : Accroissements en fonction du diamètre pour l'Okoumé poussant en forêt mélangée

Diamètre (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Acc. (mm/an)	8,6	10,0	10,6	10,6	10,2	9,5	8,8	8,2	7,6	7,2

Pour Geiser (PDFG, 1972), les accroissements sont beaucoup plus faibles à l'intérieur du pays qu'en première zone plus proche du littoral. L'analyse de près de 400 barrettes prélevées sur des Okoumés dominants proches des limites nord et est de l'aire de distribution donne des valeurs entre 5 et 6 mm/an pour l'accroissement moyen. L'accroissement courant est variable en fonction du diamètre, il est maximum (7 mm/an) entre 10 et 30 cm puis diminue régulièrement jusqu'à 90 cm (environ 4,5 mm/an).

Dans les peuplements purs d'Okoumé qui sont des formations équiennes (Rivière, 1992; Nasi, 1997; Oyono, 1997), il est plus difficile de donner un accroissement moyen car celui-ci va être variable en fonction de l'âge du peuplement : les individus dominants d'un bouquet jeune (cinq à quinze ans) vont pousser plus vite que ceux d'un bouquet âgé. Un accroissement en fonction de l'âge synthétisé dans le tableau 6 paraît donc plus intéressant.

Tab. 11 : Accroissements en fonction du diamètre pour l'Okoumé poussant en peuplements purs

Accroissements courants moyens (mm/an)											
Age (ans)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55
Sites											
Moupounou (111 ind.)	15,0	16,6	14,8	12,1	11,9	8,8	8,5	8,4	8,4		
Oyane (182 ind.)	15,5	16,5	15,3	13,1	12,4	11,0	9,8	7,7	7,3	7,1	6,7

Du tableau 11, on peut déduire qu'il faut environ cinquante cinq ans pour produire un Okoumé de 60 cm de diamètre, soit un accroissement annuel moyen de 1,1 cm/an environ. Cette valeur est supérieure à celle obtenue en forêt mélangée mais la baisse des accroissements à partir de trente ans laisse supposer que la croissance ralentit progressivement avec l'âge sans intervention sylvicole et qu'il faudrait environ 75 ans pour produire un Okoumé exploitable de 70 cm de diamètre, soit un accroissement moyen de 9 mm/an environ.



## C.2.2. Données obtenues à partir des mesures pluriannuelles de la circonférence

### Résultats de Côte d'Ivoire

Le dispositif de Mopri, en forêt dense semi-décidue de Côte d'Ivoire fournit les chiffres suivants après quatorze ans de mesures, (tab. 12) :

Tab. 12 : Accroissements diamétriques moyens en mm/an calculés dans le dispositif de Mopri, en forêt dense semi-décidue de Côte d'Ivoire, sur des arbres de 10 à 70 cm de diamètre après quatorze ans de mesure

Essence	Accroissements moyens en mm/an sur le diamètre	
	Moyenne	Ecart type
Acajou ( <i>Khaya spp.</i> )	4,2	3,8
Aniégré blanc ( <i>Aningeria altissima</i> )	3,3	2,4
Bossé ( <i>Guarea cedrata</i> )	2,9	2,0
Dabéma ( <i>Piptadeniastrum africanum</i> )	4,9	3,2
Kotibé ( <i>Nesogordonia papaverifera</i> )	3,6	2,4
Méliacées*	2,7	2,1
Samba ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	9,4	5,3
Sapelli ( <i>Entandophragma cylindricum</i> )	2,8	2,2

\* Sapelli, Sipo, Kosipo et Tiama réunis

De même, le dispositif d'Irobo, en forêt dense sempervirente de Côte d'Ivoire, fournit les chiffres suivants après douze ans de mesures, (tab. 13) :

Tab. 13 : Accroissements diamétriques observés, en Côte d'Ivoire en parcelles témoins sur des arbres de 10 à 70 cm de diamètre - forêt dense sempervirente d'Irobo

