

PROJET OIBT PD 10/95 REV.2 (F)

**“EVALUATION DES ESSENCES INDIGENES DE BOIS
D’OEUVRE EN VUE DU DEVELOPPEMENT DES
PLANTATIONS FORESTIERES AU GABON”**

RAPPORT FINAL

Présenté par :

DIRECTION DES INVENTAIRES, DES AMÉNAGEMENTS ET DE LA
RÉGÉNÉRATION DES FORÊTS

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX ET FORÊTS

MINISTÈRE DES EAUX ET FORÊTS, DE LA PÊCHE, CHARGÉ DU REBOISEMENT





PROJET OIBT PD 10/95 REV.2 (F)

**“EVALUATION DES ESSENCES INDIGENES DE BOIS
D’OEUVRE EN VUE DU DEVELOPPEMENT DES
PLANTATIONS FORESTIERES AU GABON”**

RAPPORT TECHNIQUE FINAL

Février 2000

Ph. DELEPORTE, CIRAD-Forêt

avec la collaboration de :

- P. Koumba-Zaou	IRAF
- D. Louppe	CIRAD-Forêt
- Ph. Vigneron	CIRAD-Forêt
- I. Behaghel	CIRAD-Forêt

le CIRAD

Centre de Coopération international
de Recherche en Agronomie
pour le Développement



L'IRAF

Institut de Recherches
Agronomiques et Forestières



Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont permis aux différentes missions de se dérouler dans de très bonnes conditions et dans une ambiance détendue et studieuse.

En particulier,

Monsieur Billé Allogho Joachim, Directeur de la Direction des Inventaires, des Aménagements et du Reboisement Forestier

et

Monsieur Koumba Zaou Paul, Chef de l'Unité Sylvicole de l'Institut des Recherches Agronomiques et Forestières

AVANT-PROPOS

Ce document a été rédigé par Philippe Deleporte, en étroite collaboration avec Dominique Louppe, Philippe Vigneron et Ivan Behaghel, du CIRAD-Forêt.

Nous remercions Paul Koumba Zaou, Chef de l'Unité sylvicole de l'Institut des Recherches Agronomiques et Forestières, et toute son équipe pour le travail réalisé sur le terrain, la saisie, le traitement des données et la part active prise à leur dépouillement.

N'oublions pas ici les différents stagiaires qui, grâce à leur travail, ont contribué à l'acquisition de l'information et ont ainsi conquis leur diplôme.

Nous remercions également Bernard Mallet, Alain Bertrand, Michèle Pain-Orcet et Olivier Hamel, collègues du CIRAD-Forêt pour leurs conseils.

RÉSUMÉ

Ce document a été rédigé dans le cadre de l'appui que le Cirad-forêt apporte au PROJET OIBT PD 10/95 REV.2 (F) "Evaluation des Essences Indigènes de Bois d'Oeuvre en Vue du Développement des Plantations Forestières au Gabon".

Il est constitué de cinq parties.

La première présente les termes de références de l'étude, les travaux préparatoires au démarrage du Projet et des aspects méthodologiques liés au dépouillement des données, notamment le contrôle, la vérification et la validation des données ainsi que les méthodes à utiliser pour l'élaboration de tarifs de cubage.

La seconde partie présente les résultats acquis dans les dispositifs suivants :

- Croissance de 13 essences autochtones plantées selon deux méthodes de préparation du terrain. Ce dispositif très intéressant donne de bonnes indications sur le caractère plus ou moins héliophile de ces essences. Des modifications du protocole sont proposées pour un meilleur suivi de l'essai.
- Croissance en plantation du Fraké, du Limba et de l'Okoumé. On observe une très grande variabilité de la croissance au sein de chacune des espèces. Des travaux complémentaires seraient à engager pour appréhender les facteurs déterminant la croissance de ces espèces.
- Plantation d'Okoumé en mélange avec diverses espèces. Les résultats acquis dans cette étude doivent être affinés pour une meilleure compréhension des interactions entre croissance X milieu X voisinage X forme.
- L'arboretum de Sibang a des plantations âgées de plus de 60 ans. 10 espèces ont été mesurées, ce qui a permis d'estimer leur potentiel productif qui varie de 1,5 à 10 m³/ha-an d'accroissement du volume fût.

Cette partie fait aussi le point sur l'élaboration des fiches techniques traitant des différentes essences étudiées.

La troisième partie propose des actions de recherches qu'il serait souhaitable de poursuivre ou d'entreprendre en vue du développement des plantations forestières au Gabon. Elle propose en outre un pré-projet d'étude de la qualité technologique des bois d'Okoumés de plantation.

La quatrième partie est une réflexion en vue de l'élaboration d'un plan directeur de reboisement au Gabon. Après un bilan de la situation actuelle (état de la ressource, volonté politique, aménagement durable des forêts, plan directeur d'industrialisation de la filière bois) sont présentés les risques et incertitudes qui pèsent sur les forêts naturelles. Le document traite ensuite des objectifs assignés au reboisement et des acteurs potentiels puis du cadre législatif et réglementaire, du cadre économique, de la diffusion des connaissances pour aboutir à quelques propositions d'actions.

La cinquième et dernière partie regroupe les planches photographiques illustrant essentiellement les résultats présentés en deuxième partie et pouvant aussi être utilisées pour l'illustration des fiches techniques.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE : ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

TERMES DE RÉFÉRENCE	1
Objectifs du Projet	1
Termes de référence de l'assistance technique au projet	1
Prestations de l'assistance technique	2
Experts et missions successives	4
TRAVAUX PRÉPARATOIRES À LA MISE EN OEUVRE DU PROJET	5
Introduction	5
Recherche bibliographique	5
Constitution d'un référentiel sur les plantations d'essences indigènes	6
Reconnaitances de terrain	6
Arboretum de Sibang	6
Les reboisements de la M'Voum	6
La station d'lkoy Bandja au km 18	7
Les plantations d'Ekouk	7
Autres plantations d'essences de bois d'oeuvre	7
Conclusions quant aux plantations utilisables pour l'amélioration des connaissances	7
Réseau de placettes permanentes à Ekouk	8
Dispositif actuel	8
Sous-dispositif "inventaire"	8
Sous-dispositif "mélange"	8
Sous-dispositif "amélioration génétique du Limba"	8
Sous-dispositif "enrichissement"	8
Sous-dispositif "croissance de 13 essences autochtones plantées selon deux méthodes de préparation du terrain"	8
Objectifs du dispositif	8
Protocole de suivi des placettes permanentes	10
Besoins en formation du personnel	10
Besoins en matériels de mesure, de terrain et informatique	10
CONTRÔLE, VÉRIFICATION ET VALIDATION DES DONNÉES	13
Introduction	13
Définitions	13
Les erreurs	13
Les fautes	14
Détection des erreurs et des fautes	15
Utilisation du logiciel Excel®	15
Le fichier de saisie	16
Vérification des données	16
Le calcul des résultats par placette	16
Cas particulier des mesures de 1998 et 1999	18
Contrôle de la validité des mesures de terrain	18
Essai 13 espèces	19
Modèle de fiche de mesures	24
TARIFS DE CUBAGE	25
Introduction	25

A quoi servent les tarifs de cubage	25
Quels sont les principaux tarifs de cubage	25
Les types de tarifs de cubage	26
La construction des tarifs de cubage	27
La prise des données	27
Calcul des régressions	27
Annexe 1 : Exemple de protocole de prise de données pour l'établissement de tarifs de cubage pour des espèces de bois d'oeuvre	29
Annexe 2 : Etablissement des tarifs de cubage	32
Modèle de fiche de cubage	49

DEUXIÈME PARTIE : RÉSULTATS

CROISSANCE DE 13 ESSENCES AUTOCHTONES PLANTÉES SELON DEUX MÉTHODES DE PRÉPARATION DU TERRAIN

Introduction	51
Rappel du protocole expérimental	51
Préparation du terrain	51
Espèces étudiées	53
Dispositif expérimental	53
Résultats	54
Croissance	54
Comportement	54
Conformation des arbres en plantation	56
De la forme des arbres	58
Du nombre d'individus à l'hectare	59
Quelques remarques concernant la gestion de l'essai et Propositions d'interventions futures	62
Les régénérations naturelles	62
Conséquences de cet envahissement	62
Impacts sur le dispositif expérimental	63
Mesures à prendre	63
Opérations	64
Elimination des "adventices"	64
Mesure des arbres abattus	64
Eclaircie du peuplement principal	65
Entretien ultérieur de l'essai	65
Mesures	65

CROISSANCE EN PLANTATION DE TROIS ESSENCES DE REBOISEMENT (*Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Aucoumea klaineana*)

Introduction	77
Résultats	77
Limba : <i>Terminalia superba</i>	77
Framiré : <i>Terminalia ivorensis</i>	82
Okoumé : <i>Aucoumea klaineana</i>	83
Bilinga : <i>Nauclea diderrichii</i>	85
En guise de conclusion	85

PLANTATION D'OKOUMÉ EN MÉLANGE AVEC DIVERSES ESPÈCES

Introduction	87
Présentation du dispositif d'étude	87

Résultats	88
En guise de conclusion	90
ARBORETUM DE SIBANG	97
Présentation de l'arboretum	97
Etude de l'arboretum	97
Analyse des résultats	101
Documents faisant état de l'arboretum de Sibang	103
Carte de l'arboretum	104
FICHES TECHNIQUES PAR ESPÈCES	105
Généralités et recommandations	105
Fourniture de documentation	108
Annexe 1 : Notes de lecture sur la croissance des espèces testées dans les plantations d'Ekouk	110
Annexe 2 : Documentation remise à l'Iraf pour la réalisation des fiches	117
Annexe 3 : Fiches technologie des bois	121
Acajou d'Afrique	122
Azobé	125
Bilinga	127
Douka - Makoré	129
Doussié	131
Framiré	133
Iroko	135
Limba (Fraké)	137
Moabi	139
Movingui	141
Niové	143
Okoumé	145
Oveng Kol	147
Ozigo	149
Padouk	151
Tali	153

TROISIÈME PARTIE : PROPOSITIONS D'ACTIONS DE RECHERCHE

PROPOSITIONS D'ACTIONS DE RECHERCHE EN VUE D'UN DÉVELOPPEMENT DES PLANTATIONS FORESTIÈRES AU GABON	155
Avertissement	155
Introduction	155
Propositions de recherches sur les dispositifs en place à Ekouk	157
Essai 13 essences de bois d'oeuvre	157
Elimination et cubage des ligneux adventices	157
Eclaircie et cubage des essences principales	157
Plantations d'Okoumé, de Limba, de Framiré et de Bilinga	158
Propositions de recherches sur les essences diverses	159
Phénologie et semences	159
Techniques de pépinière	160
Etude du comportement en plantation	160
Propositions de recherches sur l'Okoumé en plantation	161
Génétique de l'Okoumé	161
Etude de la variabilité génétique de l'espèce	161

Mise au point de la multiplication végétative	162
Etablissement de critères sylvicoles	162
A propos des anastomoses racinaires	162
Eclaircies	163
Tarifs de cubage	163
Tables de production	164
Propositions de recherches sur la technologie du bois des Okoumés de plantation	165
Proposition pour la formulation du projet	165
Opportunité du projet	165
Articulation du projet	166
Qualification de la ressource	166
Qualification des produits	166
Relation entre propriété du bois et qualité des produits	167
Qualification et classement avant exploitation	167
Outils à mettre en oeuvre	167
Mission de formulation	168
Estimation préliminaire des coûts de l'étude technologique des bois	170

QUATRIÈME PARTIE : RÉFLEXIONS POUR UN SCHÉMA DIRECTEUR DE REBOISEMENT

RÉFLEXIONS POUR L'ESQUISSE D'UN SCHÉMA DIRECTEUR DU REBOISEMENT AU GABON	171
Introduction	171
La forêt au Gabon	171
La ressource disponible	174
La volonté politique	176
L'aménagement durable des forêts	177
Le plan directeur d'industrialisation de la filière bois	177
Le bois énergie	179
Risques et incertitudes	180
Des terres neuves	180
Vers une simplification de la flore ?	180
Un manque de connaissances sylvicoles	180
Proposition d'axes de réflexion pour l'élaboration d'un plan directeur de reboisement au Gabon	184
Définitions	184
Evolution récente du concept de reboisement	184
Objectifs assignés au reboisement	185
Les acteurs	188
L'Etat	188
Les populations rurales	188
Les exploitants forestiers et les industriels du bois	188
Les sociétés minières	189
Les pays et les groupes industriels du Nord	189
Les Organismes non gouvernementaux écologistes	189
Les zones concernées par les opérations de reboisement	189
Cadre législatif et réglementaire	191
Propriété des arbres	191
Diamètre d'exploitabilité	191

Incitations financières et/ou fiscales	191
Des obligations ?	192
Cadre économique	192
La nécessaire diffusion des connaissances	193
Information	193
Formation	193
Organisation du service forestier	193
Approvisionnement en graines	193
Propositions techniques d'action	194
Okoumé	194
Autres espèces	196
Etudes complémentaires	196
En guise de conclusion	197
DOCUMENTS CONSULTÉS	199
PERSONNES RENCONTRÉES	201
CINQUIÈME PARTIE : PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	203

PREMIÈRE PARTIE

ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

TERMES DE RÉFÉRENCES

Objectifs du projet

Le projet vise deux objectifs complémentaires pour promouvoir la plantation d'essences indigènes au Gabon, :

- 1) *faire une synthèse des connaissances sur les plantations d'essences indigènes à partir de la documentation disponible et des expériences faites au Gabon et dans des pays aux conditions écologiques comparables (Congo, Cameroun, Côte d'Ivoire, etc.).*

Cette synthèse fournira les premiers éléments nécessaires à l'établissement d'un référentiel aidant au choix des espèces, précisant leurs conditions d'installation et indiquant leurs potentiels de croissance. A terme, ce référentiel rendra possible l'élaboration d'un plan directeur de reboisement au Gabon. La mise en évidence de lacunes dans ces connaissances permettra d'identifier les besoins en recherche pour le développement des plantations d'espèces de bois d'oeuvre au Gabon.

- 2) *L'installation d'un réseau de placettes permanentes dans les plantations existantes, spécialement celles d'Ekouk, permettra de préciser les données déjà acquises pour compléter et améliorer le référentiel technique mentionné ci-dessus. Ce réseau de placettes constituera en outre l'outil principal de gestion de ces reboisements.*

A travers cet outil, deux objectifs complémentaires seront poursuivis :

- Le suivi permanent de nombreuses expérimentations (méthodes et densités de plantation, comparaison d'espèces, comparaison de provenances,...) complétera l'état des connaissances sur les espèces de bois d'oeuvre, leur comportement, leur sylviculture, leurs caractéristiques de croissance, etc. Ces informations fourniront à leur tour des données précieuses au gestionnaire des plantations.
- L'appréciation périodique et précise de l'état des différents peuplements, de leur dynamique de croissance qui permet la planification d'opérations sylvicoles (éclaircies, entretiens, ...), la prédiction des volumes et la qualité des bois exploitables et donc constitue un outil indispensable de la gestion de ces reboisements.

Termes de référence de l'assistance technique au projet

Les termes de référence de l'assistance technique pour l'ensemble du projet sont les suivants :

En étroite collaboration avec son homologue et sous la supervision du Directeur National du Projet, l'expert devra :

- assurer l'encadrement technique du projet en qualité d'expert principal ;
- faire une synthèse des activités de recherche antérieures à partir d'une analyse documentaire ;
- mettre au point une méthodologie d'inventaire, de récolte et de traitement des données ;
- formuler un projet sur un programme de recherche-développement des espèces indigènes à soumettre au financement des bailleurs de fonds, notamment à l'OIBT ;
- superviser les activités suivantes :

Activité 1 : enquête et recherche documentaire sur les essais de plantations d'essences de bois d'oeuvre au Gabon ;

Activité 2 : estimation des besoins et acquisition du matériel et de l'équipement pour la collecte, le traitement et l'analyse des données ;

Activité 3 : préparation de la carte des plantations et du plan de sondage (dispositif d'inventaire) ;

Activité 4 : traitement et analyse des données ;

Activité 5 : synthèse des résultats ;

Activité 6 : organisation du séminaire et élaboration d'un plan directeur du reboisement au Gabon.

Prestations de l'assistance technique

L'assistance technique doit permettre d'atteindre les deux grands objectifs définis ci-dessus.

- Pour réaliser la synthèse des connaissances, la démarche sera de :
 - rassembler et analyser la documentation disponible sur le sujet ;
 - rechercher la documentation au CIRAD à Montpellier et au Gabon (DIARF, IRAF,...) ;
 - fournir à la DIARF une copie des documents rassemblés au CIRAD et non disponibles au Gabon ;
 - analyser et faire la synthèse de la documentation.

- visiter les plantations jugées intéressantes au Gabon, et éventuellement de planifier des mesures sur celles-ci ;
 - de prendre part à l'interprétation des résultats obtenus à partir des placettes permanentes installés dans les plantations d'Ekouk ;
 - de collaborer à la rédaction d'un référentiel sur les plantations d'essences indigènes de bois d'oeuvre au Gabon sous forme de fiches techniques par espèce ou par thématique (par exemple : choix des espèces, production des plants, méthode d'installation, sylviculture, ...);
 - identifier les besoins à court et moyen terme en recherche pour le développement des plantations d'essences de bois d'oeuvre au Gabon à partir des lacunes mises en évidence dans le référentiel.
- Pour fournir aux gestionnaires les données qui leurs sont nécessaires, la démarche sera de :
 - rassembler et d'analyser les documents disponibles sur les plantations d'Ekouk ;
 - fixer, avec les principaux utilisateurs des résultats (DIARF, IRAF), les objectifs du réseau de placettes permanentes à mettre en place dans les plantations d'Ekouk ;
 - concevoir à partir des documents existants (plan, données d'inventaire, etc), le dispositif du réseau de placettes permanentes (taille des placettes, taux de sondage, choix des parcelles, type de mesures, périodicité des mesures, ...) et de vérifier sur le terrain les documents cartographiques disponibles, notamment les surfaces des parcelles ;
 - évaluer les besoins en formation du personnel concerné aussi bien technique que de terrain et d'encadrement, et estimer les besoins en matériels de mesure, de terrain et informatique (micro-ordinateurs, imprimantes, logiciels) ;
 - participer à la planification des travaux nécessaires pour la mise en place des placettes, la collecte des données et la saisie des données;
 - commencer la mise en place et les observations du réseau de placettes permanentes et de former le personnel concerné par ces opérations ;
 - concevoir les fichiers de saisie et de former le personnel concerné par la saisie ;
 - après la saisie des données, prendre part au traitement des données et former le personnel intéressé et participer à l'interprétation et à l'analyse des résultats ;
 - à partir des résultats, proposer un planning des interventions sylvicoles (éclaircies, ...) pour les plantations d'Ekouk.
 - L'ensemble des données ainsi recueillies et présentées dans le "Référentiel" permettra d'esquisser les grandes lignes (choix des espèces, des sites, de la sylviculture, ...) d'un **Plan Directeur du Reboisement au Gabon**.
 - Enfin, un **séminaire final** réunissant les institutions et personnes concernées par les reboisements au Gabon sera l'occasion de présenter et de discuter ces résultats et ces propositions.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES À LA MISE EN OEUVRE DU PROJET

Introduction

Une quinzaine d'essences indigènes de bois d'œuvre ont été plantées sur des surfaces suffisamment grandes pour pouvoir en tirer des enseignements. La bibliographie et des mesures normalisées de ces plantations doivent permettre de statuer sur l'intérêt de ces espèces pour des plantations au Gabon.

La mise en route du projet a nécessité une recherche bibliographique sur les espèces autochtones utilisées en reboisement au Gabon, le recensement des peuplements artificiels pouvant être suivis pour améliorer les connaissances sur ces mêmes essences, l'élaboration d'un programme de travail, l'identification des besoins en formation des chercheurs nationaux et en équipement de terrain et de bureau.

Ces différents points qui ont fait l'objet de la mission de Philippe Deleporte en octobre 1998, seront rappelés ci-après.

Recherche bibliographique

La documentation à l'Institut de Recherche Agronomique et Forestière

De nombreux documents, études, mémoires et rapports d'étudiants concernant le sujet du projet sont rassemblés à l'Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF). Une base de données sur Access[®] a été mise au point avec M. Ossinga Etienne de l'IRAF pour gérer la documentation disponible à la Division de Sylviculture du Département des Sciences Forestières de l'IRAF. Cette base de données permet une recherche aisée des documents nécessaires au projet ou à d'autres études.