Essence	Accroissements moyens en cm/an sur le diamètre	
	Moyenne	Ecart type
Tali ( <i>Erytrophleum ivorense</i> )	6,5	5,0
Niangon ( <i>Heritiera utilis</i> )	4,1	3,3
Dibétou ( <i>Lovoa trichilioides</i> )	4,9	5,0
Kondroti ( <i>Rhodognaphalon brevicuspe</i> )	3,4	2,9
Meliacées*	3,9	2,4

\* Sapelli, Sipo, Kosipo et Tiama réunis

### Résultats de Centrafrique

Ces résultats proviennent du dispositif d'études sylvicoles de Mbaïki (Bedel *et al.* 1997). Les accroissements ont été calculés entre 1987 et 1995, sur des arbres de 10 à 70 cm de diamètre, présents en 1987 et en 1995. Les arbres à accroissements nuls ne sont pas pris en compte.

Tab. 14 : Accroissements diamétriques moyens par essence, arbres de 10 à 70 cm de diamètre, dispositif de Mbaïki en Centrafrique - Parcelles témoins

Essence	Effectif (1987)	Accroissement moyen en mm/an	Ecart type
Sapelli ( <i>Entandrophragma cylindricum</i> )	52	3,3	3,1
Tiama ( <i>Entandrophragma angolense</i> )	33	2,5	2,2
Acajou ( <i>Khaya spp.</i> )	21	3,4	4,0
Tali ( <i>Erytrophleum ivorense</i> )	16	4,5	4,1
Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> )	20	4,8	3,4
Niové ( <i>Staudtia kamerunensis</i> )	217	1,1	1,3
Kotibé ( <i>Nesogordonia papaverifera</i> )	26	3,2	3,0
Aniégré blanc ( <i>Aningeria altissima</i> )	35	3,2	2,3
Longhi ( <i>Gambeya boukokoensis</i> )	68	3,6	2,8

## Résultats du Ghana

Les calculs d'où sont tirées les données du tableau 15 ont été effectués sur 11 000 arbres répartis sur 256 placettes permanentes. Ces arbres appartiennent à vingt quatre essences mais seuls les résultats concernant 14 d'entre elles, présentant des "enregistrements suffisamment bons" ont été utilisés (Adler, 1989). Aucun effectif n'est fourni, ni l'intervalle de temps entre deux mesures.

Tab. 15 : Accroissements diamétriques pour différentes essences par classes de diamètre, au Ghana (Adler, 1989)

Classe de diamètre (cm) Essence	Accroissements en mm/an					
	10-29	30-49	50-69	70-89	90-109	Sup. à 110
Acajou	4,3	8,5	7,6	7,2	10,3	10,32
Ayous	9,2	8,5	6,7	6,8	5,5	4,6
Bossé clair	3,2	5,5	4,6	5,2	5,2	-
Dabéma	5,9	9,0	11,1	8,3	5,8	5,8
Iroko	3,3	3,7	4,9	5,9	5,9	5,9
Kotibé	4,2	4,0	3,7	2,6	2,6	2,6
Sapelli	3,0	6,4	7,8	6,5	5,8	7,7
Sipo	3,7	7,3	11,5	6,5	5,1	5,1
Tiama	2,2	4,1	6,6	4,6	4,6	4,4

Les accroissements semblent variables par classes de diamètre. Cependant, la taille des échantillons dans chacune de ces classes n'étant pas indiquée, il est difficile d'interpréter ces variations.

Adler résume ainsi ses études : l'accroissement diamétrique est de 0,8 à 1 cm pour les essences pionnières telles que l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) et de 4 à 5 mm/an pour les Méliacées (Sapelli, Sipo, Kosipo et Tiama) et l'Iroko (*Milicia spp*), plus sciaphiles.

Il est de 2 à 3 mm/an pour les essences à croissance lente, comme le Bossé clair (*Guarea cedrata*) et le Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*).