La documentation de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts

La bibliothèque de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts (ENEF) de Cap Esterias est surtout riche en rapports et mémoires de stage effectués par les étudiants. Une trentaine de ces documents ont trait au sujet du Projet. Ceux-ci ont été photocopiés et intégrés à la bibliothèque de l'IRAF.

Conclusions sur les références bibliographiques

Après consultation des bases de données documentaires disponibles au CIRAD, la documentation présente au Gabon est pratiquement complète pour les références gabonaises sur le thème du Projet. Par contre, elle reste pauvre en documents écrits et publiés dans d'autres pays (Cameroun, Côte d'Ivoire, Congo, France, etc.)

Divers documents ont été fournis par le Cirad au cours du Projet : les références en sont présentées en annexe.

Constitution d'un référentiel sur les plantations d'essences indigènes

A partir des documents consultés et des résultats des mesures et observations de terrain obtenus en particulier dans un réseau de placettes permanentes, le premier travail consistera à rédiger des fiches par espèce.

Les autres fiches techniques (choix des espèces, production des plants, méthode d'installation, sylviculture) pourront être réalisées quand ces premières fiches seront terminées.

Le dépouillement de la bibliographie et la rédaction d'une ébauche de fiche pour une quinzaine d'essences ont été confiés à **Christophe Igaboughi**, étudiant à l'ENEF. Ce travail constituera son mémoire de fin d'étude et sera présenté en juin 2000. Cet étudiant a reçu l'appui de Mm. Béhaghel, Vigneron et Louppe. Un chapitre spécial traitera plus loin de l'état d'avancement de ces fiches.

Reconnaitances de terrain

D'après la documentation consultée, les plantations d'essences indigènes de bois d'œuvre ont débuté vers les années '30 en Forêt de La Mondah et à l'Arboretum de Sibang, puis à Ikoy Bandja (km 18), et ensuite dans les différentes brigades de reboisement de la première zone forestière (N'koulounga, Bokoué, M'voum, Haut-Como, M'biné). Les dernières datent du début des années 90 à Ekouk.

Arboretum de Sibang

Cet arboretum de 16 ha, situé à l'entrée de la ville de Libreville, a été préservé de l'urbanisation.

Une trentaine d'essences locales ont été plantées à partir de 1931 jusqu'au début des années '50, surtout entre 1931 et 1935. Les espèces introduites (Teck, Cassia sp., Mahogany, etc) ont donné en général de très mauvais résultats sauf pour le Framiré. Vu leur âge (plus de 60 ans), il est prioritaire de faire un bilan des différentes plantations. Malgré la petite taille des parcelles (25 m x 25 m, soit 625 m²) qui sont quelquefois subdivisées en quatre, un bilan sylvicole devrait être effectué qui tient compte de la croissance, mais aussi de la forme des arbres.

Ce travail a été réalisé par Pierre-André Ntchandi dans le cadre de son mémoire de fin d'étude de l'ENEF. Sur la base de ces travaux, diverses analyses ont été faites et sont présentées plus loin dans un chapitre spécifique à l'arboretum.

Les reboisements de la M'Voum

Outre les plantations d'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et de Framiré (*Terminalia ivorensis*), diverses essences indigènes ont été plantées à la M'Voum : Afo (*Poga oleosa*), Bilinga (*Nauclea diderrichii*), Douka (*Tieghemella africana*), Moabi (*Baillonella toxisperma*), Niangon (*Tarrieta densiflora*), Ozigo (*Dacryodes büttneri*).

Les espèces qui semblent les plus intéressantes sont le Niangon planté en 1981, le Bilinga, le Douka et l'Afo. Par contre, l'Ozigo et le Moabi montrent une faible croissance.

Ces différentes plantations mériteraient d'être mieux positionnées sur les plans parcellaires de la M'voum et de N'koulounga. Des placettes permanentes pourraient être installées dans les plantations de Niangon et d'Ozigo. Ces placettes (2 pour le Niangon et 1 pour l'Ozigo) pourraient avoir une surface d'environ $\frac{1}{4}$ d'ha.

Pour les autres essences, vu l'état des peuplements, il est difficile de délimiter des placettes. Des mesures et des observations de forme et de qualité pourraient être faites - à titre indicatif - sur une trentaine d'individus si possible représentatif du peuplement.

La station de Ikoy Bandja au km 18

Cette station située à 18 km de Libreville et proche du chemin de fer a été totalement détruite par les défrichements et les feux. On ne peut qu'observer quelques restes de Niangon. Ce site est inutilisable pour le Projet.

Les plantations d'Ekouk (ex. projet FED)

Environ 1.000 ha de plantations ont été réalisées entre 1986 et 1990 pour tester différentes essences et méthodes de plantations en plein et en enrichissement. La régénération naturelle est également expérimentée sur deux petites parcelles.

Ces plantations sont les plus intéressantes pour notre étude pour deux raisons. Premièrement, outre l'Okoumé, une quinzaine d'essences autochtones ont été plantées. Deuxièmement, l'historique et les coûts des différentes opérations sont bien répertoriés.

Autres plantations d'essences de bois d'œuvre

Quatre autres sites ont été reboisés avec des essences de bois d'œuvre : La Bokoué, M'Biné, M'Bel et La Mondah. L'Okoumé a été l'espèce quasi exclusive. Seul M'Biné renferme de beaux peuplements de Bilinga qui méritent d'être suivis.

Conclusions quant aux plantations utilisables pour l'amélioration des connaissances

Environ 30.000 ha de plantations ont été réalisées au Gabon entre 1930 et 1999. A part 175 ha (Bakoumba et Franceville dans le Haut-Ougoué), elles sont toutes localisées dans la première zone forestière et proche de Libreville (provinces de l'Estuaire et du Moyen-Ogooué).

L'essence la plus utilisée a été naturellement l'Okoumé qui couvre environ 29.000 ha. Il existe autour de 600 ha d'essences exotiques (Pins, Eucalyptus et Limba essentiellement), et 400 ha d'essences indigènes.

Seuls les sites de Sibang, M'Voum, Ekouk et M'Biné renferment des peuplements intéressants pour être suivis par un réseau de placettes permanentes.

Réseau de placettes permanentes à Ekouk

Dispositif actuel

Le dispositif actuel présent en forêt d'Ekouk et qui concerne le sujet du Projet comprend cinq sous-dispositifs à buts complémentaires.

L'ensemble de ces 5 sous-dispositifs couvre environ 600 ha et en dehors de l'Okoumé quinze essences indigènes peuvent être observées.

Sous-dispositif "inventaire"

Il a pour but d'étudier le développement et la croissance de plantations mono-spécifiques de quatre espèces (Bilinga, Limba, Okoumé et une espèce exotique le Limba). Il comprend 220 placettes permanentes d'observation. Les placettes sont installées systématiquement selon un maillage approximativement carré de 160 m de côté.

Sous-dispositif "mélange"

Il a pour but d'étudier le développement et la croissance de plantations mélangées composées de 50 % d'Okoumé et de 50 % de diverses essences autochtones dans 3 parcelles plantées en 1988 et 1989. Il comprend 28 placettes. 12 espèces autres que l'Okoumé sont observées.

Sous-dispositif "amélioration génétique du Limba"

Il a pour but de comparer le développement et la croissance de quatre provenances (deux de l'aire naturelle du Nord du Gabon, deux de l'aire naturelle du Sud du Gabon). Cette parcelle a été plantée en 1988.

Sous-dispositif "enrichissement"

Il a pour but d'étudier le développement du Douka planté en 1990, en enrichissement dans des layons.

Sous-dispositif "croissance de 13 essences autochtones plantées selon deux méthodes de préparation du terrain"

Il a pour but d'étudier le comportement de 13 essences autochtones plantées selon deux méthodes : coupe à blanc et sous-couvert après destruction de la végétation. Cette parcelle a été plantée en 1988.

Objectifs du dispositif

Il a pour but d'étudier le développement et la croissance de diverses essences dans des conditions variées de station, de plantation et de gestion.

A terme, les données recueillies par ce réseau doivent permettre d'établir des tables de production pour les essences les plus importantes. Elles donneront également des indications sur la faisabilité écologique, et également économique des plantations si les données dendrométriques sont complétées par des mesures de caractéristiques du bois.

LES TABLES DE PRODUCTION

Pour une essence donnée et une région précisée, les tables de production présentent, pour des âges variés, les principales caractéristiques dendrométriques des peuplements sur pied et enlevés en éclaircie (nombre de tiges, surface terrière, circonférence ou diamètre moyen, hauteur moyenne, hauteur dominante, volumes, accroissements moyens et courants annuels en volume, ...) en fonction d'un indice de fertilité ou de classe de production.

La méthode classique de construction de tables de production repose sur les deux lois empiriques suivantes :

- la production en volume d'un peuplement équienne dans une région donnée est en corrélation étroite avec sa hauteur dominante ; la production totale en volume (volume sur pied plus les volumes des éclaircies) pour une hauteur dominante donnée n'est pas influencée par le nombre d'années requis pour atteindre cette hauteur (loi de Eichhorn) ;
- la croissance en hauteur n'est pas influencée par la sylviculture (densité, régimes d'éclaircie), ou du moins pour une large gamme de densités et de régimes d'éclaircie.

Pour construire des tables de production, il suffit donc de pouvoir exprimer la hauteur dominante en fonction de l'âge selon la fertilité de la station et de trouver les relations entre la hauteur dominante et les autres caractéristiques dendrométriques des peuplements (qui sont valables quelle que soit la fertilité).

Les différentes relations sont établies statistiquement à partir de données de placettes permanentes ou temporaires d'âges, de fertilités et de sylvicultures les plus variés possibles. Les placettes permanentes sont surtout utiles pour établir les courbes de croissance en hauteur dominante. Mais il est également possible de recourir à des analyses de tiges pour construire ces courbes.

La fertilité est le plus souvent exprimée par un indice (site index en anglais) qui est la hauteur dominante (ou la hauteur moyenne) à un âge de référence situé vers le tiers de la révolution. Le plus souvent, cet indice de fertilité est déduit de la courbe moyenne hauteur-âge en construisant un faisceau de courbes de même forme ou de forme variable.

Cependant certains auteurs, et notamment ASSMANN en 1954 (in BEGIN, 1993) mettent en cause la première loi, car ils trouvent une grande variabilité de la production en volume pour une même hauteur dominante et donc qu'il n'existe pas une mais plusieurs relations entre la hauteur et la production. Ces auteurs introduisent alors la notion de niveau de production.

De plus, la deuxième loi n'est pas non plus toujours vérifiée puisqu'il est quelquefois constaté un effet dépressif des faibles densités ou des éclaircies fortes sur la croissance en hauteur.

Des tables de production de plus en plus complexes ont été construites qui tiennent compte de ces remarques et de ces observations. Certaines tables donnent même des précisions sur les répartitions des diamètres (ou des assortiments), ou proposent des modèles à sylviculture variable ou encore prennent en compte l'origine génétique des peuplements.

Protocole de suivi des placettes permanentes

Les actions à mener sont les suivantes :

- Délimitation des placettes sur le terrain : placette de 36 arbres minimum; repérage sur plan ; numérotation des placettes ; mesure des côtés pour calculer la surface exacte.
- Mesures : tous les deux ans et au moment des éclaircies. Mesure de tous les arbres en circonférence et de la hauteur totale pour toujours les mêmes 6 arbres (arbres dominants). Observations diverses et en particulier des maladies.
- Au moment des éclaircies, une trentaine d'arbres au minimum par espèces, couvrant la gamme des diamètres, seront cubés pour l'établissement et/ou la mise à jour des tarifs de cubage.
- Saisie des données et apurement.
- Calculs des résultats par placette :
 - au minimum les paramètres suivants doivent être calculés :
 - densité sur pied et Mortalité
 - circonférence moyenne (de l'arbre de surface terrière moyenne)
 - surface terrière
 - hauteur dominante
 - d'autres caractéristiques peuvent éventuellement être calculées :
 - volume par ha (s'il existe un tarif de cubage approprié)
 - descripteurs : indices d'espacement et de stabilité
 - taux d'éclaircie
 - caractéristiques des éclaircies
 - taux d'arbres malades, fourchus, etc.

Besoins en formation du personnel

Pour réaliser les activités et travaux nécessaires, la formation doit renforcer les capacités déjà existantes dans le domaine de l'informatique et en particulier dans l'utilisation des Systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGDBr) et des Systèmes d'informations géographiques (SIG).

Besoins en matériels de mesure, de terrain et informatique

Pour réaliser les travaux et les activités prévus, il est nécessaire d'avoir :

- Les matériels de mesure et de terrain suivants :
 - un dendromètre (Blume-Leiss ou Suunto) pour mesurer des hauteurs
 - des rubans pour mesurer les circonférences
 - un topofil pour repérer les placettes
 - un GPS pour positionner géographiquement les placettes et les retrouver plus aisément
 - un ruban de 50 m pour mesurer les côtés des placettes et ainsi pouvoir calculer leur surfaces et pour la mesure des arbres abattus

- une boussole pour repérer les placettes et faire des angles droits pour les limites des placettes
- une tarière de Pressler pour prélever des échantillons de bois

- Les matériels et logiciels informatiques suivants :
 - un micro-ordinateur avec au moins un microprocesseur Pentium II ou équivalent, un disque dur de 2 Go et au moins un écran 15 pouces
 - un système de régulation du courant électrique
 - une imprimante Jet d'encre couleur de format au moins A4 et de préférence A3 pour imprimer des cartes en couleurs
 - les logiciels bureautiques classiques (traitement de texte, tableur, base de données et anti-virus)
 - un logiciel de statistiques (SYSTAT de SPSS est recommandé) pour le traitement statistique des données
 - un logiciel de Système d'Informations Géographiques (SIG) tel que ArcView qui est utilisé dans d'autres services forestiers au Gabon pour réaliser un SIG permettant de gérer les plantations d'Ekouk et de faire certaines études particulières telles que des études production-station, maladie-station, etc.

CONTRÔLE, VÉRIFICATION ET VALIDATION DES DONNÉES

Introduction

Les opérations de contrôle, de vérification et de validation des données sont des étapes indispensables du processus expérimental. Souvent elles sont négligées car elles sont fastidieuses à réaliser, alors qu'elles sont essentielles pour que la suite des calculs ait une signification.

Quelle que soit la qualité du travail de terrain lors des mesures et des observations et du travail de saisie informatique, des erreurs et des fautes peuvent toujours se glisser qui peuvent avoir de grandes conséquences sur les résultats finaux et leur interprétation.

Les objectifs de ces différentes opérations sont d'éviter de traiter des données qui sont soit erronées soit aberrantes.

Définitions

On appelle :

erreur : la différence entre la valeur vraie et la valeur observée

faute : la mauvaise transcription d'une donnée

Les erreurs

Les erreurs se commettent au moment des mesures et des observations.

Par exemple, un arbre dont le diamètre réel est de 10,5 cm est mesuré avec un diamètre de 10,7 cm. La différence $\{10,7 - 10,5 = + 0,2 \text{ cm}\}$ représente l'erreur commise sur cet arbre.

Les erreurs peuvent être dues aux appareils de mesure ou à l'observateur. Des vérifications régulières des appareils de mesure sont nécessaires. La qualité du travail des observateurs doit être également contrôlée (des mauvaises habitudes peuvent progressivement se prendre avec le temps).

Les erreurs sont inévitables. Cependant elles doivent être les plus petites possible, aléatoires et surtout non systématiques.

Pour avoir une bonne précision sur la moyenne de la variable observée, il faut que les erreurs d'observation soient les plus petites possibles. Par exemple, si les erreurs de mesure sont de l'ordre de 1 cm :

la moyenne de 25 individus est précise à : $1/\text{racine}(25) = 1/5 = 0,2 \text{ cm}$

la moyenne de 100 individus est précise à : $1/\text{racine}(100) = 1/10 = 0,1 \text{ cm}$

Au niveau des coûts, il vaut mieux avoir la meilleure précision possible sur chaque mesure plutôt que d'augmenter le nombre d'individus mesurés.

Il faut aussi choisir une bonne méthode de mesure. Ainsi il vaut mieux estimer les grosseurs des arbres en circonférence au mm près plutôt qu'en diamètre au mm près. Les mesures en circonférence permettent d'avoir une précision de l'ordre de trois fois supérieure à celle en diamètre. De plus, la mesure en circonférence minimise les erreurs d'estimation dues à la non cylindricité des fûts.

Les erreurs doivent être aléatoires et non systématiques. C'est à dire, elles ne doivent pas être corrélées entre elles.

Par exemple, les plus gros arbres ne doivent pas être systématiquement surestimés; ou un observateur ne doit pas constamment mesurer le diamètre plus gros qu'un autre observateur.

Pour pouvoir constater ce genre de biais, il est possible de remesurer les mêmes arbres avec un autre instrument de mesure ou avec un autre observateur, et de faire la régression entre les deux séries d'observation. S'il n'y a pas de biais, la régression devrait être une droite de pente égale à 1 et d'ordonnée à l'origine égale à 0.

Les fautes

Les fautes ont lieu au moment des transcriptions. Par exemple, de noter 20,7 cm pour un diamètre mesuré et annoncé de 10,7 cm. Alors que les erreurs ne peuvent avoir lieu qu'au moment de l'acquisition des données, les fautes peuvent survenir à chaque fois qu'il y a transcription ou retranscription, c'est à dire au moment des relevés de terrain et de la saisie informatique.

De nombreuses fautes sont possibles. Les plus courantes sont du même type sur le terrain et à la saisie :

- décalage des observations :
 - attribuer à l'arbre n+p, la donnée de l'arbre n,
 - attribuer à la variable y, la donnée de la variable x.

- inexactitude de report :
 - noter 20,7 cm au lieu de 10,7 cm, noter 3 au lieu de 1, ...

Au moment de la saisie informatique, les inexactitudes de report peuvent considérablement augmenter si les fiches de relevé sont mal conçues (lignes trop petites, codages trop compliqués, rubriques ou colonnes trop nombreuses, ...) et l'écriture de l'opérateur peu lisible ou prêtant à interprétation.

Détection des erreurs et des fautes

La détection des erreurs et des fautes peuvent se faire à différentes étapes du processus expérimental. Il faut garder à l'esprit tout au long de ce processus que des erreurs ont pu être faites en ayant un regard critique sur les résultats.

La première étape de vérification est juste après les mesures en contrôlant les fiches de relevé en vérifiant :

- le bon remplissage de toutes les rubriques : date de mesure, opérateurs, intitulé du plateau de mesure, caractères observés et leur unité de mesure, etc.
- la lisibilité des données
- la concordance avec les anciennes données si elles existent, notamment en vérifiant l'emplacement des individus "morts"

La deuxième étape de vérification a lieu après la saisie des données sur fichier informatique. Elle peut se faire en confrontant le résultat imprimé de la saisie avec les fiches de relevé. Mais cette méthode ne permet pas de détecter les données anormales. Il vaut mieux utiliser un système de gestion de base de données qui permet de déceler des valeurs soit trop grandes soit trop petites, de faire des comparaisons (par exemple vérifier que la dimension de l'année $n+p$ est supérieure à celle de l'année n).

La troisième étape est, après avoir fait les calculs par unité expérimentale, de vérifier par exemple que le nombre de plants vivants dans une plantation n'augmente pas avec l'âge, que les dimensions moyennes ne diminuent pas avec le temps, que les courbes de croissance ne présentent pas d'anomalies, etc.

La quatrième étape où l'on peut encore vérifier s'il n'existe pas de données aberrantes est l'analyse statistique. Par exemple, quand l'analyse de variance décèle des valeurs anormales ou quand il est trouvé différent de ce que l'on attendait.

Utilisation du logiciel Excel[®]

"EXCEL" est un logiciel de calcul qui permet en plus de faire des graphiques, des analyses statistiques simples et qui comprend une partie spécialisée dans la gestion de bases de données.

C'est cette partie qui sert pour la vérification des données.