Ces conclusions ne sont pas tout à fait cohérentes avec les chiffres du tableau, en particulier pour le Sapelli dont la croissance semble plus proche de 6 mm que de 4 à 5 mm. Ceci est probablement dû à un poids important des effectifs de la classe de diamètre 10 à 30 cm, qui présentent des accroissements plus faible. Cette remarque rejoint les observations faites d'après les analyses de cernes au projet de la Sangha Mbaéré (Centrafrique).

## Résultats au Gabon

Nasi (1997) montre que l'accroissement des Okoumés dominants en peuplements purs du dispositif d'Oyane varie en fonction de l'âge et de la classe de diamètre :

*Tab. 16 : Accroissements d'Okoumés dominants dans six groupes de parcelles d'âge croissant du dispositif d'Oyane, au Gabon, en cm/an*

Classes de diamètre (cm)	7 à 12 ans	20- 25 ans	25-30 ans	35-40 ans	40-45 ans	50-60 ans
< 10	1,31 (225)					
10-20	1,97 (49)	1,26 (87)	0,92 (87)			
20-30		1,56 (121)	1,02 (245)	0,54 (33)		
30-40		1,34 (29)	1,27 (176)	0,76 (89)	0,47 (49)	0,56 (20)
40-50			1,28 (37)	0,85 (71)	0,65 (108)	0,54 (59)
50-60				1,12 (27)	0,91 (89)	0,68 (50)
60-70				1,25 (20)	1,10 (46)	0,95 (49)
70-80						0,78 (33)

Les valeurs entre parenthèses indiquent le nombre d'arbres utilisés pour les calculs.

### C.2.3. Synthèse des valeurs d'accroissement

Le tableau 17 résume les différents accroissements moyens décrits dans les paragraphes précédents. Les accroissements figurés dans ce tableau représentent juste des ordres de grandeur destinés à fournir une aide à l'aménagiste et ne représentent pas une valeur d'accroissement standard.

Tableau 17 : Récapitulatif des accroissements diamétriques de toutes les études disponibles en forêt dense africaine, en mm/an.

Essence	Analyse de cerne								Mesure de circonférence				
	Cameroun API Dimako	Cameroun et C. d'Ivoire	RCA FAC 192	RCA Sangha M'Baéré	Sindara (zone 1 – Gabon)	Intérieur du Gabon	Cameroun forêt de transition	Oyane peuplements purs	Oyane peuplements purs	Irobo (témoin) 10-70 cm de diamètre	Mopri (témoin) 10-70 cm de diamètre	M'Baïki (témoin) 10-70 cm de diamètre	Ghana tous diamètres
Acajou										4,2	3,4		
Aniégré blanc										3,3	3,2		
Ayous	13,8		9,2	11,1						9,4	4,8	8 à 10	
Bossé Clair										2,9		2 à 3	
Dabéma										4,9		8 à 10	
Dibétou			7,6*						4,9				
Fraké	11,2		9,8										
Iroko			5,1*									4 à 5	
Kosipo		5,8*	5,1*	4,6*								4 à 5	
Kotibé										3,6	3,2	2 à 3	
Moabi							4,8*						
Niangon		5,4*							4,1				
Okoumé					9,4	5 à 6		7 à 15	5 à 15				
Sapelli	6,4	3,4	4,8	3,9/4,7**						2,8	3,3	4 à 5	
Sipo		3,7*	5,8	6,5*								4 à 5	
Tali				7,0*					6,5		4,5		
Tiama		5,8*	4,6*	4,9*							2,5	4 à 5	

AC = analyse de cerne \* = effectifs faibles \*\* = accroissement des arbres de 30 à 120 cm de diamètre.  
 Accroissements en italique = accroissements variables par classe de diamètre ou en fonction de l'âge.