Le fichier de saisie

Ce fichier pour faciliter les opérations ultérieures comprend (voir exemple ci-joint) :

- Le titre de l'essai ainsi que des renseignements généraux.
- Des colonnes avec des variables identifiantes : parcelle, placette, numéro d'arbre, les facteurs étudiés (une colonne par facteur), les facteurs contrôlés (blocs, répétitions) et des variables mesurées ou observées (DHP, H, observation, etc.) et éventuellement des variables transformées (par exemple, g) calculées à partir des variables précédentes.
- Chaque ligne correspond à un individu (en général, un arbre ; mais quelquefois une espèce par exemple dans le comptage de la régénération naturelle).

La partie du fichier avec les données ne doit pas avoir de colonnes ou de lignes entièrement vides.

Il vaut mieux faire un fichier par essai sauf si celui-ci est très grand. Dans ce cas, il faut le subdiviser judicieusement en plusieurs (par exemple : 1 fichier par traitement ou par parcelle). La dimension maximale pratique est de l'ordre de 1.000 à 2.000 individus.

Les possibilités de copier le contenu des cellules et de fractionner la feuille de calcul d'"Excel" facilitent grandement la saisie des données.

Vérification des données

Elle se fait en 2 étapes :

- Recherche de valeurs aberrantes pour chaque variable

Mettre le curseur dans le tableau de données.

Faire *Données - Filtre - Filtre automatique*.

Un bouton apparaît sur le titre des colonnes de toutes les variables.

En cliquant sur ce bouton, une liste par ordre croissant ou alphabétique de toutes les valeurs prises par la variable apparaît. Cette liste permet de constater s'il n'y a pas de valeurs anormales :

- valeurs négatives pour des variables toujours positives (H, DHP, ...) ;
- valeurs très grandes dues souvent à des oublis de virgule ;
- valeurs non possibles pour une variable qualitative.

En sélectionnant avec la souris ces valeurs anormales, on peut retrouver rapidement l'identité des individus et vérifier les données saisies avec les données des fiches de relevé.

Si une donnée douteuse est la même que celle de la fiche de relevé, on peut :

- soit la considérer comme bonne
 - soit l'éliminer
 - soit la corriger en mettant une valeur plausible, mais pour cela il faut de bons arguments
- Recherche de valeurs aberrantes pour une variable quantitative mesurée à 2 dates différentes

A chaque date doit correspondre une colonne.

Créer une nouvelle colonne dans laquelle on effectue un test logique avec la fonction *SI* qui s'écrit :

= *si (test_logique ; valeur si vrai ; valeur si faux)*

Le test logique sera par exemple : l'accroissement de la variable entre les 2 dates ≥ 0 ou l'accroissement de la variable entre les 2 dates doit être compris entre 2 valeurs qui, *a priori*, encadrent cet accroissement.

La valeur si le test logique est vrai sera par exemple : "*bon*".

La valeur si le test logique est faux sera par exemple : "*aberrant*".

Puis avec la fonction de *Filtre automatique*, on peut sélectionner les individus qui ont "*aberrant*" comme valeur.

Si la saisie est correcte, ces aberrations peuvent être dues :

- à des accidents : arbres cassés, malade, etc. ;
- à la qualité des mesures : problèmes d'appareil, d'opérateur, de façon de procéder, etc. ;
- à des décalages dans les mesures ou dans la saisie.

Le calcul des résultats par placette

Pour faire cette opération sur des données quantitatives, on utilise la macro complémentaire *Tableaux croisés dynamiques*.

Mettre le curseur dans le tableau de données.

Faire *Données - Tableaux croisés dynamiques*.

Un *assistant-conseil* guide après pour construire le tableau désiré.

Si le tableau obtenu n'est pas celui voulu, il peut être reconstruit très rapidement en déplaçant les *boutons-titres* des lignes ou des colonnes, ou en cliquant sur ces *boutons*.

Ces tableaux permettent de vérifier encore les données en calculant par placette :

- le nombre d'individus ;
- la moyenne ;
- l'écart-type ;
- le minimum et le maximum.

Ces résultats permettent de vérifier par exemple que :

- le nombre de plants vivants diminue avec l'âge ;
- la croissance en hauteur ou en diamètre augmente normalement avec l'âge
- certains arbres n'ont pas de valeurs trop grandes ou trop petites par rapport à la moyenne et l'écart-type.

Pour les variables qualitatives, l'opération est moins évidente. On peut utiliser la commande *Filtre automatique* et pour la variable concernée sélectionner une à une les occurrences de la variable pour chaque placette. Le nombre d'individus sélectionnés apparaît dans une petite fenêtre en bas et à gauche de la feuille.

Cas particulier des mesures de 1998 et 1999

Suite à la mission de MM. Behaghel et Vigneron qui avait montré des anomalies entre les mesures de 1994 et celles de 1998, une campagne de mesures a été reprise par l'Iraf. Ces mesures ont été saisies par l'équipe de l'Unité Sylvicole de l'IRAF et ont fait l'objet d'un premier apurement et de calculs de moyennes.

Contrôle de la validité des mesures de terrain

Au cours de la mission, les thèmes de recherche suivants, développés sur la station d'Ekouk, ont fait l'objet d'une analyse plus poussée :

- Essai 13 espèces
- Comportement du Limba en plantations
- Plantation d'Okoumé en mélange avec diverses espèces
- Eclaircie du Bilinga

Essai 13 espèces :

- Apurement des données

Pour la parcelle 887 (plantation en plein découvert), le fichier de saisie comprend les mesures de 1994, 98 et 99. Pour la parcelle 889B (plantation sous couvert), le fichier comprend en outre les mesures de 1993.

Dans ces fichiers, les arbres sont normalement répertoriés individuellement. C'est à dire que dans chaque parcelle, les arbres sont numérotés de 1 à 36.

- Les prises de mesure

Le chef d'équipe dispose d'un plan qui l'oriente pour la prise des mesures, mais, en 1998, il n'y avait pas de marques, de repères, permanentes sur les arbres. Les angles des placettes sont matérialisés par des piquets de bois qui peuvent disparaître entre deux séries de mesures (entre 1994 et 1998 par exemple). Dans ces conditions, il peut y avoir confusion sur l'orientation de la parcelle, donc sur le numéro d'arbre au moment des mesures.

Or, sur les fiches de mesure, les individus sont repris les uns sous les autres, individu par individu. La fiche de mesure n'est donc pas une représentation cartographique sommaire de la parcelle. Il est donc impossible de comparer deux séries de mesures si l'arbre n°1 n'est pas le même dans les deux cas.

- Difficulté de l'apurement des données

Dans ces conditions de terrain, toute erreur éventuelle de localisation du point de départ (mesures débutées à un autre angle de la parcelle) ou d'un ou plusieurs arbres ne peut être ni identifiée, ni rectifiée en reprenant les fiches originales de mesures. Seules des erreurs de saisie peuvent être détectées.

De telles erreurs de numérotation des arbres se sont vu confirmées sur les mesures 1998 et 99 de la première placette d'Afo qui ne compte plus que quelques arbres. Dans celle-ci les valeurs observées des deux années correspondent très bien mais l'on constate que, sur les fiches, les mêmes arbres sont situés sur des lignes différentes. De telles erreurs ont certainement été renouvelées dans d'autres parcelles.

Autre erreur de mesure signalée dans le rapport de la mission précédente : le non respect strict de la hauteur de prise de mesure (qui selon les normes internationales est à 1,30 m du sol). Cela peut, entraîner soit une surestimation, soit une sous-estimation des variables mesurées car l'erreur est systématique.

- Détection des valeurs aberrantes

La méthodologie a été explicitée dans la première partie de ce chapitre.

Rappelons néanmoins ici que le premier contrôle possible est l'utilisation des valeurs minimales et maximales des séries de mesures saisies. Si par exemple on note dans les données un arbre de 1,2 m ou un arbre de 120 m dans un peuplement de 12 m de hauteur moyenne, il y a une erreur de saisie évidente. Celle-ci est généralement facile à corriger. Mais ceci étant fait généralement lors de la saisie, à la fin de chaque parcelle, ce n'est pas ce type d'erreur qui est recherché ici.

Nous avons donc essayé de détecter des erreurs du type "35 cm" enregistré "55 cm" ou inversement ; ou 69 cm saisi 96 cm. Ces erreurs sont plus difficiles à détecter, sauf si tous les arbres sont identifiés avec certitude depuis l'origine des mesures, ce qui n'est manifestement pas le cas ici.

Deux méthodes ont été utilisées pour détecter ces valeurs erronées :

1. Comparaison des inventaires successifs, individu par individu¹, en créant des graphes de nuages de points avec, comme abscisse les valeurs de 1994 et, comme ordonnées les valeurs de 1993, 1998 et 1999. Ces graphes sont présentés en annexe au chapitre concernant l'essai 13 essences².

Dans ces graphes, la ligne diagonale (0,0 - X,X) représente les valeurs observées lors des mensurations de 1994. S'il n'y a pas d'erreur de mesure ni de saisie, la corrélation entre les années doit être bonne³. Le nuage de points comparatif entre deux années successives de mesures, aura alors une forme s'écartant peu d'une droite.

Dans le cas présent, toutes les observations de 1993 devraient donc se situer en dessous de la diagonale 1994 et celles de 1998 et 1999. au-dessus. Ce n'est pas toujours le cas.

Cette méthode a permis de détecter quelques fautes de saisie, généralement liées à la place de la virgule (non respect de l'apurement par la technique des maxima et

¹ Ce qui suppose qu'il n'y a pas d'erreur d'identification des individus

² Les graphiques créés pour l'apurement des données des autres séries de mesures, dans les autres essais, ne seront pas présentés ici compte tenu du peu d'intérêt pédagogique qu'ils présentent.

³ L'apparition de la concurrence au sein des parcelles peut entraîner certaines surprises : par exemple des individus (dominants) ayant une croissance normale et d'autres (dominés) n'ayant pas crû. Les corrélations entre séries de mesures, surtout si elles sont espacées de quelques années, seront alors relativement mauvaises sans prouver des erreurs de mesure ou de saisie.

minima). Les points très aberrants, sous la droite de 1994, sont généralement des arbres cassés ayant rejeté. Mais ceci n'explique pas tout !

RECOMMANDATION :

Dans les délais les plus brefs, il convient de **bien matérialiser les placettes expérimentales et les hauteurs de mesure.**

- ▶ Il a été constaté lors de la visite du terrain que les hauteurs de mesure avaient été matérialisées par des anneaux de peinture.
- ▶ Le point de départ des mesures doit être matérialisé de manière permanente. Par exemple un tube PVC (tuyau d'évacuation gris clair de 8cm de diamètre) de 100 cm de long, sur lequel est gravé le numéro de placette pourrait être placé à 1m de l'arbre de coin où débutent les mesures. Le coin inférieur gauche (ou le coin sud-ouest). Ce tuyau sera enterré de 30 à 40 cm et rempli de béton. Le béton garanti la pérennité de la marque.
- ▶ Chaque arbre sera marqué avec une étiquette métallique en relief portant le n° de placette et le n° d'arbre pour permettre des vérifications à tout moment
- ▶ Ces étiquettes seront posées à 125 cm du sol indiquant ainsi le niveau de mesure 5 cm plus haut
- ▶ Les étiquettes seront fixées avec une pointe de 8 (par exemple) dont 3 cm resteront hors de l'arbre afin que la croissance de l'écorce n'engloutisse pas le clou ni l'étiquette. Il est probable qu'il faille faire ressortir le clou de temps en temps avec une tenaille.
- ▶ Le report des mesures sur les feuilles de mensuration (un modèle est présenté en annexe) sera fait de telle sorte que la fiche représente le plan de la parcelle. Ainsi, si l'arbre n° 1 est au coin inférieur gauche de la parcelle, la prise de mesures pour cet arbre sera inscrite dans la cellule "arbre" du coin inférieur gauche de la feuille de saisie.
- ▶ Cette technique permet la comparaison arbre par arbre entre deux saisies de mesures avant même la saisie informatique. Toute erreur d'orientation de la parcelle ou de numérotation des lignes ou des colonnes pourra être corrigée avant la saisie informatique. Ainsi, les apurements de données sur les fichiers informatiques devraient se limiter au contrôle des erreurs de saisie.

Note : l'anneau de peinture à 1,30 m ne semble pas une solution appropriée compte tenu de la pluviométrie et de la vitesse de croissance des arbres.

Ces graphes montrent que, pour la majorité des espèces, les données 1994 et 1999 correspondent si l'on accepte que de nombreux arbres, notamment les plus petits, les dominés, ont pu ne pas croître en circonférence en cinq années. Ceci laisse néanmoins supposer, puisque les mesures de 1999 ont été faites avec rigueur, que les mesures de 1994 ont probablement été surestimées. Il conviendra donc d'être

prudent dans l'élaboration des courbes de croissance. Ce point sera traité dans l'analyse de l'essai.

Or, pour quelques essences, notamment *Khaya*, les nuages de points ne correspondent pas, même de loin, au schéma présenté ci-dessus. Ces nuages forment une "patate" amorphe.

Cette distorsion par rapport au schéma classique peut s'expliquer par deux hypothèses :

- les mesures sont fausses en 1993, 94 et 98 si l'on accepte que celles de 1999 ont été faites avec soin et sont exactes
- il y a des erreurs importantes de localisation des individus et ceux qui sont comparés par régression ne sont pas les mêmes chaque année.

Encore faut-il vérifier cette seconde hypothèse ! Celle-ci est probablement vraie puisque l'on a pu mettre en évidence de telles erreurs dans les fiches de l'Afo (cf supra).

Nous avons donc émis l'hypothèse que les erreurs majeures résultaient d'une mauvaise identification des individus (soit inversion d'individus sur une même ligne, soit inversion de deux lignes, soit lignes décalées de 90°) sur les fiches de mesures. Dans ce cas, les valeurs sont exactes mais la comparaison des fiches de mesure ne permet pas de le vérifier.

RECOMMANDATION :

Les fiches de mesure doivent être une représentation géographique sommaire de la placette à mesurer. Ainsi, il est possible de contrôler sur le terrain, et au bureau par comparaison directe de fiches successives, si les arbres mesurés correspondent bien au n° qui leur a été attribué.

Note : un modèle de fiche est présenté en annexe

2. Représentation graphique de la distribution des individus par classes (de circonférence, de hauteur ou autres) sur plusieurs années.

Ce type de graphique, présenté en annexe du chapitre "13 essences", permet de visualiser la croissance du peuplement.

Dans un peuplement équiennne jeune, les distributions par classes sont en forme de courbes de Gauss qui, avec l'âge croissant, glissent progressivement de gauche (âge n) à droite (âge $n+x$). Au cours de cette progression, la base de la courbe s'élargit et le nombre d'individus dans la classe centrale diminue. Le maximum de la courbe a tendance à se décaler vers les petites dimensions car les arbres dominés sont les plus nombreux tant que la mortalité naturelle ne les a pas éliminés. La courbe s'étire vers les grandes dimensions du fait des arbres dominants qui sont, néanmoins en moindre nombre.

Il est ainsi aisé de voir si ces courbes évoluent logiquement avec la croissance du peuplement. Dans la partie croissante des courbes, les arbres les plus jeunes seront à gauche, puis, vers la droite, on retrouvera les âges différents par ordre croissant. Dans la partie descendante de la courbe, le classement est identique.

Si ce que l'on observe sur les graphes ne correspond pas à la description sommaire ci-dessus, c'est qu'il y a une "grosse" erreur (vraisemblablement de saisie puisque l'on ne tient plus compte de l'emplacement des individus dans la parcelle). Cette erreur doit être identifiée à partir des fiches de mesures et corrigée. Normalement, elle n'aurait pas dû passer le filtre des valeurs maxima et minima !

L'interprétation se complique quand le peuplement vieillit. Des arbres meurent : ce qui n'influe en rien sur la disposition relative des courbes. Mais apparaissent des phénomènes de concurrence, d'émergence d'arbres dominants et corrélativement l'existence d'arbres dominés à faible croissance. Les courbes n'ont alors plus la forme de celle de Gauss. Dans ce cas, la partie de la courbe concernant les arbres les plus petits doit être en dessous de celle de l'année précédente et celle des arbres les plus gros au dessus.

Cette méthode de comparaison des mesures, et des peuplements, années par années, permet de voir si l'évolution des peuplements est "logique" et donc s'il n'y a pas d'erreur importante dans les données.

Cette méthode n'est à utiliser que si l'identification des individus est incertaine.

Néanmoins, ces graphiques sont à réaliser car ils servent à compléter les résultats des analyses statistiques et permettent de mieux appréhender le comportement des différentes essences / traitements.

TARIFS DE CUBAGE

Introduction

Des éclaircies sont en cours dans des parcelles de Limba.

Aucune mesure n'est prise pour construire des tarifs de cubage pour cette essence. Il y a là un grand risque de perte d'informations.

A quoi servent les tarifs de cubage ?

Le tarif de cubage est une équation mathématique permettant de relier le volume d'un arbre (valeur difficilement mesurable tant qu'il est sur pied) à des valeurs plus ou moins aisément mesurables comme la circonférence à hauteur de poitrine (classiquement 1,30m) ou au dessus des contreforts ou des échasses (si celles-ci déforment la cylindricité du fût sur une hauteur supérieure à 1,30 m) et la hauteur.

Le tarif de cubage est un moyen d'estimer le volume d'un arbre ou d'un peuplement sans abattre les arbres. Il permet donc d'estimer le volume sur pied à différents âges et d'en déduire les accroissements annuels moyens et annuels courants en volume. C'est un outil essentiel pour un bon aménagement et une bonne gestion des fprêts.

Quels sont les principaux tarifs de cubage ?

Les tarifs sont établis en fonction d'objectifs précis fonction de l'utilisateur. Par exemple, sans que ceci soit limitatif, ils permettent d'estimer le :

- volume total (volume de la totalité du bois y compris les fines branches)
- volume bois fort (volume jusqu'à une découpe fin bout de 22 cm de circonférence ou 7 cm de diamètre) qui représente le volume récoltable pour le bois de trituration
- volume selon diverses découpes : 20, 30,... cm au fin bout : s'utilise surtout pour les arbres non fourchus pour estimer le volume transformable en fonction du matériel disponible
- volume grume : volume jusqu'à la première grosse branche. Volume utilisable en sciage, déroulage, tranchage. Ces tarifs peuvent prendre en compte la surbille (bois sciable au dessus de la première branche).

Ces différents volumes, toujours estimés à partir de mesures faites sur l'arbre vivant, peuvent concerner les volumes :

- sur écorce : volume avec écorce, soit volume à transporter jusque l'usine
- sous écorce : volume sans écorce ou volume transformable
- d'aubier : volume de bois perdu ou à imprégner en cours de transformation
- de bois de coeur : volume transformable de haute qualité

ou tout autre critère que l'on souhaite estimer : par exemple

- le poids de bois vert à transporter jusqu'à l'usine
- volume de bois abandonné sur place lors de l'exploitation et la quantité d'éléments minéraux rétrocédés au sol.
- etc.

Les types de tarifs de cubage

Les types de tarifs de cubage se définissent par rapport aux données que l'on mesure sur les arbres :

- le tarif à une entrée permet l'estimation du volume à partir d'une seule mesure, par exemple la circonférence (ou le diamètre) à 1,30 m. Ce tarif a des limites importantes :
 - il est souvent utilisé en forêt naturelle (par exemple Saint Aubin calcule le tonnage des billes d'Okoumé par le tarif : $T = - 0,627 + 0,0548 D^2$ (avec T en tonnes pour une densité de 0,6 et D - au dessus des contreforts - en dm) car il est difficile de prendre d'autres mesures
 - ce tarif a des limites :
 - ▶ pour les peuplements naturels, la hauteur du fût varie en fonction de la richesse des sols
 - ▶ pour les plantations équiennes, pour une même circonférence, le volume dépend de la hauteur de l'arbre ou de la hauteur dominante du peuplement
 - ▶ les tarifs de cubage à une entrée sont donc peu fiables et ne doivent être utilisés que dans le peuplement où ils ont été construits et, pour des plantations, uniquement pour estimer les volumes l'année de leur construction.
- Le tarif à deux entrées nécessite deux mesures : généralement la circonférence (ou le diamètre) à 1,30 m et la hauteur de l'arbre ou la hauteur dominante du peuplement.
 - ces tarifs sont beaucoup plus précis mais nécessitent une estimation fiable de la hauteur, ce qui est difficile dans les peuplements denses et très hauts
 - généralement, ils peuvent être appliqués à d'autres peuplements que ceux qui ont servi à leur construction tout en respectant les limites de validité (ne pas utiliser des mesures plus petites ou plus grandes que celles qui ont servi à leur construction)
- D'autres tarifs peuvent être construits et compter un nombre supérieur d'entrées en fonction de la précision que l'on veut apporter à l'estimation des volumes. Ainsi, on pourrait établir un tarif avec les entrées suivantes : hauteur, diamètre au dessus des contreforts, hauteur des contreforts, longueur du fût,...

La construction des tarifs de cubage

Prise de données

Deux possibilités se présentent :

- soit l'on est en train de faire une éclaircie ou une exploitation et on en profite pour prendre des mesures,
- soit on décide d'établir un tarif de cubage en ayant la possibilité d'abattre des arbres sélectionnés pour l'établissement du tarif.

Dans le premier cas, on prendra les arbres tels qu'on les trouve et on les mesurera. Mais on essaiera, si cela est possible, de diversifier au maximum les dimensions des arbres mesurés. Quoi qu'il en soit, il est indispensable de stocker toutes ces mesures dans une banque de données qui sera complétée au fur et à mesure des éclaircies et des exploitations. A chaque fois, le ou les tarifs seront réactualisés et leurs limites de validité élargies.

Dans le second cas, on essaiera de couvrir au maximum les diversités de dimensions de l'espèce. L'échantillon devra prendre en compte les arbres les plus gros aussi bien que les plus petits. Toutefois, il faut savoir que la variance des volumes augmente avec la taille (C130) des arbres (les écarts entre les valeurs individuelles observées et la moyenne du peuplement sont plus importantes pour les gros arbres que pour les petits). Pour éviter qu'un gros arbre isolé ne "tire" la régression vers lui, il est indispensable de mesurer plusieurs gros arbres.

En pratique, on essaiera de diviser l'intervalle entre 0 et les plus gros individus en classes de surfaces terrières équivalentes. Dans chacune de ces classes on récoltera 8 à 10 arbres pour la construction du tarif. La procédure est expliquée en annexe 1, mais elle doit être adaptée puisqu'elle concerne une forêt où les arbres font rarement plus de 80 cm de diamètre.

Calcul des régressions

Les régressions, simples ou multiples, peuvent être calculées simplement avec un tableur.

Toutefois, il est indispensable de vérifier la validité du tarif par une représentation graphique : nuage de points et traçage de la droite (ou de la courbe) de régression.

La représentation graphique de la distribution des résidus (valeur calculée - valeur observée) autour de la régression est plus parlante. Bien souvent, comme les gros arbres tirent les régressions vers eux, on remarquera que les tarifs présentent un biais : soit sous-estimation des petits diamètres et sur-estimation des gros ou inversement.

Dans ce cas, il faut recourir aux régressions pondérées qui réduisent le poids des arbres de gros diamètres et permettent le calcul de régressions plus "équilibrées".

Les régressions pondérées classiques (présentées en annexe 2) permettent en outre d'estimer l'intervalle de confiance de l'estimation du volume du peuplement cubé. En cela, elles sont préférables aux régressions simples aussi bonnes soient-elles.

Annexe 1

EXEMPLE DE PROTOCOLE DE PRISE DE DONNEES POUR L'ETABLISSEMENT DE TARIFS DE CUBAGE POUR DES ESPECES DE BOIS D'OEUVRE

INTRODUCTION

L'établissement de tarifs de cubage pour les espèces de bois d'oeuvre est indispensable à une bonne gestion des formations naturelles et permettra d'estimer avec une bonne précision le volume des coupes à mettre en adjudication.

Pour l'établissement des tarifs il semble souhaitable de profiter des coupes d'éclaircies qui vont être réalisées.

Ce document présente le mode de récolte des données nécessaires à l'établissement des tarifs.

TYPES DE TARIFS A ETABLIR

Pour chaque espèce, il faut prévoir des tarifs à une entrée (circonférence ou diamètre) pour les besoins courant de gestion et des tarifs à deux entrées:

- circonférence et hauteur totale pour les besoins de recherche (estimation de l'accroissement des peuplements) et
- circonférence et hauteur fût pour les besoins commerciaux.

Pour chacune des deux catégories (une et deux entrées) il faut prévoir au moins trois tarifs:

- **volume bois utilisable total** sur écorce

Ce tarif correspond à la somme des deux tarifs suivants:

- **volume grume sciable** sur écorce
- **volume bois de feu** sur écorce

Des volumes sous écorce pourront être établis après étude de l'épaisseur de l'écorce pour chaque espèce. Cette étude pourrait être faite à l'occasion des essais de rendements au sciage. Ces derniers essais permettront également d'établir des

équations estimant le taux d'aubier et le rendement en avivés en fonction du diamètre de l'arbre.

Des regroupements seront faits, si possible, entre espèces de forme similaire.

ECHANTILLONS A PRELEVER

On considère généralement (Cailliez, 1980) que pour l'établissement d'un tarif à deux entrées, il faut entre 80 et 150 arbres. En première approche, nous nous contenterons de 80 arbres par espèce.

Comme la variabilité du volume augmente avec la circonférence, il faut récolter un maximum de gros arbres. A titre indicatif, le tableau 1 ci-dessous donne pour une essence dont le diamètre ne dépasse que rarement 60 cm de diamètre, le nombre d'arbres à récolter par classes de circonférence. Ce tableau est à adapter en fonction des espèces.

Tableau 1 Répartition *théorique* des arbres échantillons à prélever

Diamètre (cm)	Limites de classes										
	10	22	30	36	41	45	49	53	57	60	> 60
Circonférence (cm)	31	70	93	112	128	142	155	167	178	188	> 188
Surface terrière (cm ²)	80	385	690	995	1300	1605	1910	2215	2520	2825	>2825
Nombre d'arbres à récolter	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

S'il n'est pas possible de prélever le nombre de tiges prévu, il est préférable de concentrer les récoltes dans les gros diamètres: la précision des tarifs s'en trouvera améliorée.

PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS ET PRISE DES MESURES

Les arbres échantillons seront mesurés en circonférence à 1,30 m avant abattage (voir normes en annexe). Le niveau 1,30 m sera matérialisé sur l'arbre par un coup de griffe ou une bande de peinture.

L'abattage se fera au plus bas (rez de terre si possible).

Chaque arbre sera numéroté (peinture) sur la tranche d'abattage (base du fût) et sur une flache latérale faite dans l'écorce. Ceci afin de pouvoir les retrouver pour mesures complémentaires éventuelles et pour pouvoir les identifier avec précision lors des essais de sciage qui seront faits à Abidjan.

La **hauteur totale** sera mesurée à ce moment: placer la valeur 1,30 m du ruban gradué sur le repère fait avant abattage et lire la hauteur totale au niveau du bourgeon terminal (faire un premier ébranchage si nécessaire pour faciliter le travail).

Les arbres seront ensuite ébranchés en respectant la ou les tiges principales.

La mesure des **circonférences** sera faite tous les mètres soit à 0,30 - 1,30 (déjà effectuée avant abattage) - 2,30 - 3,30 m.... Pour ce faire mettre la valeur 1m du ruban gradué sur le repère fait avant abattage. Ces mesures seront faites sur un maximum de trois tiges dans le cas d'arbres fourchus.

Tout le bois de feu (tige non sciable) jusqu'à un diamètre fin bout de 3 à 4 cm, sera débité en **billons de 1 mètre** et enstéré. Les diamètres de tous les bois seront mesurés de chaque côté du tas.

L'ensemble des mesures sera reporté sur la fiche de mensurations ci-jointe. On y portera également la longueur du fût (hauteur de découpe), le niveau des fourches, des notes relatives à la forme, l'état sanitaire et la qualité extérieure du bois (afin d'estimer le volume utilisable en sciage, ...

Les bois de moins de 3 cm de diamètre ne sont pas pris en compte: ils sont considérés comme les rémanents d'exploitation.

CALCUL DES TARIFS

Les volumes des billons seront calculés par la formule de Smalian appliquée à l'ensemble des billons réels ou fictifs de 1 mètre : $V = (c_1^2 + C_2^2)/8^{\text{TM}}$

Les volumes (total, bois fort, bois d'oeuvre,...) D'un arbre sont la somme des billons correspondant jusqu'à la découpe voulue.

Les tarifs seront calculés par régression pondérée afin de pouvoir donner l'intervalle de confiance de l'estimation des volumes fournis par le tarif (Annexe 2)

Annexe 2

ETABLISSEMENT DES TARIFS DE CUBAGE

Un tarif de cubage est une formule qui permet d'estimer le volume d'un ou de plusieurs arbres à partir de mesures simples telles que le diamètre (ou la circonférence) à 1,30 m et la hauteur.

Généralement on l'obtient par régression. Les tarifs sont de forme $V = a + b C^2$, $V = a + b C^2 H$, $V = a + b C + c C^2$, etc.

Cependant, la variance du volume des arbres de circonférence C (ou de diamètre D) est une fonction croissante de C (ou de D). Le nuage de points représentant le volume des arbres échantillons en fonction du diamètre a une dispersion qui augmente avec le diamètre.

Autrement dit, pour l'établissement de la régression, un gros arbre aura plus de poids (tirera plus la régression vers lui) qu'un petit. Si l'échantillon ne comprend que quelques gros arbres, la régression simple peut entraîner des biais. C'est pourquoi on cherchera à donner le même poids à un gros arbre qu'à un petit. Ainsi, les estimations seront plus précises.

La pondération

La façon dont la variance du volume croît avec la circonférence peut s'écrire : $\text{var } V = k(C^2)^e$ ou k et e sont des constantes.

La variable $V / \text{racine}(k(C^2)^e)$ est de variance 1 puisqu'elle est indépendante de D .

On la fait apparaître, pour le calcul de la régression $V = a + b C^2$, en divisant les deux termes par $\text{racine}(k(C^2)^e)$ et on obtient :

$$V/C^e = a*1/C^e + b*C^{2-e}$$

C'est ce modèle que l'on ajustera par la méthode des moindres carrés.

Il convient dès lors d'estimer la valeur du paramètre e . Pour ce faire, on découpe l'échantillon d'arbres mesurés en n classes de circonférence. Pour chacune de ces n classes, on calcule la variance du volume et la moyenne des C^2 . On ajuste alors la régression

$$\log(\text{Var } V) = f + e \log(C^2).$$

e a généralement une valeur comprise entre 1 et 2. Pour simplifier les calculs ultérieurs, on utilise la valeur 1 ou 2 la plus proche de e réel.

8 modèles de tarifs de cubage pondérés

Tarif n°	Modèle	Hypothèse que la variance de V est proportionnelle à
1	$V = a + bC^2$	C^4
2	$V = a + bC^2$	C^2
3	$V = a + bC + cC^2$	C^4
4	$V = a + bC + cC^2$	C^2
5	$V = a + bC^2H$	$(C^2H)^2$
6	$V = a + bC^2H$	C^2H
7	$V = a + b \text{ racine}(C^2H) + cC^2H$	$(C^2H)^2$
8	$V = a + b \text{ racine}(C^2H) + cC^2H$	C^2H

Dans les pages suivantes sont décrits ces 8 tarifs de cubage à une entrée et à deux entrées.

Tarif n°1

Dans le cas d'un tarif à une entrée : $V = a + b C^2$

a et b sont les nombres qui minimisent l'expression :

$$S = \sum_{i=1}^n w_i (V_i - a - bC_i^2)^2 \quad \text{où} \quad w_i = \frac{1}{C_i^4}$$

En posant :

$$y_i = \frac{V_i}{C_i^2} \qquad X_i = \frac{1}{C_i^4}$$

S s'écrit aussi :

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2$$

On ajuste le modèle $y = ax + b$ par la méthode des moindres carés et on obtient :

$$a = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-2} \left\{ \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} - a \left[\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right] \right\}$$

$$Var a = \frac{VR}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$Var b = \frac{VR}{n} + \bar{x}^2 Var a$$

$$Cov(a,b) = -\bar{x} Var a$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\text{var } V_{TOT} = N^2 \text{ var } a + K^2 \text{ var } b + 2NK \text{ cov}(a,b) + 2(VR)$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 \quad \text{et} \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^4$$

Tarif n°2

Dans le cas d'un tarif à une entrée : $V = a + b D^2$ où la variance du volume est proportionnelle à C^2 , on pose :

$$z_i = \frac{V_i}{C_i} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{C_i} \quad ; \quad y_i = C_i$$

On ajuste le modèle $z = ax + by$ par la méthode des moindres carés et on obtient :

$$a = \frac{\%zX \%y^2 - \%Xy \%zy}{\%X^2 \%y^2 - (\%Xy)^2}$$

$$b = \frac{\%zy \%X^2 - \%zX \%Xy}{\%X^2 \%y^2 - (\%Xy)^2}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-2} \{ \sum z^2 - a(\sum zX) - b \sum zy \}$$

$$Var a = \frac{VR \%y^2}{\sum X^2 \sum y^2 - (\sum Xy)^2}$$

$$Var b = \frac{VR \%X^2}{\sum X^2 \sum y^2 - (\sum Xy)^2}$$

$$Cov(a,b) = - \frac{VR \%Xy}{\sum X^2 \sum y^2 - (\sum Xy)^2}$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^n C_i^2$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\text{var } V_{TOT} = N^2 \text{ var } a + K^2 \text{ var } b + 2NK \text{ cov}(a,b) + K(VR)$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2$$

Tarif n°3

Dans le cas d'un tarif à une entrée : $V = a + bC + cC^2$ où la variance du volume est proportionnelle à $(C^2)^2$, on pose :

$$z_i = \frac{V_i}{C_i^2} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{C_i^2} \quad ; \quad y_i = \frac{1}{C_i}$$

et

$$Z_i = z_i - \bar{z} \quad ; \quad Y_i = y_i - \bar{y} \quad ; \quad X_i = x_i - \bar{x}$$

On ajuste le modèle $z = ax + by + c$ par la méthode des moindres carrés et on obtient :

$$a = \frac{\%ZX \%Y^2 - \%XY \%ZY}{\%X^2 \%Y^2 - (\%XY)^2}$$

$$b = \frac{\%ZY \%X^2 - \%ZX \%XY}{\%X^2 \%Y^2 - (\%XY)^2}$$

$$c = \bar{z} - a\bar{x} - b\bar{y}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-3} \{ \Sigma Z^2 - a(\Sigma ZX) - b \Sigma ZY \}$$

$$Var a = \frac{VR \%Y^2}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$Var b = \frac{VR \%X^2}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$Var c = \frac{VR}{n} + \bar{x}^2 var a + \bar{y}^2 var b + 2 \bar{x} \bar{y} cov(a,b)$$

$$Cov(a,b) = - \frac{VR \%XY}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$\text{Cov}(a,c) = -\bar{x} \text{Var } a - \bar{y} \text{Cov}(a,b)$$

$$\text{Cov}(b,c) = -\bar{x} \text{Cov}(a,b) - \bar{y} \text{Var } b$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^{i=n} C_i + c \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\begin{aligned} \text{var } V_{TOT} = N^2 \text{var } a + K^2 \text{var } b + 2^2 \text{var } c + 2NK \text{cov}(a,b) \\ + 2N2 \text{cov}(a,c) + 2K2 \text{cov}(b,c) + 3 VR \end{aligned}$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \quad ; \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 \quad ; \quad 3 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^4$$

Tarif n°4

Dans le cas d'un tarif à une entrée : $V = a + bC + cC^2$ où la variance du volume est proportionnelle à (C^2) , on pose :

$$z_i = \frac{V_i}{C_i} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{C_i} \quad ; \quad y_i = C_i$$

et

$$Z_i = z_i - \bar{z} \quad ; \quad Y_i = y_i - \bar{y} \quad ; \quad X_i = x_i - \bar{x}$$

On ajuste le modèle $z = ax + by + c$ par la méthode des moindres carrés et on obtient :

$$a = \frac{\sum Z X \sum Y^2 - \sum X Y \sum Z Y}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$c = \frac{\sum Z Y \sum X^2 - \sum Z X \sum X Y}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$b = \bar{z} - a\bar{x} - c\bar{y}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-3} \{ \sum Z^2 - a(\sum Z X) - c \sum Z Y \}$$

$$Var a = \frac{VR \sum Y^2}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$Var c = \frac{VR \sum X^2}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$Var b = \frac{VR}{n} + \bar{x}^2 var a + \bar{y}^2 var c + 2 \bar{x} \bar{y} cov(a,c)$$

$$\text{Cov}(a,c) = - \frac{VR \%XY}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$\text{Cov}(a,b) = - \bar{x} \text{Var } a - \bar{y} \text{Cov}(a,c)$$

$$\text{Cov}(b,c) = - \bar{x} \text{Cov}(a,c) - \bar{y} \text{Var } c$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^{i=n} C_i + c \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\begin{aligned} \text{var } V_{TOT} = N^2 \text{var } a + K^2 \text{var } b + 2^2 \text{var } c + 2NK \text{cov}(a,b) \\ + 2N2 \text{cov}(a,c) + 2K2 \text{cov}(b,c) + 2 VR \end{aligned}$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \quad ; \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2$$

Tarif n°5

Dans le cas des tarifs à deux entrées : $V = a + b C^2 H$

a et b sont les nombres qui minimisent l'expression :

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} w_i (V_i - a - b C_i^2 H_i)^2 \quad \text{où} \quad w_i = \frac{1}{(C_i^2 H_i)^2}$$

en posant :

$$y_i = \frac{V_i}{C_i^2 H_i} \quad \text{et} \quad x_i = \frac{1}{C_i^2 H_i}$$

S s'écrit alors :

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - a x_i - b)^2$$

Le modèle $Y = ax + b$ s'ajuste alors par la méthode des moindres carrés.