Ce tableau confirme les résultats d'Adler (1989) : on peut estimer l'accroissement diamétrique moyen des Méliacées (Sapelli, Sipo, Kosipo et Tiama) et de l'Iroko (*Milicia excelsa*) de 4 à 5 mm/an.

Il est de 2 à 3 mm/an pour les essences à croissance lente, comme le Bossé clair (*Guarea cedrata*) et le Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*).

L'accroissement diamétrique est d'environ 1 cm/an pour les essences pionnières telles que l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), le Fraké (*Terminalia superba*) ainsi que pour l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), pour les diamètres allant de 20 à 100 cm.

### C. 3. Conclusion

La comparaison entre les accroissements obtenus sur analyse de cernes et les résultats des autres dispositifs n'est présentée qu'à titre indicatif et est à prendre avec précaution, vu la surévaluation probable de l'accroissement par l'analyse de cernes. Les quelques années de mesures périodiques de circonférence des arbres sur pied à partir des années 1980 sont pour leur part riches d'enseignement mais couvrent une période trop courte, dans la vie des arbres pour donner une bonne vision de la croissance.

Cependant, d'une manière générale, les accroissements observés par les deux méthodes sont assez proches et permettent d'avoir des fourchettes assez précises pour le calcul des rotations entre deux exploitations.

L'analyse de cerne est une « photographie rétrospective » de la vie de l'arbre. C'est une méthode qui présente un intérêt dans des domaines comme la dendrométrie, la climatologie, la physiologie, l'anatomie... et qui complète utilement les mensurations des arbres sur pied. Elle permet l'étude des rythmes de croissance et des réactions des arbres aux paramètres écologiques externes (précipitations, attaques parasitaires...) et aux interventions humaines comme les éclaircies.

Les données d'accroissement tirées de ces études, sont aujourd'hui d'une grande utilité pour le calcul des possibilités et des rotations dans le cadre de la gestion durable des forêts denses africaines.

## Bibliographie

ADLER D. -1989 - Natural forest increment, growth and yield. *In* Wong J.L.G. et Dunn R.M ; Ghana forest inventory project seminar proceedings 29 - 3 march 1989 Overseas Development Administration (UK) / Ghana Forestry Department pp 47-52.

AMOBİ C.C. - 1973 - Periodicity of wood formation in some trees of lowland rainforest in Nigéria. *Ann. Bot.* 37:211-218.

BEDEL F., DURRIEU de MADRON L., DUPUY B. - 1997 - Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine : le dispositif de M'Baïki en République Centrafricaine (1982 - 1995). Projet FORAFRI 60 p. + annexes.

BRUNCK F., GRISON F., MAITRE H.F. - 1990 - L'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre), Monographie. Centre Technique Forestier Tropical, 102p.

COSTER Ch. - 1927 & 1928 - Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen- und *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* 37: 49-160 & 38: 1-114.

DEBROUX L. - A paraître - Vers un aménagement des forêts naturelles sur la base de la dynamique de population des espèces commerciales : l'étude du Moabi dans la forêt du Dja. Thèse de doctorat de l'université de Gembloux.

DEMARQUEZ B. - 1997 - Etude de l'accroissement en diamètre de plusieurs essences. MEEFCP/ Projet d'aménagement forestier pilote de la Sangha M'baéré. 14p.

DETIENNE P. et MARIAUX A. - 1975 - Nature et périodicité des cernes dans le bois de Niangon. *Bois et Forêts des tropiques* 159:29-37

DETIENNE P. et MARIAUX A. - 1976 - Nature et périodicité des cernes dans le bois de Samba. *Bois et Forêts des tropiques* 169:29-35.

DETIENNE P. et MARIAUX A. - 1977 - Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges des Méliacées africaines. *Bois et Forêts des tropiques* 175:52-61.

DETIENNE (P.) - 1989 - Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. *IAWA Bulletin* n.s., Vol 10 (2):123-132.