Le volume (V_{TOT}) de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m et la hauteur sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^{i=n} D_i^2 h_i$$

et l'intervalle de confiance de ce volume au niveau 0,95 est de:

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\text{var } V_{TOT} = N^2 \text{var } a + K^2 \text{var } b + 2NK \text{cov}(a,b) + 2(VR)$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H_i \quad \text{et} \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^4 H_i^2$$

Tarif n°6

Dans le cas d'un tarif à une entrée : $V = a + b D^2H$ où la variance du volume est proportionnelle à C^2H , on pose :

$$z_i = \frac{V_i}{C_i \sqrt{H_i}} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{C_i \sqrt{H_i}} \quad ; \quad y_i = C_i \sqrt{H_i}$$

On ajuste le modèle $z = ax + by$ par la méthode des moindres carés et on obtient :

$$a = \frac{\%zx \%y^2 - \%xy \%zy}{\%x^2 \%y^2 - (\%xy)^2}$$

$$b = \frac{\%zy \%x^2 - \%zx \%xy}{\%x^2 \%y^2 - (\%xy)^2}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-2} \{ \Sigma z^2 - a(\Sigma zx) - b \Sigma zy \}$$

$$Var a = \frac{VR \%y^2}{\Sigma x^2 \Sigma y^2 - (\Sigma xy)^2}$$

$$Var b = \frac{VR \%x^2}{\Sigma x^2 \Sigma y^2 - (\Sigma xy)^2}$$

$$Cov(a,b) = - \frac{VR \%xy}{\Sigma x^2 \Sigma y^2 - (\Sigma xy)^2}$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = Na + b \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\text{var } V_{TOT} = N^2 \text{ var } a + K^2 \text{ var } b + 2NK \text{ cov}(a,b) + K(VR)$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H$$

Tarif n°7

Dans le cas d'un tarif à deux entrées : $V = a + bC_{racine}(H) + cC^2H$ où la variance du volume est proportionnelle à $(C^2)^2$, on pose :

$$z_i = \frac{V_i}{C_i^2 H_i} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{C_i^2 H_i} \quad ; \quad y_i = \frac{1}{\sqrt{C_i^2 H_i}}$$

et

$$Z_i = z_i - \bar{z} \quad ; \quad Y_i = y_i - \bar{y} \quad ; \quad X_i = x_i - \bar{x}$$

On ajuste le modèle $z = ax + by + c$ par la méthode des moindres carrés et on obtient :

$$a = \frac{\%Z X \%Y^2 - \%X Y \%Z Y}{\%X^2 \%Y^2 - (\%X Y)^2}$$

$$b = \frac{\%Z Y \%X^2 - \%Z X \%X Y}{\%X^2 \%Y^2 - (\%X Y)^2}$$

$$c = \bar{z} - a\bar{x} - b\bar{y}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-3} \{ \sum Z^2 - a \sum Z X - b \sum Z Y \}$$

$$Var a = \frac{VR \%Y^2}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$Var b = \frac{VR \%X^2}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$Var c = \frac{VR}{n} + \bar{x}^2 var a + \bar{y}^2 var b + 2 \bar{x} \bar{y} cov(a,b)$$

$$Cov(a,b) = - \frac{VR \%X Y}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum X Y)^2}$$

$$\text{Cov}(a,c) = -\bar{x} \text{Var } a - \bar{y} \text{Cov}(a,b)$$

$$\text{Cov}(b,c) = -\bar{x} \text{Cov}(a,b) - \bar{y} \text{Var } b$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de N arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = na + b \sum_{i=1}^{i=n} \sqrt{C_i^2 H_i} + c \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H_i$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\begin{aligned} \text{var } V_{TOT} = & n^2 \text{var } a + K^2 \text{var } b + 2^2 \text{var } c + 2nK \text{cov}(a,b) \\ & + 2n2 \text{cov}(a,c) + 2K2 \text{cov}(b,c) + 3 \text{VR} \end{aligned}$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} \sqrt{C_i^2 H_i} \quad ; \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H_i \quad ; \quad 3 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^4 H_i^2$$

Tarif n°8

Dans le cas d'un tarif à deux entrées : $V = a + bC(\text{racine}(H)) + cC^2H$ où la variance du volume est proportionnelle à C^2H , on pose:

$$z_i = \frac{V_i}{\sqrt{C_i^2 H}} \quad ; \quad x_i = \frac{1}{\sqrt{C_i^2 H}} \quad ; \quad y_i = \sqrt{C_i^2 H}$$

et

$$Z_i = z_i - \bar{z} \quad ; \quad Y_i = y_i - \bar{y} \quad ; \quad X_i = x_i - \bar{x}$$

On ajuste le modèle $z = ax + by + c$ par la méthode des moindres carrés et on obtient :

$$a = \frac{\%ZX \%Y^2 - \%XY \%ZY}{\%X^2 \%Y^2 - (\%XY)^2}$$

$$c = \frac{\%ZY \%X^2 - \%ZX \%XY}{\%X^2 \%Y^2 - (\%XY)^2}$$

$$b = \bar{z} - a\bar{x} - c\bar{y}$$

avec :

$$VR = \frac{1}{n-3} \{ \Sigma Z^2 - a(\Sigma ZX) - c \Sigma ZY \}$$

$$Var a = \frac{VR \%Y^2}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$Var c = \frac{VR \%X^2}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$Var b = \frac{VR}{n} + \bar{x}^2 var a + \bar{y}^2 var c + 2 \bar{x} \bar{y} cov(a,c)$$

$$Cov(a,c) = - \frac{VR \%XY}{\Sigma X^2 \Sigma Y^2 - (\Sigma XY)^2}$$

$$\text{Cov}(a,b) = -\bar{x} \text{Var } a - \bar{y} \text{Cov}(a,c)$$

$$\text{Cov}(b,c) = -\bar{x} \text{Cov}(a,c) - \bar{y} \text{Var } c$$

Le volume (V_{TOT}) d'un peuplement de n arbres sur lesquels on a mesuré la circonférence à 1,30 m sera estimé par :

$$V_{TOT} = na + b \sum_{i=1}^{i=n} \sqrt{C_i^2 H_i} + c \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H_i$$

L'intervalle de confiance du volume, au niveau 0,95, se calcule par :

$$V_{TOT} \pm 2 \sqrt{\text{var } V_{TOT}}$$

où :

$$\begin{aligned} \text{var } V_{TOT} = & N^2 \text{var } a + K^2 \text{var } b + 2^2 \text{var } c + 2NK \text{cov}(a,b) \\ & + 2N2 \text{cov}(a,c) + 2K2 \text{cov}(b,c) + 2 \text{VR} \end{aligned}$$

avec :

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} \sqrt{C_i^2 H_i} \quad ; \quad 2 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 H_i$$

Modèle de fiche de cubage

Mesures en circonférences ou diamètres mètre par mètre.

Fiche de mesures pour cubage d'arbres abattus

Essai : _____ Date de mesure : _____
 Equipe : _____ Feuille n° : _____
 Espèce mesurée : _____ Hauteur dominante parcelle : _____

	Arbre n°			Arbre n°			Arbre n°			Arbre n°		
	H totale			H totale			H totale			H totale		
	H élagage			H élagage			H élagage			H élagage		
	H bois-fort			H bois-fort			H bois-fort			H bois-fort		
27,30												
26,30												
25,30												
24,30												
23,30												
22,30												
21,30												
20,30												
19,30												
18,30												
17,30												
16,30												
15,30												
14,30												
13,30												
12,30												
11,30												
10,30												
9,30												
8,30												
7,30												
6,30												
5,30												
4,30												
3,30												
2,30												
1,30												
0,30												

Pour les arbres fourchus, remplir plusieurs colonnes à partir de la fourche : une par tige.

DEUXIÈME PARTIE

RÉSULTATS

CROISSANCE DE 13 ESSENCES AUTOCHTONES PLANTÉES SELON DEUX MÉTHODES DE PRÉPARATION DU TERRAIN

Introduction

La zone d'Ekouk, dans le massif de la Bokoué (carte p 52), a connu plusieurs cycles d'exploitation forestière et de nombreux défrichements pour les cultures vivrières qui ont ensuite été rétrocedés à la forêt. Nous sommes donc devant une mosaïque de peuplements forestiers très appauvris et de formations secondaires en cours de reconstitution où le parasolier (*Musanga cecropioides* R. Br.) est très abondant et gêne, voire empêche, la régénération de l'Okoumé.

La reconstitution, par la voie naturelle, du capital forestier productif ne semble pas possible dans un pas de temps raisonnable d'autant plus que les meilleurs semenciers ont déjà disparu. La plantation semble donc une alternative raisonnable.

Or, en dehors de l'Okoumé et de quelques espèces installées en arboretum, la sylviculture en plantation des espèces autochtones est inconnue. Il est important de la déterminer au plus tôt, ou tout au moins de connaître, le comportement des principales essences commerciales en plantation.

Pour pouvoir entreprendre des plantations en plein dans ces forêts appauvries ou secondaires, il est indispensable de dégager le terrain : quelle technique est la mieux adaptée en fonction de l'essence que l'on souhaite multiplier ?

Rappel du protocole expérimental

Deux facteurs ont été étudiés : la préparation de terrain selon deux modalités et les essences forestières au nombre de 13.

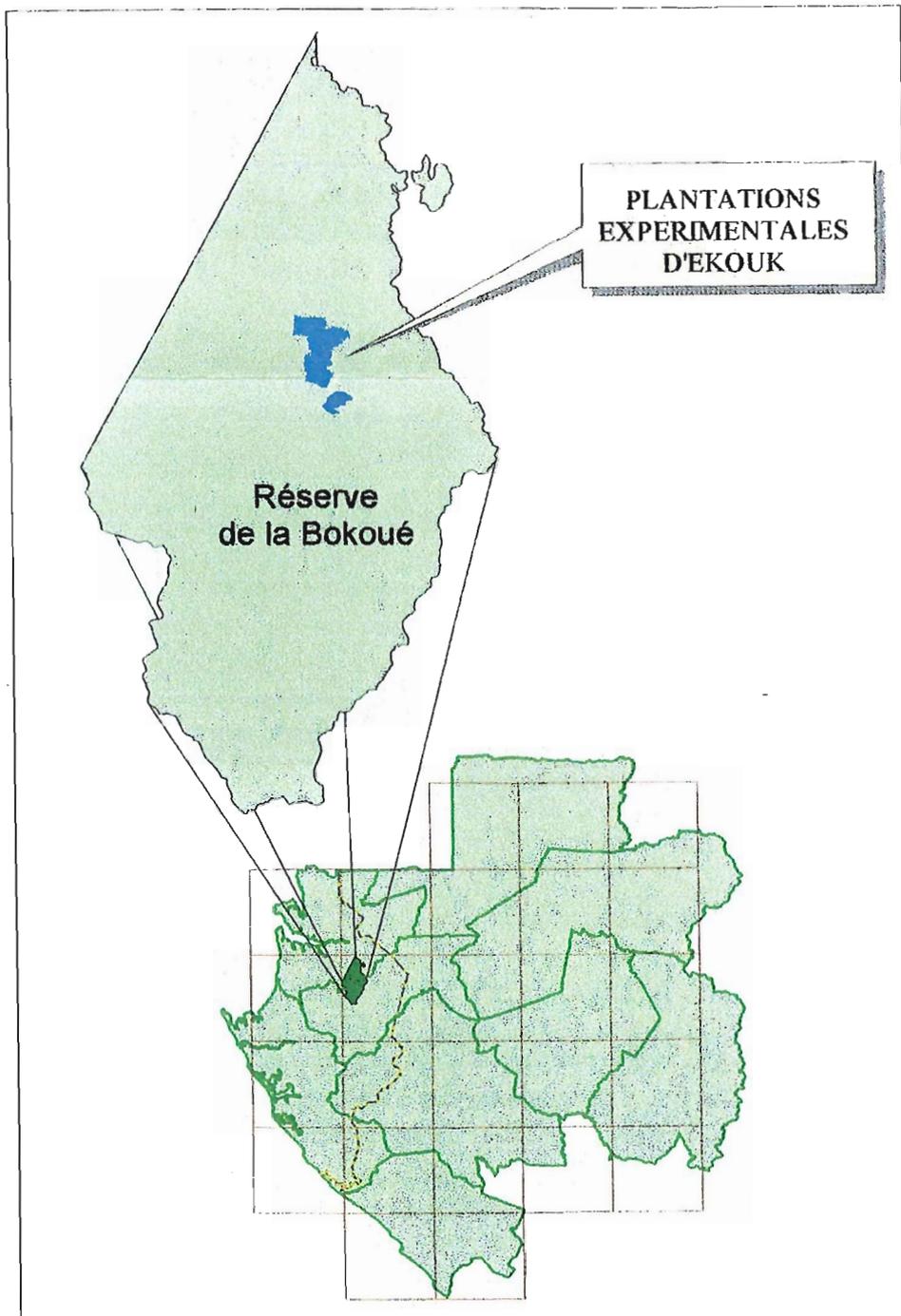
- **Préparation du terrain**

Deux modes de préparation du terrain ont été utilisés

- **La coupe à blanc** : après exploitation de la totalité des arbres commercialisables, le reste de la forêt est abattu au bulldozer. Les troncs et branches sont rassemblés en andains, toujours au bulldozer, ce qui décape l'horizon de surface. Le bois est ensuite brûlé et les troncs non entièrement consommés sont "resserrés" en andains plus étroits.
- **La méthode du sous-bois** : tous les arbres de l'étage dominé, jusqu'à un diamètre de 20 cm environ, sont abattus à la tronçonneuse et les fûts sont débardés. Ensuite, le passage d'un rouleau landais permet de broyer le sous-bois arbustif et les rémanents d'exploitation. Après cette opération, il restait, en moyenne 44 arbres à l'hectare pour une surface

terrière de 17,2 m²/ha. L'ombrage étant encore trop important pour permettre une bonne installation des plantations, les arbres des essences non commerciales sont dévitalisés par annélation. Il reste alors 19 arbres par hectare d'un diamètre moyen de 84 cm, soit 10,5 m²/ha de surface terrière.

Deleporte, en 1996, estime les coûts de préparation du terrain à 800.000 F.CFA par hectare pour la coupe à blanc et à 450.000 F.CFA pour la méthode du sous-bois.



- **Espèces étudiées**

Nom pilotes	Noms scientifiques	Familles	Comportement en milieu naturel
Acajou	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev	Meliaceae	Disséminé pied par pied
Afo	<i>Poga oleosa</i> Pierre	Rhizophoraceae	Par taches, ripicole
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i> Merrill	Rubiaceae	Forêt secondaire, abondant
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms	Meliaceae	Disséminé pied par pied
Douka	<i>Tieghemella africana</i> Pierre	Sapotaceae	Disséminé, parfois abondant
Doussié	<i>Azelia bipindensis</i> Harms	Caesalpiniaceae	Disséminé pied par pied, très rare
Iroko	<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	Forêt secondaire, galerie forestière
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Sapotaceae	Disséminé pied par pied, parfois abondante
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill	Caesalpiniaceae	Forêt secondaire, disséminée, abondante
Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	Assez fréquent
Okoumé	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Burseraceae	Abondant, grégaire
Oveng-kol	<i>Guibourtia ehie</i> J. Léonard	Caesalpiniaceae	Disséminé pied par pied
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i> A. Chev.	Caesalpiniaceae	Disséminé pied par pied, peu fréquent, peuplements sur sols sableux humides

- **Dispositif expérimental**

La préparation du terrain a été réalisée dans le cadre des plantations industrielles d'Ekouk. La parcelle 887, exploitée à blanc étoc, couvre une superficie de 20,8 ha et la parcelle 889B, préparée selon la méthode du sous-bois, 10,1 ha.

Au sein de chacune de ces parcelles, ont été installées des placettes de 36 plants aux écartements de 4 x 4 m. Chaque espèce est représentée par trois placettes. La disposition de ces placettes est systématique : les espèces sont répétées selon le même ordre. Les variations topographiques peuvent laisser supposer l'existence de variations pédologiques que le dispositif ne permet pas d'éliminer (en l'incluant dans la variance imputable aux blocs) lors de l'analyse de variance.

Ce dispositif ne permet pas d'étudier précisément les interactions entre les espèces et le mode de préparation du terrain. Il ne permet pas non plus d'éliminer l'effet "station".

Les seules comparaisons statistiques possibles sont donc des analyses de variance à un facteur de classification associées à des comparaisons de moyenne. Elles permettent néanmoins :

- la comparaison des différentes espèces entre elles pour un même type de préparation du terrain,
- la comparaison des deux modes de préparation du terrain espèce par espèce.
- bien que la mesure de l'interaction ne puisse être faite en toute rigueur, la comparaison des 13 espèces selon les deux modes de préparation du terrain nous en donne une estimation qui présente une signification opérationnelle certaine.

Résultats

Croissance

Les résultats des mesures de 1994 et antérieures ont été présentés par Koumba Zaou et al. en 1998.

Pour les mesures de 1999, les analyses de variance montrent des différences très hautement significatives pour l'ensemble des critères étudiés.

Cependant, ce qui nous semble intéressant pour le développement n'est pas tellement les différences de croissance entre espèces que le comportement en plantation de chacune d'elles. En effet, elles fournissent des bois d'aspects et qualités différents et si l'objectif est de produire du bois d'une espèce, la comparer à d'autres pour la vitesse de croissance ne comporte que peu d'intérêt. Il est néanmoins primordial pour produire le bois recherché de connaître, pour l'essence concernée, sa manière de croître en plantation, la durée de la révolution nécessaire à la production de bois de qualité et la sylviculture à appliquer.

Comportement

Nous présenterons ici l'évolution des arbres en comparant les données de 1994 et celles de 1999 : Tableaux 1 et 2, page suivante et tableau 3 ci-après :

Tableau 3 : Espèces à croissance lente : AAC₉₄₋₉₉ (Accroissement annuel courant entre 1994 et 1999) en hauteur dominante inférieur à un mètre par an et en surface terrière inférieure à 0,5 m²/ha-an.

Plantations en plein découvert		Espèces	Plantations sous ombrage	
AAC Ho < 1m	AAC G < 0,5 m ²		AAC Ho < 1m	AAC G < 0,5 m ²
	X	Acajou		
	X	Afo		
	X	Dibétou		
	X	Douka		
X	X	Doussié	X	X
X	X	Moabi	X	X
	X	Movingui	X	X
X	X	Niové		X
	X	Oveng-kol		X
		Tali		X

Tableau 1 : Evolution des caractéristiques dendrométriques principales des espèces plantées après exploitation à blanc (plantation en plein découvert)

	Survie (%)		Densité (N/ha)		Ho (m)		AAC de Ho 94-99	Cg (cm)		G (m ² /ha)		AAC de G 94-99	He (m)	
	6 ans	11 ans	6 ans	11 ans	6 ans	11 ans		6 ans	11 ans	6 ans	11 ans		6 ans*	11 ans
Acajou	91,7	73,1	573	457	10,8	16,1	1,06	41,4	43,1	7,83	6,77	-0,21	4,9	7,2
Afo	15,7	8,3	98	52	9,3	19,7	2,08	58,5	86,3	2,44	2,92	0,10	7,4	11,5
Bilinga	97,2	93,5	608	584	12,0	20,9	1,78	39,5	52,7	7,76	13,30	1,11	4,3	13,0
Dibétou	65,7	61,1	411	382	8,8	16,0	1,44	26,9	32,8	2,52	3,58	0,21	1,9	6,5
Douka	87,0	82,4	544	515	8,8	15,6	1,36	21,2	29,5	1,95	3,54	0,32	5,0	3,2
Doussié	53,7	44,4	336	278	8,3	13,0	0,94	23,7	25,5	1,52	1,42	-0,02	2,5	6,2
Iroko	12,0	0,9	75	6	1,9	4,5	0,52	5,3	8,0	0,02	0,00	0,00	4,5	3,2
Moabi	75,9	66,7	475	417	9,3	11,7	0,48	15,5	20,2	0,91	1,35	0,09	7,3	4,7
Movingui	77,8	72,2	486	451	10,7	16,5	1,16	33,6	36,7	4,50	4,98	0,10	1,3	9,0
Niové	12,0	11,1	75	69	1,6	5,1	0,70	9,8	15,1	0,08	0,12	0,01	0,6	2,0
Okoumé	91,7	87,0	573	544	14,3	24,8	2,10	44,8	65,8	9,16	18,72	1,91	4,8	10,8
Oveng-kol	93,5	93,5	584	584	8,7	15,3	1,32	21,6	22,0	2,20	2,30	0,02	7,0	5,6
Tali	96,3	91,7	602	573	16,1	24,2	1,62	44,6	60,9	9,58	17,08	1,50	?	8,9

Avec : Ho = hauteur dominante ; Cg = circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne (moyenne des Cg des 3 placettes et non Cg de la somme des 3 placettes), G = surface terrière à l'hectare, He = hauteur d'élagage ou de la première branche vivante. * mesures effectuées sur les arbres dominants

Tableau 2 : Evolution des caractéristiques dendrométriques principales des espèces plantées après préparation du terrain par la méthode du sous-bois (plantation sous ombrage)

	Survie (%)		Densité (N/ha)		Ho (m)		AAC de Ho 94-99	Cg (cm)		G (m ² /ha)		AAC de G 94-99	He (m)	
	6 ans	11 ans	6 ans	11 ans	6 ans	11 ans		6 ans	11 ans	6 ans	11 ans		6 ans*	11 ans
Acajou	99,1	97,2	619	608	11,7	17,1	1,08	30,1	36,5	3,47	6,48	0,60	5,6	7,5
Afo	75,9	61,1	474	382	15,8	21,8	1,20	53,5	73,6	10,85	16,39	1,11	12,2	13,0
Bilinga	88,0	80,6	550	503	11,0	19,2	1,64	28,9	48,0	3,69	9,26	1,11	3,7	8,7
Dibétou	94,4	91,7	590	573	11,8	19,9	1,62	36,2	51,7	6,17	12,22	1,21	3,8	8,2
Douka	93,5	93,5	584	584	9,1	18,5	1,88	25,0	40,2	2,95	7,70	0,95	1,3	3,9
Doussié	43,5	39,8	272	248	5,4	7,9	0,50	16,7	17,3	0,65	0,63	0,00	2,6	4,2
Iroko	0,9	0,0	6	0	-	-	0,00	-	-	-	-	0,00	-	-
Moabi	93,5	93,5	584	584	9,9	13,5	0,72	22,3	27,5	2,32	3,55	0,25	3,8	5,5
Movingui	57,4	55,6	359	347	6,6	10,9	0,86	16,2	18,9	0,84	1,23	0,08	2,7	3,6
Niové		77,8	446	486	5,6	11,1	1,10	13,6	18,8	0,66	1,39	0,15	2,0	3,3
Okoumé	91,7	86,1	573	538	14,4	21,7	1,46	38,6	53,5	6,89	12,38	1,10	5,6	7,6
Oveng-kol	96,3	91,7	602	573	8,5	15,2	1,34	22,4	26,5	2,43	3,25	0,16	2,8	5,9
Tali	78,7	75,0	492	469	10,9	16,5	1,12	22,2	30,1	2,07	3,62	0,31	3,9	6,8

Dans le tableau 1, on notera un accroissement négatif de la surface terrière pour l'acajou et le Doussié. Celle-ci résulte de la mortalité naturelle des deux espèces. Comme il nous est impossible de connaître la surface terrière qu'avaient atteints les arbres morts, il ne nous est pas possible d'estimer la surface terrière cumulée réellement produite. Nous reviendrons plus loin sur les causes probables de cette mortalité.

Le tableau 3, construit sur la base de l'analyse des tableaux 1 et 2, nous montre que le Doussié, le Moabi, le Movingui, le Niové et l'Oveng-kol sont des essences à croissance naturellement lente quel que soit le mode de préparation du terrain. Le Tali est une essence héliophile stricte alors que le Dibétou et le Douka préféreraient un ombrage modéré (dans le cadre de l'expérimentation, l'ombrage n'est pas suffisant pour parler d'essences sciaphiles au sens strict). Le Niové et l'Afo présentent toutes deux une forte mortalité en plein découvert et doivent donc être plantées sous ombrage. Le Bilinga et l'Okoumé sont deux essences qui croissent bien dans les deux conditions mais mieux en plein découvert. L'Acajou, est une essence héliophile dans le jeune âge (elle montre une des meilleures croissances à 6 ans en plein découvert). Le ralentissement de sa croissance par la suite est lié à des facteurs externes qu'il conviendra de maîtriser à l'avenir.

Conformation des arbres en plantation

Les données des tableaux 1 et 2 sont des moyennes qui ne tiennent pas du tout compte de la conformation des arbres. Ils peuvent donc donner une image fautive du potentiel commercial des différentes essences.

Pour tenir compte de la conformation des billes de pied, diverses cotations ont été faites à l'occasion des mesures. Il est possible de les résumer comme suit : les arbres droits et cylindriques sont cotés 1 ; les arbres droits avec bosses : 2 ; ceux flexueux-ondulés : 3 et ceux mal formés : 4.

Cette dernière catégorie regroupe les arbres tordus, penchés, bas ou moyennement fourchus, cassés, rabougris ou fortement atteints par une maladie déformante. Ces derniers critères ne seront pas détaillés dans le tableau 4 ci-dessous.

Ainsi, les classes 1 à 3 représentent le peuplement d'avenir car on peut raisonnablement supposer - le fait a déjà été vérifié - que ces arbres vont corriger la forme du fût en grossissant. La classe 4, par contre, présente relativement peu d'espoirs de voir la forme s'améliorer avec l'âge. Ces arbres devraient disparaître en éclaircie.

Tableau 4 : Pourcentage de tiges par classes de qualité et pourcentage de tiges dans les classes 1 à 3

	Plein découvert					Sous ombrage				
	1	2	3	4	Σ 1-3	1	2	3	4	Σ 1-3
Acajou	1.3		16.5	82.3	17,8			34.0	66.0	34,0
Afo		11.1	55.6	33.3	66,7	6.1	40.9	36.4	16.7	83,4
Bilinga		9.9	59.4	30.7	69,3	1.2	18.6	46.5	33.7	66,3
Dibétou		3.0	37.9	59.1	40,9		1.0	51.5	47.5	52,5
Douka		7.9	62.9	29.2	70,8	5.0	19.8	54.5	20.8	79,3
Doussié		6.0	48.0	46.0	54,0			18.4	81.6	18,4
Iroko				100.0	0					0
Moabi		9.9	57.7	32.4	67,6		18.3	57.0	24.7	75,3
Movingui			13.0	87.0	13,0			16.0	84.0	16,0
Niové		21.1	36.8	42.1	57,9		11.0	42.7	46.3	53,7
Okoumé		6.4	43.6	50.0	50,0		5.4	40.9	53.8	46,3
Oveng-Kol		7.9	70.3	21.8	78,2		5.3	53.2	41.5	58,5
Tali			10.2	89.8	10,2			19.1	80.9	19,1

Tableau 5 : Etat du peuplement en 1999 en ne prenant en compte que les individus de "classes de forme" 1 à 3

	Plein découvert					Sous ombrage				
	n/ha	Cg (cm)	G (m ² /ha)	CG %(G _{tot})	H élag (m)	n/ha	Cg (cm)	G (m ² /ha)	CG %(G _{tot})	H élag (m)
Acajou	81	47,2	1,39	-79,4	7,9	197	42,0	2,80	-56,8	8,2
Afo	35	90,2	2,13	-27,0	13,6	318	75,2	14,38	-12,3	14,1
Bilinga	405	56,0	10,01	-24,7	13,5	330	55,3	8,10	-12,5	9,8
Dibétou	156	35,5	1,85	-48,2	7,9	301	54,0	6,79	-44,4	9,0
Douka	365	30,9	2,75	-22,2	3,4	463	43,3	7,13	-7,4	4,2
Doussié	156	29,0	1,03	-27,5	7,9	52	25,8	0,27	-56,8	6,3
Iroko										
Moabi	278	21,8	0,99	-26,4	5,1	405	29,6	2,89	-18,5	6,2
Movingui	58	40,2	0,75	-84,9	11,0	46	32,4	0,49	-60,5	7,7
Niové	64	16,0	0,12	-0,8	2,0	255	22,5	1,04	-25,3	3,7
Okoumé	272	69,7	10,78	-42,4	12,0	249	59,3	6,98	-43,6	8,8
Oveng-Kol	457	23,6	2,01	-12,7	6,2	318	28,8	2,15	-33,7	6,9
Tali	58	46,2	0,96	-94,4	11,5	75	42,0	1,11	-69,4	8,6

La valeur $CG \%(G_{tot})$: perte (en %) de surface terrière utile par rapport à la surface terrière totale du peuplement, donne une idée de la part du peuplement qui devra être éliminée pour ne conserver que des arbres d'avenir. Si cette valeur est élevée, cela laisse peu de choix au sylviculteur qui se verra, par exemple, obligé de conserver des individus peu vigoureux ou mal conformés pour conserver une densité suffisante d'arbres. Au contraire, si cette valeur est basse, il sera possible de faire une sélection plus sévère entre arbres d'avenir, le peuplement qui en résultera sera mieux distribué spatialement et constitué essentiellement d'individus vigoureux.

Dans le tableau 5, les cellules en grisé représentent les critères qui sont favorables à l'un ou l'autre type de préparation du terrain. On constatera donc que les essences se classifient aisément selon l'un ou l'autre type de préparation du terrain, en fonction de la forme du fût et de la croissance.

En plein découvert, deux essences seulement montrent une croissance suffisante en surface terrière pour les arbres d'avenir : le Bilinga et l'Okoumé dont les productions globales sont voisines mais réparties sur un plus petit nombre de tiges chez l'Okoumé. Ce dernier présente donc, en moyenne des individus plus gros et l'on peut supposer un âge d'exploitabilité plus précoce.

Contrairement aux observations faites à l'âge de 6 ans, l'Okoumé ne présente pas de différences de forme notable selon le type de plantation. Cependant l'élagage qui était meilleur sous ombrage à six ans ne l'est plus à 11 ans. Il ne semble donc pas nécessaire de planter l'Okoumé sous un léger ombrage pour améliorer sa forme. Il serait intéressant de voir si l'accélération de l'élagage juvénile de l'Okoumé par l'ombrage compense économiquement le retard de croissance (2 ans environ).

Sous ombrage, l'Afo, le Bilinga, le Dibétou, le Douka et l'Okoumé montrent, pour les arbres de bonne venue, une croissance en surface terrière satisfaisante sans pour autant que leur hauteur d'élagage soit nettement améliorée. Le Douka est une essence à élagage apparemment moins rapide que les autres espèces, Si ceci se confirmait, une sylviculture destinée à hâter cet élagage serait à mettre au point.

De la forme des arbres

Le Tali est une essence qui présente une très bonne croissance en plein découvert, pratiquement égale à celle de l'Okoumé. Néanmoins, la cotation de forme le dévalorise totalement. Pourtant, avec un coefficient d'espacement (S%) inférieur à 20, il est en peuplement très serré ce qui devrait favoriser une croissance droite. Ce n'est pas le cas. Mais c'est normal : Saint-Aubin écrit à propos du Tali : "*le fût ni très cylindrique, ni très droit, ni très élevé... Les gros arbres sont souvent difformes*". A moins de lancer un programme lourd d'amélioration de l'espèce, il ne faut donc pas s'attendre à obtenir des arbres "parfaits".

D'autres essences sont considérées ici, comme majoritairement de mauvaise forme : l'Acajou, le Doussié, le Movingui. Cela est néanmoins normal dans le jeune âge :

- l'Acajou est attaqué par un borer (*Hypsipilla robusta*) qui provoque l'apparition de fourches qui, si les deux parties ne sont pas symétriques et de taille voisine, vont s'éliminer progressivement - surtout si le peuplement est maintenu dense - pour donner un tronc présentant des "baïonnettes" qui, elles-mêmes vont s'amenuiser au fur et à mesure de la croissance en diamètre du fût.
- le Doussié, dans le jeune âge, présente une tige dont le sommet est ployé, voire presque horizontal. On aurait ainsi tendance à dire que ces jeunes arbres sont sans avenir alors que la tige se redresse progressivement tout en gardant une partie horizontale mais à un niveau plus élevé.

- le Movingui pousse penché mais se redresse aussi.

Pour ces quatre essences particulièrement, le critère forme dans le jeune âge n'est donc pas à prendre en compte de manière stricte. Par contre cela pose un réel problème de conscience lors du marquage d'une éclaircie : il faut pouvoir estimer quels arbres auront ou pas la possibilité de résorber ces défauts apparents.

Même pour l'Okoumé dont les inventaires de la DIARF ont recensé peu d'individus de premier choix dans les plantations les plus jeunes, la forme s'améliore avec l'âge comme le montrent les photos d'une plantation âgée d'environ 50 ans à La Mondah.

Du nombre d'individus à l'hectare

L'estimation de l'importance de la concurrence en fonction de la densité d'un peuplement forestier est chose complexe. On dispose généralement de trois outils (les valeurs limites indiquées ici font référence à des peuplements forestiers de région tempérée - pour les régions chaudes, ces seuils ou valeurs critiques restent à déterminer) :

- la surface terrière à l'hectare qui, pour des peuplements âgés extrêmement denses, ne dépasse généralement pas 60 m²/ha ;
- les coefficients d'espacement qui lient la hauteur dominante à l'écartement moyen entre arbres. Celui de Hart-Becking est un des plus connus, plus sa valeur est basse, plus le peuplement est serré : il descend en dessous de 20 pour des peuplements très serrés. Notons que sa variation, pour une même hauteur dominante, n'est pas linéaire en fonction de la densité du peuplement ce qui rend quelque peu complexe son utilisation.

L'indice d'espacement de Hart-Becking exprimé en pour-cents est le rapport de l'écartement moyen entre les arbres (s'ils étaient disposés au centre et au sommet d'un hexagone) à la hauteur dominante du peuplement. Il se calcule par la formule :

$$S\% = \frac{10000}{H_0} * \sqrt{\frac{2}{N\sqrt{3}}}$$

avec H_0 en mètres et N en individus par hectare.

- L'indice de stabilité du peuplement (IS) est le rapport de la hauteur moyenne d'un peuplement équienne au diamètre moyen ou, comme nous le calculons ici de la hauteur dominante au diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne :

$$IS = H_0 / D_g \quad (H_0 \text{ et } D_g \text{ dans les mêmes unités})$$

IS indique (pour les peuplements de résineux équiennes en Europe) que le peuplement est trop serré et qu'il y a risque de chablis lorsqu'il dépasse 100.

Nous avons abordé plus haut les surfaces terrières (Tableaux 1 et 2), l'indice d'espacement de Hart-Becking est présenté au Tableau 6 et l'indice de stabilité au Tableau 7

Tableau 6 : Evolution du coefficient d'espacement de Hart-Becking entre 1994 et 1999

	Sous ombrage		Plein découvert	
	S% à 6 ans	S% à 11 ans	S% à 6 ans	S% à 11 ans
Acajou	36.9	25.4	41.6	31.2
Afo	31.3	25.2	116.7	75.6
Bilinga	41.8	25.0	36.3	21.3
Dibétou	37.9	22.6	60.2	34.4
Douka	48.6	24.1	52.4	30.4
Doussié	121.3	86.3	70.6	49.6
Moabi	44.8	32.8	53.0	45.0
Movingui	85.5	52.7	45.6	30.7
Niové	91.4	44.0	775.5	253.7
Okoumé	31.3	21.3	31.4	18.6
Oveng-Kol	51.8	29.6	51.1	29.1
Tali	44.4	30.0	27.2	18.5

Grosso modo, un peuplement équilibré aura un indice d'espacement de l'ordre de 25 quand il est temps d'éclaircir et de 30 après une éclaircie modérée voire de 35 à 40 après une éclaircie forte. Dans les jeunes peuplements très réactifs aux éclaircies, il vaut mieux intervenir pour S% de l'ordre de 35 et pour des peuplements âgés de l'ordre de 25.

Dans l'essai 13 essences, à 11 ans 6 espèces en plantations sous ombrage et 3 en plein découvert montrent un S% proche ou inférieur à 25. On a donc déjà trop attendu pour les éclaircir.

Les parcelles de Tali et d'Okoumé en plein découvert ont un S% inférieur à 20 qui montre que les peuplements sont beaucoup trop serrés. Cela laisse supposer un trop grand élancement des arbres qui les rend susceptibles de chablis après l'éclaircie qui s'avère nécessaire et urgente. Cette dernière assertion est à vérifier expérimentalement car on manque de connaissances sur les seuils et les valeurs optimales de S% pour les essences tropicales.

Tableau 7 : Evolution de l'indice de stabilité des peuplements entre 1994 et 1999

	Sous ombrage		Plein découvert	
	IS 94 (6 ans)	IS 99 (11 ans)	IS 94 (6 ans)	IS 99 (11 ans)
Acajou	122.0	147.6	82.0	117.4
Afo	92.7	93.1	49.9	71.7
Bilinga	119.3	125.5	95.4	124.6
Dibétou	101.3	120.7	102.8	153.2
Douka	115.0	144.3	130.4	166.1
Doussié	101.0	143.3	110.0	160.8
Moabi	139.8	154.7	188.5	182.0
Movingui	128.6	182.0	100.0	141.2
Niové	128.7	185.0	51.3	106.1
Okoumé	116.9	127.7	100.3	118.4
Oveng-Kol	118.7	180.0	126.5	218.5
Tali	154.4	172.5	113.4	124.8

Dans les pays tempérés, pour les résineux, un IS > 100 indique de forts risques de chablis. Dans les pays tropicaux, les arbres de forêt dense sont naturellement beaucoup plus élancés et ont construit des systèmes assurant leur stabilité (échasses, contreforts,...). Il est probable qu'ils peuvent atteindre, sans trop de risques, des valeurs de IS bien supérieures à celles des essences tempérées.

Dès 6 ans, la majorité des essences présentaient un indice de stabilité supérieur aux normes fixées en régions tempérées. A 11 ans, 8 essences sous ombrage et 6 en plein découvert dépassent un IS de 140 parmi lesquelles quatre dépassent 180 et une 200.

Seul l'Afo se maintient dans des valeurs "raisonnables" mais au prix d'une forte mortalité naturelle.

Qu'en est-il des autres essences ?

Les essences réagissent selon leur tempérament : essences héliophiles (de lumière) ou sciaphiles (d'ombrage).

La trop forte densité entraîne des phénomènes importants de concurrence comme le montrent les courbes de répartition des circonférences aux différents âges. On observe, pour pratiquement toutes les espèces, un ralentissement de la croissance pour les petits diamètres et une croissance continue, quoique plus faible qu'au cours des premières années, pour les individus dominants. L'ensemble du peuplement semble souffrir très fortement du manque d'éclaircie. Chez le Bilinga, par exemple, les phénomènes de concurrence sont en train de séparer le peuplement en deux populations distinctes : les dominants et les dominés : la courbe de répartition des circonférences présente deux maxima.

Les espèces à croissance lente, comme le Niové sous ombrage, ne souffrent pas encore de la concurrence et les distributions de circonférences continuent à présenter une forme normale (gaussienne).

Le Doussié est un cas particulier, sa croissance en circonférence semble s'être presque totalement arrêtée même si la croissance en hauteur se poursuit. Est-ce une réaction normale de l'espèce ?

Quelques remarques concernant la gestion de l'essai et Propositions d'interventions futures

Les régénérations naturelles

Une décision d'aménagement, qui a de nombreuses conséquences aujourd'hui, a été prise dès l'installation des plantations : celle de conserver toutes les régénérations naturelles d'essences commerciales lors de l'entretien des parcelles.

Il en résulte que de nombreuses parcelles sont envahies par cette régénération spontanée dont on a favorisé l'installation. Pratiquement toutes les essences sont touchées : Afo, Dibétou, Douka, Moabi, Niové, Doussié, Mavingui, Acajou, Oveng-kol (voir planches photographiques en annexe).

Ainsi, dans la parcelle d'Afo planté en plein découvert (voir photo) la régénération naturelle dominée par le Bilinga, le Tali et l'Oveng-kol forme un gaulis relativement dense dont la surface terrière estimée au prisme dendrométrique dépasse 15 m²/ha.

Dans les parcelles sous ombrage, la régénération contient du Padouk, du Kévazingo, de l'Oveng-kol, du Mavingui, du Douka, etc.

Conséquences de cet envahissement

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons mesuré et analysé les différentes espèces comme si elles croissaient en peuplements purs monospécifiques. Nous avons essayé d'interpréter le ralentissement de la croissance observé chez certaines essences par une trop forte concurrence intra-spécifique : indice d'espacement trop faible, indice de stabilité trop élevé.

Or, ce n'est pas le cas, car en réalité les peuplements sont plurispécifiques et beaucoup plus denses que ce que montrent les chiffres.

Si, par exemple, on compare la croissance de *Azelia bipindensis* dans cet essai à celle de *Azelia africana* dans les forêts du Sud de la Côte d'Ivoire (Tableau 8), on notera une similitude des résultats à six ans. A dix ans, en Côte d'Ivoire, en plantation

monospécifique bien entretenue, la croissance d'*Afzelia* continue à être soutenue alors qu'à Ekouk, la croissance au cours des cinq dernières années a été quasiment nulle.

Tableau 8 : Croissance en plantation jusque l'âge de 10 ans, de *Afzelia bella* var *gracicolor* et *Afzelia africana*, au sud de la Côte d'Ivoire

Zone écologique	Espèce	<i>Afzelia bella</i>					<i>Afzelia africana</i>				
	âge	1 an	3 ans	6 ans	8 ans	10 ans	1 an	3 ans	6 ans	8 ans	10 ans
Forêt dense sempervirente $P > 1600 \text{ mm an}^{-1}$ saison sèche < 4 mois	S (%)	98	90	88	80	73	100	100	100	100	96
	H (m)	0,7	2,3	4,5	7,2		1,0	2,3	8,0	11,6	
	C (cm)			20	26	32			29	40	47

Sources : Dupuy (1990) : Dupuy & Mille (1991)

Cette différence de comportement ne peut être attribuée qu'à la concurrence exercée par la régénération envahissante d'espèces diverses dont la croissance, notamment celle du Bilinga et du Padouk, peut être plus rapide que celle du Doussié.

Le même phénomène s'observe pour toutes les essences à croissance relativement plus lente que celle des régénérations.

Impact sur le dispositif expérimental

En dehors des essences à croissance rapide (Bilinga, Okoumé et Tali pour le plein découvert, Afo, Dibétou et Okoumé pour les plantations sous ombrage) toutes les autres essences sont soumises à une forte concurrence et ne peuvent développer leur potentiel.

On pourrait arguer qu'ainsi, on connaît leur potentialité dans des plantations "mal" entretenues. Or ce n'est pas l'objectif initial de l'expérimentation qui visait la connaissance du comportement des essences commerciales en plantations pures.

Comme publiés dans l'article de Koumba Zaou *et al.* (1998), les résultats à six ans étaient très encourageants. Pour les essences à croissance les plus lentes, les dernières années ont été difficiles. Mais il n'est pas trop tard.

Mesures à prendre

L'objectif que l'on se fixe d'ici la fin de la prochaine grande saison sèche est la restauration de l'expérimentation dans ses objectifs initiaux : la connaissance de la croissance des espèces nobles en plantation.