DURRIEU de MADRON L. FAVRICHON V., DUPUY B., BAR HEN A., HOUDE L., MAITRE H.F. - 1997 - Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri, Côte d'Ivoire (1978-1992). Projet FORAFRI 75p.

DURRIEU de MADRON L., DEMARQUEZ B. - 1998 - Accroissements diamétriques du Sapelli, de l'Ayous et du Limba en peuplements naturels. Contribution à l'atelier FORAFRI de Libreville d'octobre 1998 9p.

DURRIEU de MADRON L., FAVRICHON V., DUPUY B., BAR HEN A., MAITRE H.F. 1998. - Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo, Côte d'Ivoire (1978-1990). Projet FORAFRI 68p.

FUHR M., NASI R., MINKOUE J.-M. – 1998 - Les peuplements d'Okoumé éclaircis au Gabon. *Bois et Forêts des Tropiques* 256:5-20.

JARDIN J.L. - 1995 - Etude de la croissance de l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), du Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) et du Fraké (*Terminalia superba*). A.P.I Dimako 23p.

LOWE (R.G.) - 1968 - Periodicity of a tropical rain forest tree, *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Commonw. For. Rev.* 47 (n°132):150-163.

MARIAUX A. - 1967 - Les cernes dans les bois tropicaux africains. Nature et périodicité. *Bois et Forêts des Tropiques* 113: 3-14 & 114: 23-37.

MARIAUX A. - 1969 - La périodicité des cernes dans le bois de Limba. *Bois et Forêts des tropiques* 128:39-54.

MARIAUX A. - 1970 - La périodicité de formation des cernes dans le bois de l'Okoumé. *Bois et Forêt des Tropiques* 131:37-50.

NASI R. - 1997 - Les peuplements d'Okoumé au Gabon. Leur dynamique et croissance en zone côtière. *Bois et Forêts des Tropiques* 251:5-27.

OYONO F. – 1997 - Analyse des cernes et dendrochronologie sur *Aucoumea klaineana*: reconstitution de la croissance en diamètre à partir des données de comptage de cernes et liaison avec les possibles paramètres explicatifs externes. Mémoire de fin de cycle, Ecole Nationale des Eaux et Forêts du Cap Estérias, 25p. + annexes.

PDFG - 1972 - Croissance de l'Okoumé en 3<sup>ème</sup> zone. Développement Forestier du Gabon. Programme des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation. FO:SF/GAB 6, Document de travail 4, 22p.

PDFG - 1979a - Aménagement du Massif de Fougamou (tome 1). Plan de Développement Forestier du Gabon, 3<sup>ème</sup> phase. Programme des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation, Centre Technique Forestier Tropical. FO/DPGAB/73/002 rapport technique 1, 293p. + annexes.

PDFG - 1979b - Aménagement du Sud Estuaire. Plan de Développement Forestier du Gabon, 3<sup>ème</sup> phase. Programme des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation, Centre Technique Forestier Tropical. FO/DPGAB/73/002 rapport technique 2, 253p. + annexes.

PROJET FAC 192 - 1975 - Etudes préalables à l'aménagement de la forêt dense - 3<sup>ème</sup> partie : études d'accroissement. M.T.E.F.C.P. (République Centrafricaine) 105p.



RIVIERE L. - 1992 - Etude de l'évolution des peuplements naturels d'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) dans le sud-estuaire du Gabon. Construction de tables de production provisoires. Thèse de Diplôme d'Etudes Doctorales. Université de Paris VI, 163p. + annexes.

ROGERS S. - 1981 - Seasonal variation in radial growth and phloem activity of *Terminalia ivorensis* A.Chev. *Ann. Bot.* 47 : 603-610.

# Série FORAFRI

## Document 1.

Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Dispositif de M'Baiki en République Centrafricaine (1982-1995).

1998. Frédéric Bedel, Luc Durrieu de Madron, Bernard Dupuy, Vincent Favrichon, Henri Félix Maître, Avner Bar-Hen, Philippe Narbonni. 72 p.