Pour ce faire deux opérations sont à faire :

- éliminer les essences envahissantes, issues des régénérations naturelles, des parcelles expérimentales.

- éclaircir les parcelles expérimentales pour ramener l'indice d'espacement de Hart-Becking à une valeur de 25-27 pour les essences "d'ombre" et 30-32 pour celles préférant le plein découvert. Des éclaircies plus fortes semblent risquées pour des peuplements qui ont été maintenu relativement serrés.

Opérations

Elimination des "adventices"

L'élimination des ligneux envahissants qui proviennent des régénérations naturelles conservées lors des entretiens et des dégagements, doit se faire d'urgence.

La technique préconisée est la coupe rez de terre avec empoisonnement des souches. L'utilisation du Garlon ® 4E (1L dans 4L de gasoil) par application au pinceau ou au pulvérisateur immédiatement après abattage est généralement efficace et tue les souches. Une attention toute particulière doit être apportée pour l'Okoumé en raison de ses anastomoses racinaires : il y a un risque important d'empoisonner accidentellement des arbres que l'on souhaite conserver. Il semble donc souhaitable de ne pas traiter les souches d'Okoumé car cette essence rejette peu si elle n'est pas directement ensoleillée ; de plus il n'y a pas ou peu de régénération naturelle de cette espèce dans les parcelles expérimentales.

Mesure des arbres abattus.

Une production de bois importante a été constatée à partir des semis naturels. Celle-ci doit être estimée pour être prise en compte dans l'analyse et l'interprétation des résultats de l'essai.

Dans chaque parcelle, avant abattage, il est impératif d'identifier et de mesurer tous les individus à 1,30 m du sol en circonférence. Ceci permettra de connaître la surface terrière "parasite" et les espèces en cause en fonction du type de défrichage (en plein ou méthode du sous-bois) mais aussi en fonction de la vigueur des essences plantées.

Il semble mais ceci devra être vérifié à partir des mesures proposées dans le paragraphe précédent, que le nombre d'espèces est relativement limité et que l'éventail des circonférences à 1,30 m est relativement réduit. Comme les arbres sont jeunes, il n'est peut-être pas indispensable de réaliser des tarifs de cubage par espèce. Néanmoins, les données récoltées doivent toujours spécifier l'espèce sur laquelle elles ont été prises (voir chapitre concernant les tarifs de cubage).

On peut donc raisonnablement se limiter à l'élaboration de 4 tarifs de cubage, toutes espèces confondues, deux pour chaque mode de préparation du terrain : le premier concernant les parcelles plantées avec des espèces à croissance lentes ($G < 11$ ans < 6 m²/ha) et le second pour les espèces plantées à croissance rapide ($G > 10$ m²/ha).

Pour chacun des tarifs, une cinquantaine d'arbres seront à mesurer dont, à priori - mais ceci peut être modifié - 10 petits, 20 moyens et 20 gros pris sur l'ensemble des

parcelles. Il faut surtout veiller à cuber les arbres les plus gros. On essaiera, autant que possible, de maintenir un équilibre proportionnel à l'abondance des espèces.

Avant abattage, chaque arbre retenu sera marqué et mesuré à 1,30 m. Après abattage, l'arbre sera mesuré en longueur totale et en circonférence tous les mètres (de 0,30 m à 1,30 m) jusqu'à une circonférence fin bout de 5 cm. Les arbres sont encore souvent trop petits pour mesurer le volume bois fort (circonférence fin bout = 22 cm). Les volumes totaux et volumes bois-fort seront calculés selon la formule de Huber ou celle de Smalian (cette dernière semble plus appropriée puisque l'on connaît la circonférence aux deux bouts de chaque billon : $V = h \times (C^2 + c^2)/8^{\text{TM}}$).

L'ensemble des données de mesure des arbres abattus doit être stocké dans une base de donnée "tarifs de cubage" qu'Etienne OSSINGA a toutes compétences pour élaborer.

Eclaircie du peuplement principal

Le peuplement principal sera mesuré en circonférences après élimination du peuplement adventice issu des régénérations naturelles qui avaient été préservées. Les arbres dominants seront mesurés en hauteur et l'indice d'espacement de Hart-Becking sera calculé. La densité à maintenir après éclaircie sera calculée pour ramener l'indice d'espacement de Hart-Becking à une valeur de 25-27 pour les essences "d'ombre" et 30-32 pour celles préférant le plein découvert. Ceci pour chaque parcelle et non pour la moyenne du traitement : il existe en effet une variabilité importante entre les parcelles d'une même espèce dont il faut tenir compte.

Une fois la densité à maintenir définie, le nombre d'arbres à maintenir par parcelle peut être calculé. Pour simplifier les opérations de marquage de l'éclaircie, on prendra, par parcelle, autant de rubans (bandes de plastique) que d'arbres à conserver. Ces rubans seront posés sur les arbres que l'on compte maintenir. Si après placement des rubans, on constate que la répartition spatiale n'est pas satisfaisante ou qu'un arbre de belle venue n'a pas été conservé en réserve, cette méthode permet de faire les corrections nécessaires : les rubans sont changés de place. Cette technique a de plus l'avantage d'être un outil pédagogique pour former les chercheurs et forestiers aux techniques du marquage.

Dans le cas du peuplement principal, tous les arbres abattus seront cubés et des tarifs de cubage par espèces seront construits. Pour chacun des arbres cubés, en plus de la hauteur totale, les fiches de cubage devront comporter la hauteur dominante de la parcelle dont ils sont issus. Ceci afin de construire, à l'avenir, des tarifs de cubage à deux entrées : C et Ho (voir chapitre consacré aux tarifs de cubage).

Un rapport sur les tarifs de cubage et les productions en volumes sur pied et abattus sera rédigé.

Entretien ultérieur de l'essai

Les entretiens annuels veilleront à éviter l'envahissement des parcelles par d'autres ligneux et lianes. En dehors de cela, le dégagement ne sera fait que pour permettre une réalisation plus aisée des mesures et de leur contrôle.

Mesures

Il est impératif d'enregistrer la réaction des arbres au dépressage et à l'éclaircie. Des mesures annuelles des circonférences seront effectuées pendant trois années consécutives. Environ 1 400 arbres seront ainsi mesurés chaque année. Les hauteurs dominantes seront mesurées après 3 ans.

Un bilan sera rédigé trois ans après dépressage et éclaircie. Il présentera la réaction des espèces à ces interventions et proposera éventuellement un nouveau passage en éclaircie ou une réorientation de l'expérimentation.

Celle-ci ne doit en aucun cas être interrompue car les informations qu'elle peut fournir sont nombreuses et recommencer de tels essais serait une perte de temps par rapport à l'urgence qu'il y a à accumuler un maximum de connaissances pour gérer aux mieux les plantations forestières et, éventuellement, en créer de nouvelles plus performantes.

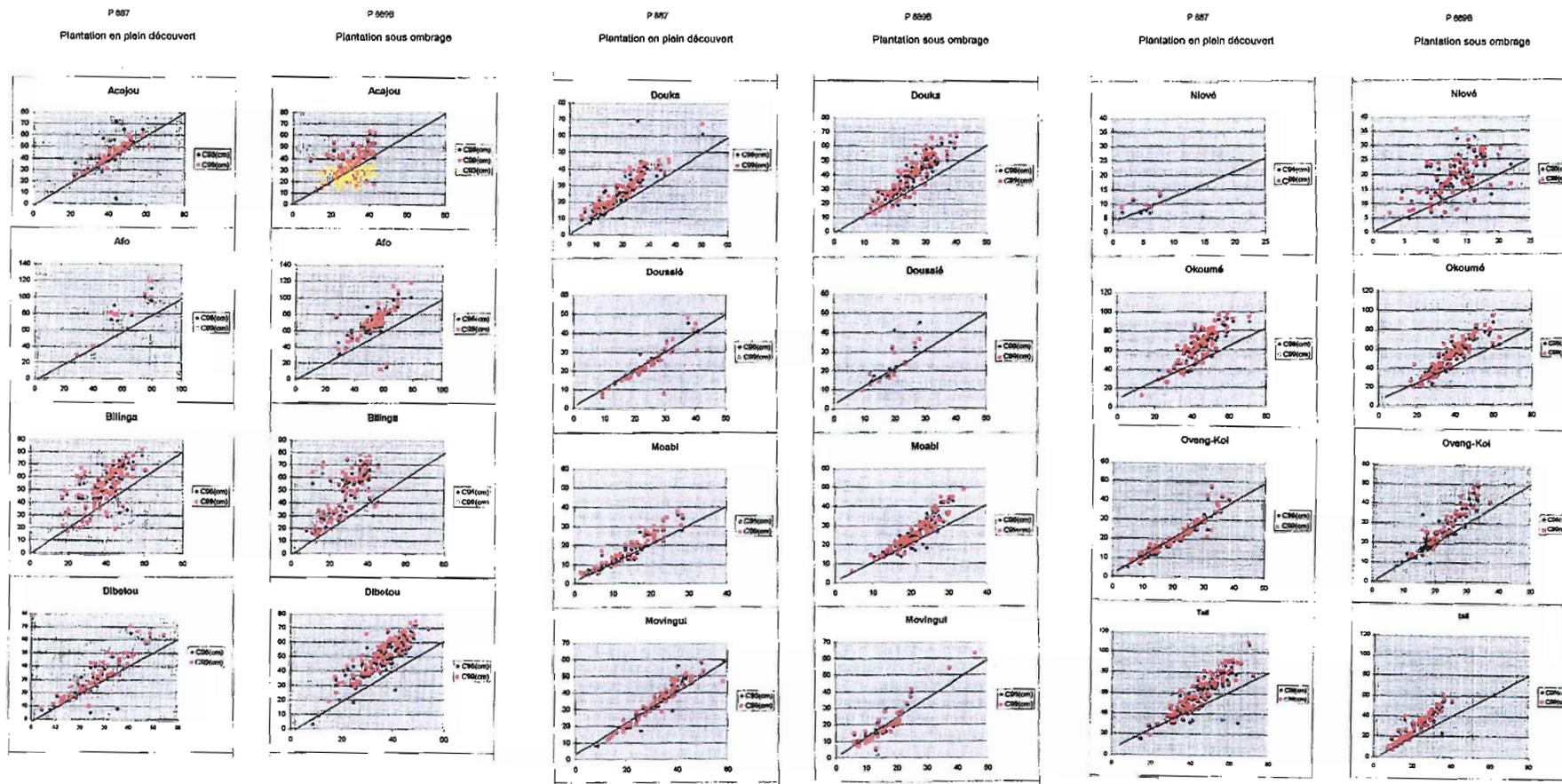
Addendum

Le tableau ci-après a été élaboré pour présenter les taux d'éclaircie correspondant au passage d'un indice d'espacement à un autre. Il permet d'avoir une idée de l'intervention que représente une éclaircie si l'on se base uniquement sur les S% comme outil d'aide à la décision du déclenchement des éclaircies.

Tableau 9 : Taux (% du nombre d'arbres avant éclaircie) d'arbres à enlever en éclaircie pour passer d'un indice d'espacement à un autre.

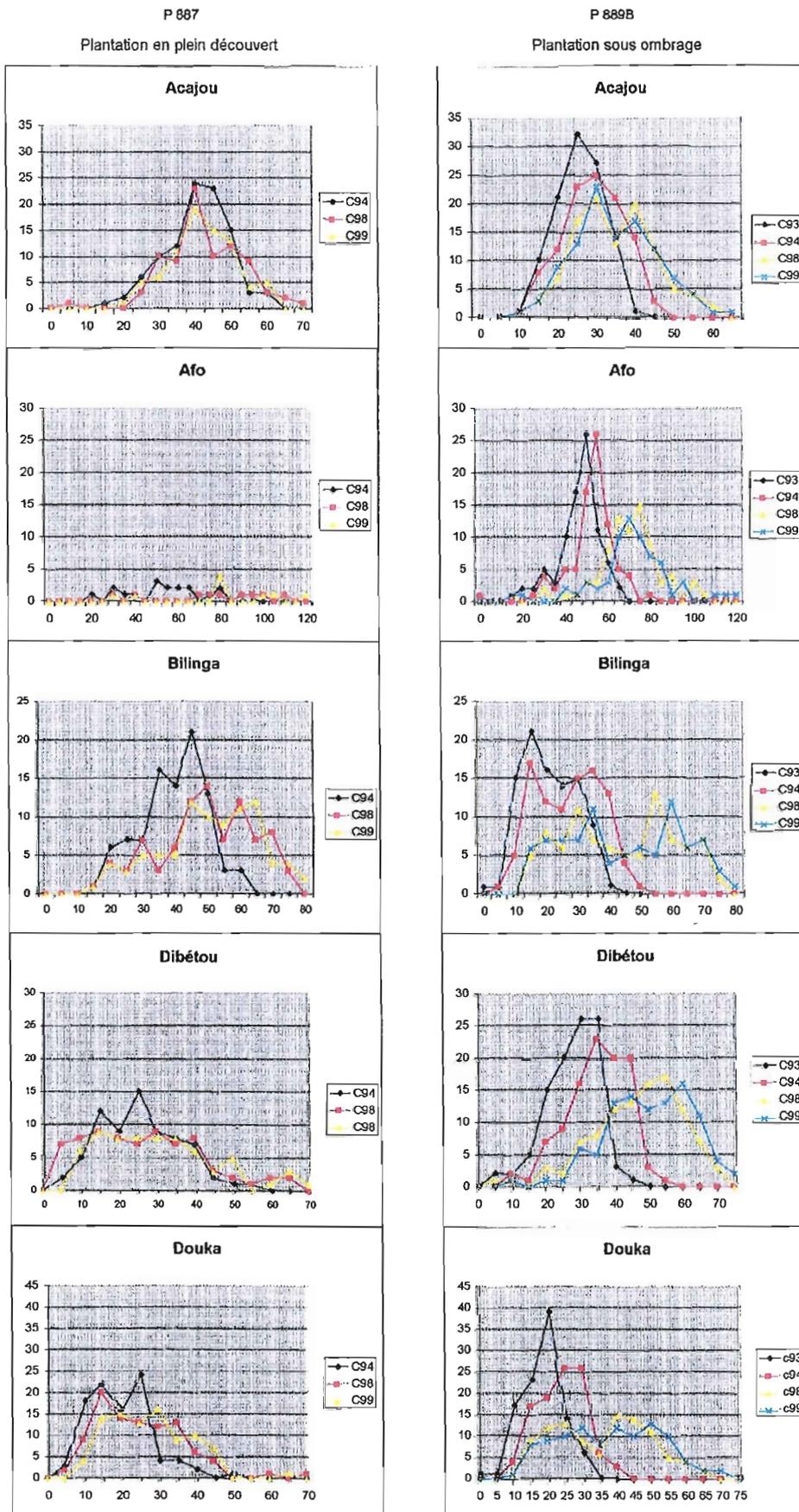
		Indice d'espacement (S%) à atteindre après éclaircie				
		22,5	25	30	35	40
S% avant éclaircie	20	21.0	36.0	55.6	67.3	75.0
	22,5		19.0	43.8	58.7	68.4
	25			30.6	49.0	60.9
	30				26.5	43.8
	35					23.4

Corrélations entre les mesures en circonférence de 1994 et celles de 1998 et 1999
pour 12 essences plantées à Ekouk



La droite à 45° correspond aux observations de 1994

Plantation d'Ekouk

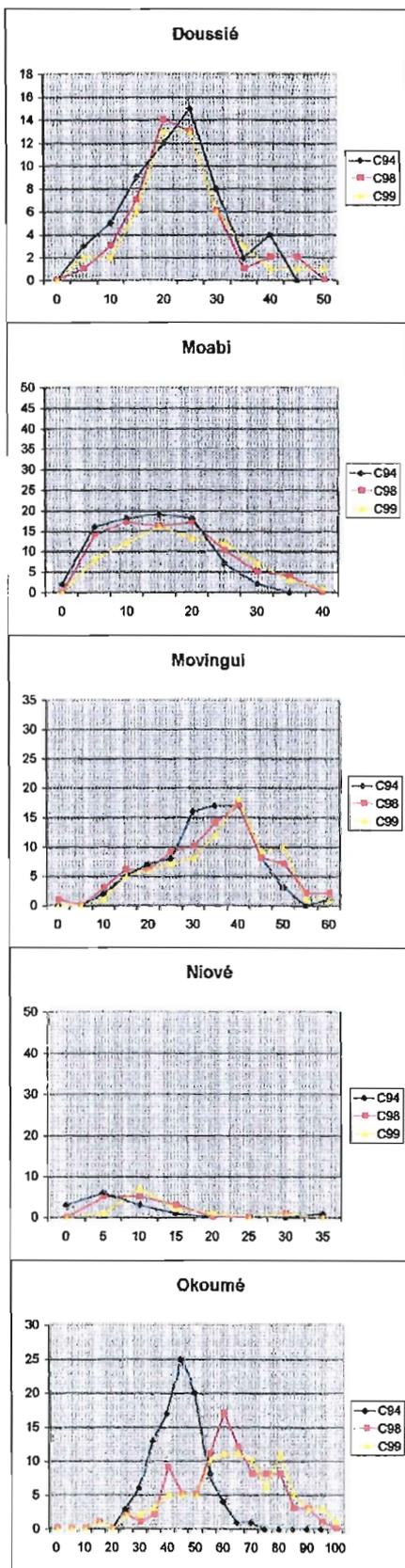


Nombre d'individus à l'hectare par classes de circonférences (classes centrées : Classe 50 = de 47,5 à 52,5 cm