## Document 2.

Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo. Côte d'Ivoire (1978-1990).

1998. Luc Durrieu de Madron, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar-hen, Henri Félix Maître. 69 p.

## Document 3.

Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri. Côte d'Ivoire (1978-1992).

1998. Luc Durrieu de Madron, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar-Hen, Louis Houde, Henri Félix Maître. 73 p.

## Document 4.

Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine.

1998. Bernard Dupuy. 328 p.

## Document 5.

Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers.

1998. Avner Bar-Hen. 110 p.

## Document 6.

Aménagement forestier en Guinée.

1998. Nicolas Delorme. 185 p.

## Document 7.

Le projet d'aménagement Pilote intégré de Dimako (Cameroun).

1998. Luc Durrieu de Madron, Eric Forni, Alain Karsenty, Eric Loffeier, Jean-Michel Pierre. 158 p.

## Document 8.

L'identification des finages villageois en zone forestière. Justification analyse et guide méthodologique.

1998. Alain Pénelon, Luc Mendouga, Alain Karsenty, Jean-Michel Pierre. 30 p.

## Document 9.

Estimation de la qualité des arbres sur pied.

1998. Meriem Fournier-Djimbi, Daniel Fouquet. 22 p.

## Document 10.

Les G.P.S. De l'acquisition des relevés à leur intégration dans un SIG.

1998. Vincent Freycon, Nicolas Fauvet. 84 p.

## Les bibliographies du CIRAD

Gestion des écosystèmes forestiers denses d'Afrique tropicale humide. 1. Gabon

1998. Bernard Dupuy, Catherine Gérard, Henri-Félix Maître, Annie Marti, Robert Nasi. 207 p.

## Document 11.

Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains.

1998. Jean Gérard, A. Edi Kouassi, Claude Daigremont, Pierre Détienne, Daniel Fouquet, Michel Vernay. 185 p.

## Document 12.

Les cartes, la télédétection et les SIG, des outils pour la gestion et l'aménagement des forêts tropicales d'Afrique Centrale.

1998. Michelle Pain-Orcet, Danny Lo-Seen, Nicolas Fauvet, Jean-François Trébuchon, Barthélémy Dipapoundji. 30 p.

## Document 13.

Le SIG, une aide pour tracer un réseau de pistes forestières. Méthodes et résultats.

1998. Vincent Freycon, Etienne Yandji. 70 p.

## Document 14.

Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide. Eléments pour une méthodologie d'analyse de données.

1998. Vincent Favrichon, Sylvie Gourlet-Fleury, Avner Bar-Hen, Hélène Dessard. 67 p.

## Document 15.

L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine.

1998. Pierre Détienne, Faustin Oyono, Luc Durrieu de Madron, Benoît Demarquez, Robert Nasi. 40 p.

## Document 16.

Dynamique et croissance de l'Okoumé en zone côtière du Gabon.

1998. Marc Fuhr, Marie-Anne Deleigue, Robert Nasi, Jean-Marie Minkoué. 60 p.

## Document 17.

Les techniques d'exploitation à faible impact en forêt dense humide camerounaise.

1998. Luc Durrieu de Madron, Eric Forni, M. Mekok. 30 p.

## Document 18.

Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre (PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale

1999. Mathurin Tchatat – en collaboration avec Robert Nasi, Ousseynou Ndoeye. 95 p.

## Document 19.

L'aménagement forestier au Gabon – historique, bilan perspectives

1999. Sébastien Drouineau, Robert Nasi – en collaboration avec Faustin Legault, Michel Cazet. 64 p.

## Document 20.

Croissance et productivité en forêt dense humide après incendie

Le dispositif de La Téné – Côte d'Ivoire (1978-1993)

1999. Jean-Guy Bertault, Kouassi Miézan, Bernard Dupuy, Luc Durrieu de Madron, Isabelle Amsallem. 67 p.