Plantation d'Ekouk

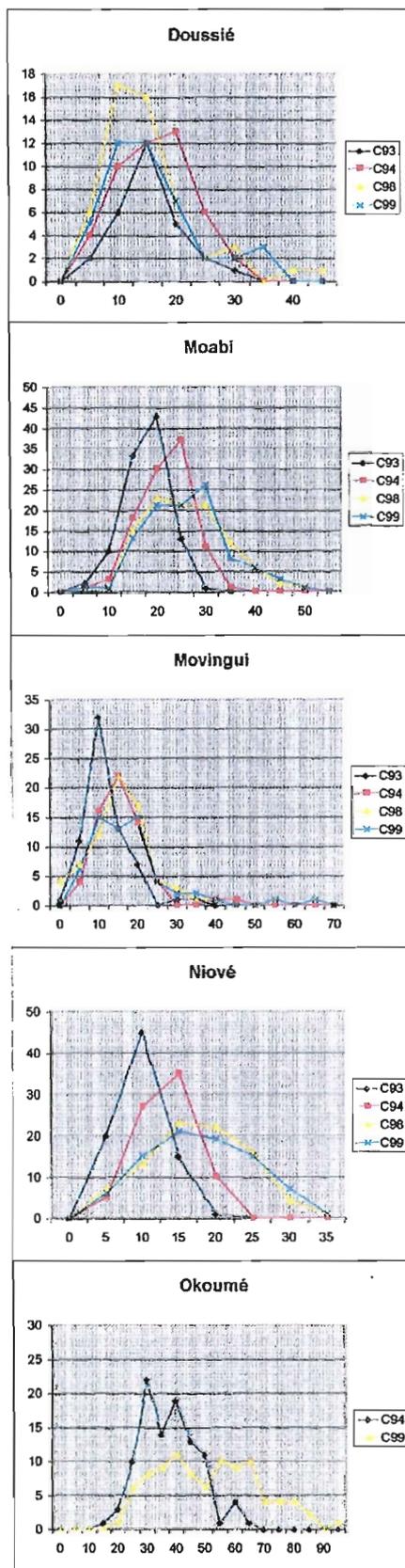
P 887

Plantation en plein découvert



P 889B

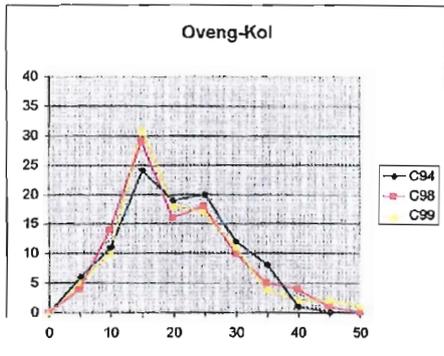
Plantation sous ombrage



Plantation d'Ekouk

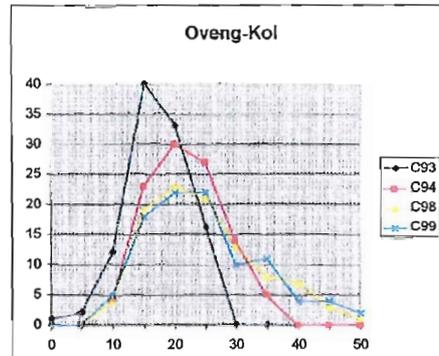
P 887

Plantation en plein découvert

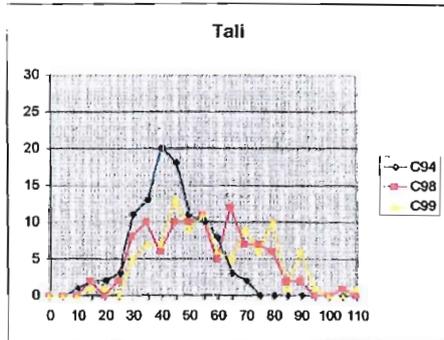


P 888B

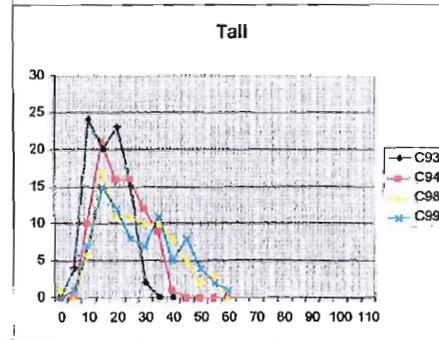
Plantation sous ombrage



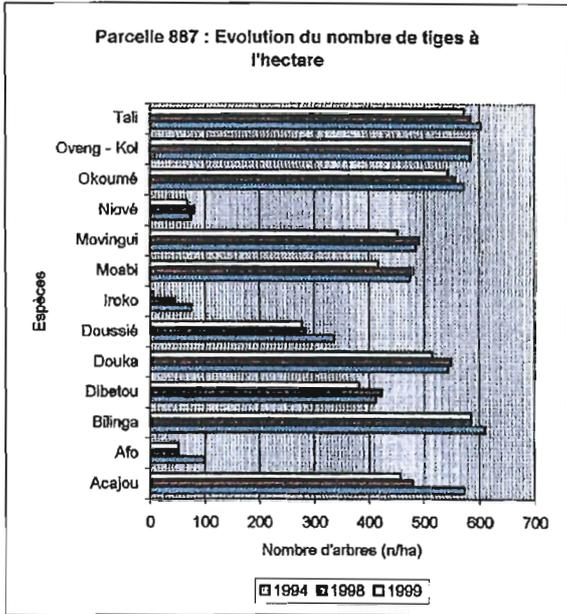
Tali



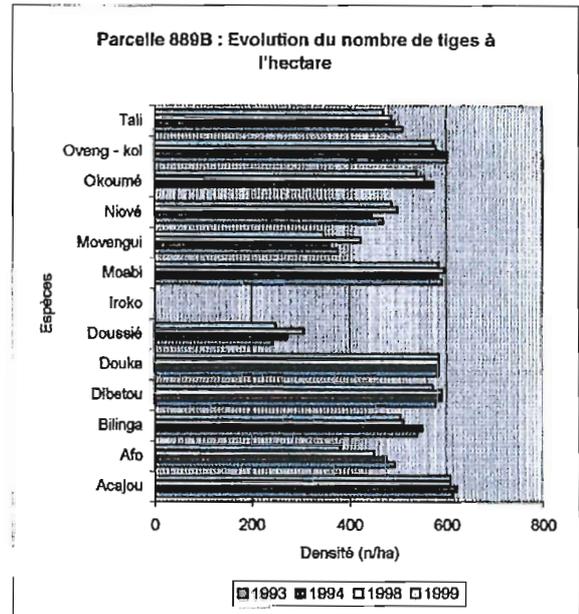
Tali



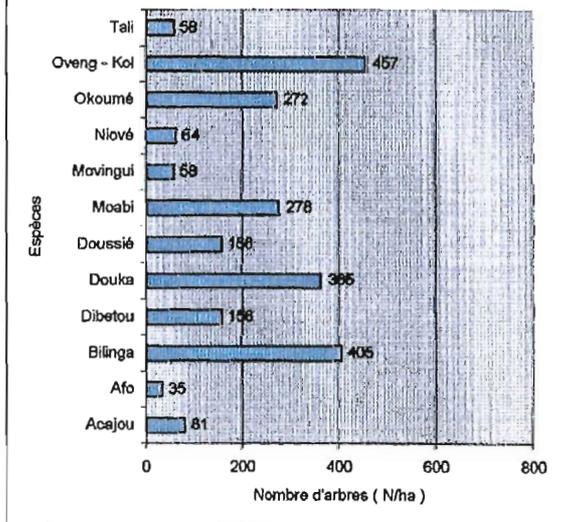
Parcelle 887
Plantations en plein découvert



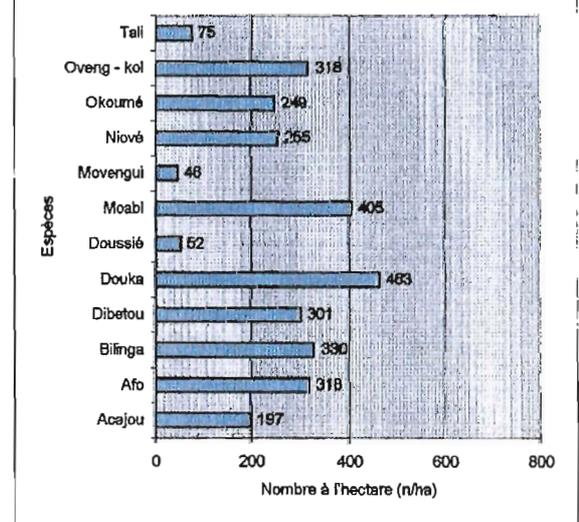
Parcelle 889B
Plantation sous ombrage



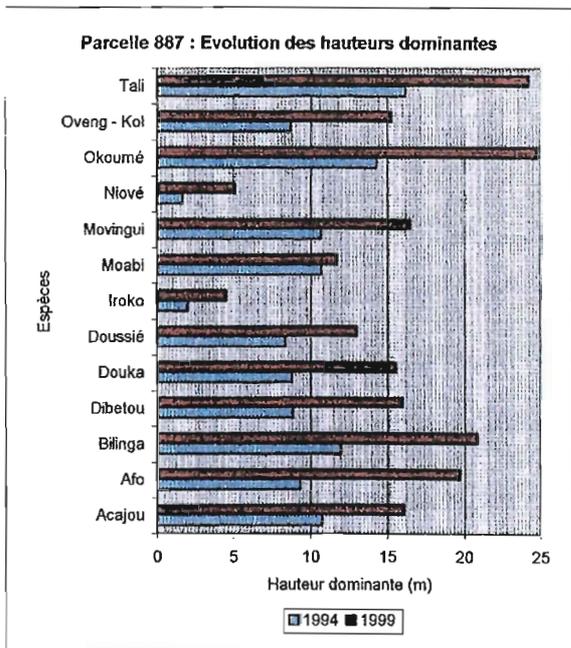
Parcelle 887: Nombre des tiges de bonne forme à l'hectare en 1999



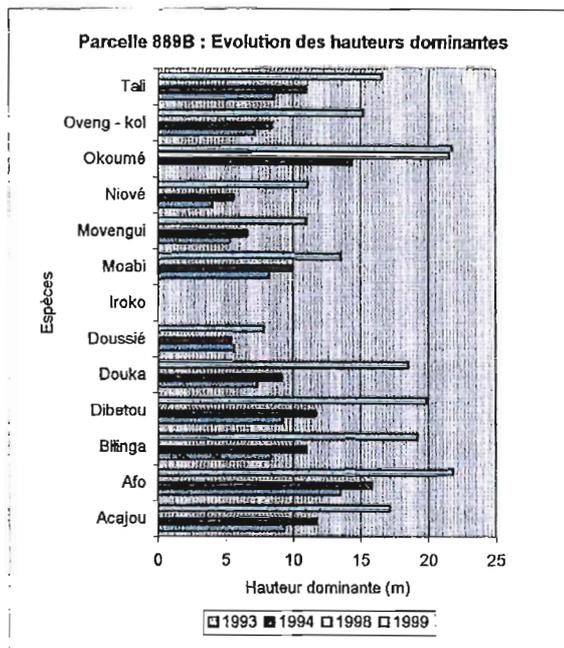
Parcelle 889B : Nombre de tiges de bonne forme à l'hectare en 1999



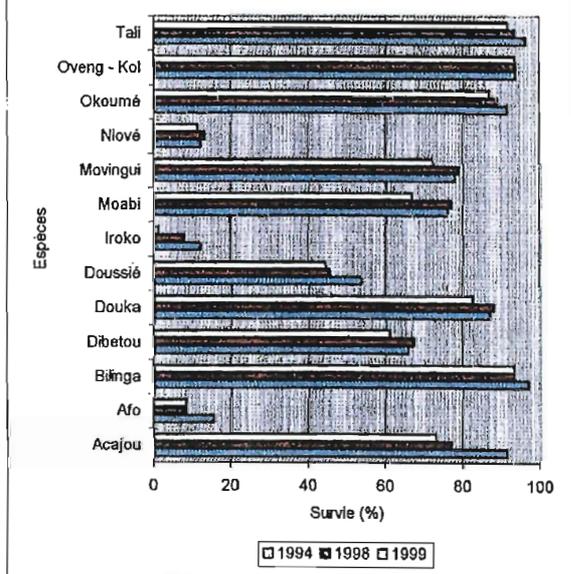
Parcelle 887
Plantations en plein découvert



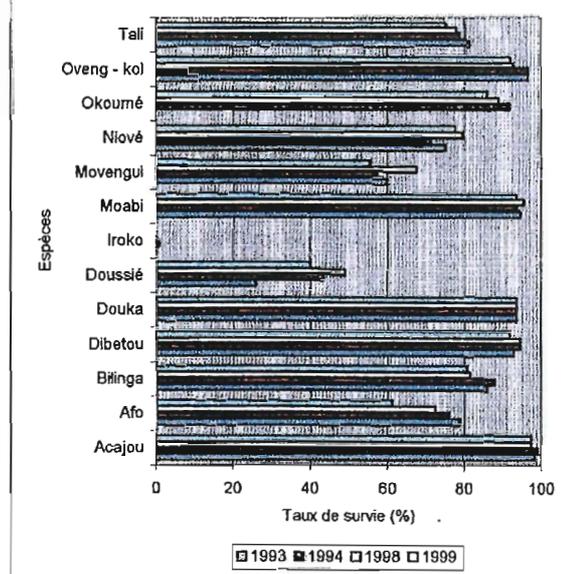
Parcelle 889B
Plantation sous ombrage



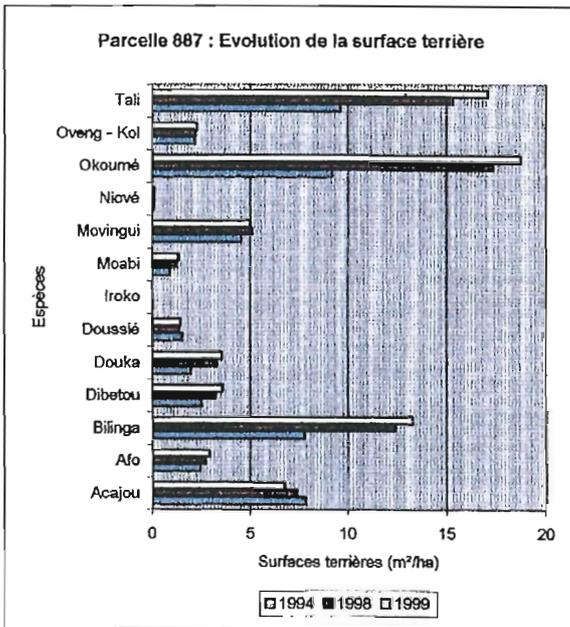
Parcelle 887 : Evolution du taux de survie



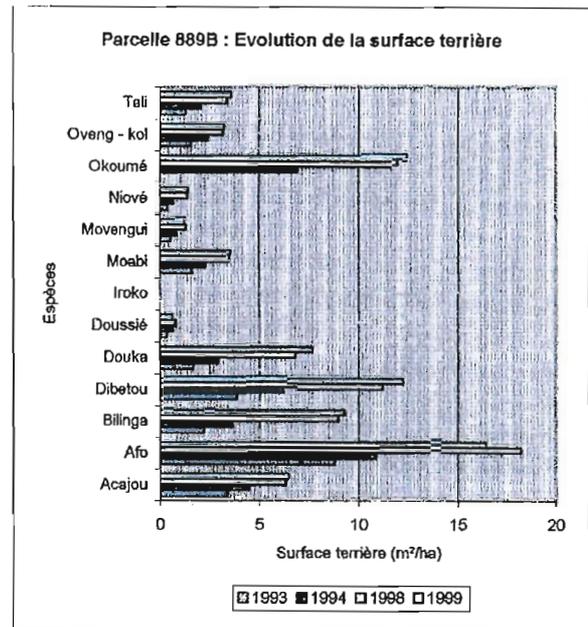
Parcelle 889B : Evolution des taux de survie



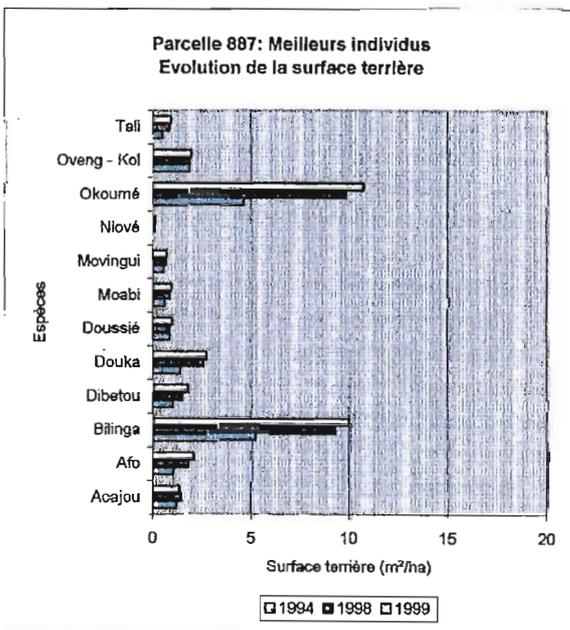
Parcelle 887
Plantations en plein découvert



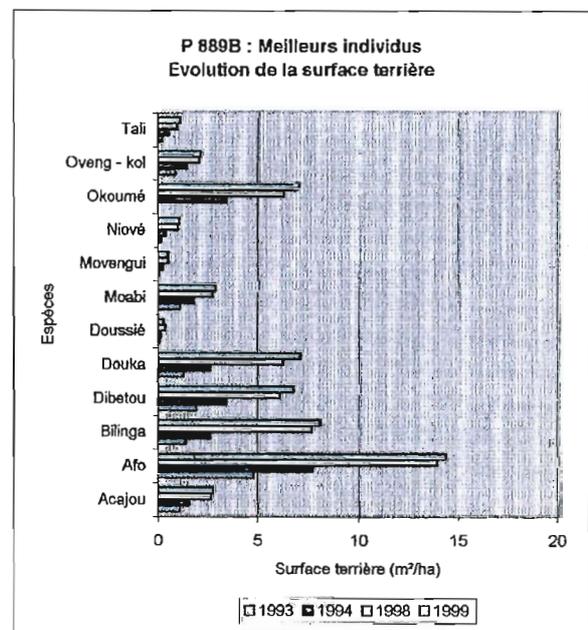
Parcelle 889B
Plantation sous ombrage



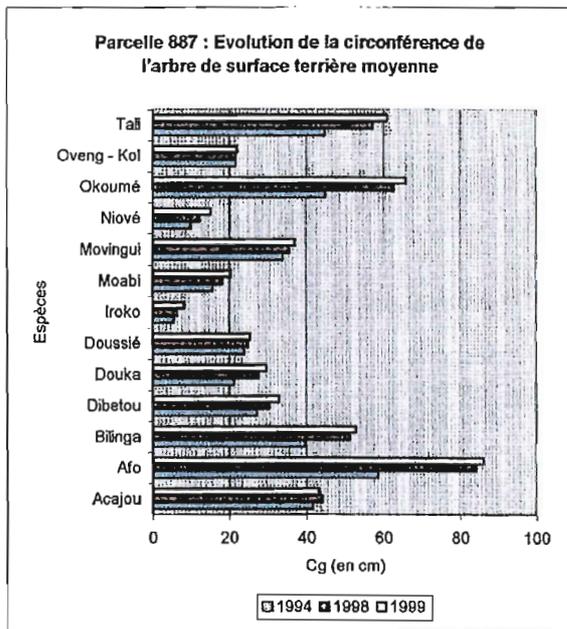
Parcelle 887: Meilleurs individus
Evolution de la surface terrière



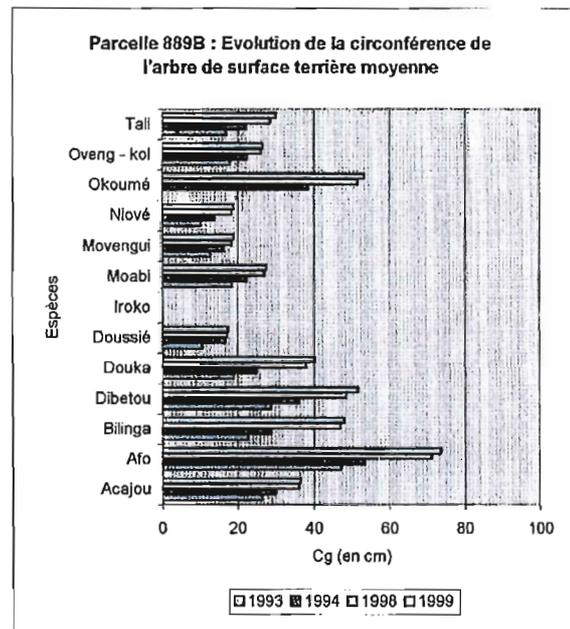
P 889B : Meilleurs individus
Evolution de la surface terrière



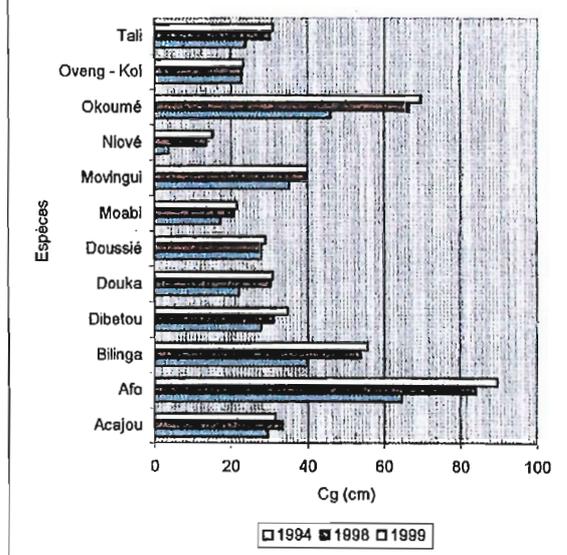
Parcelle 887
Plantations en plein découvert



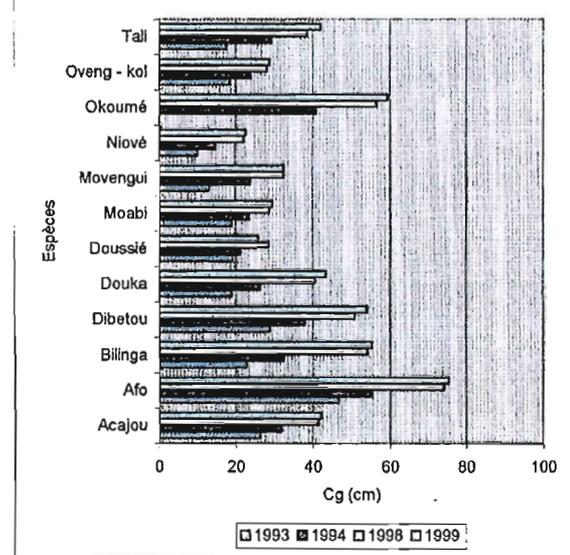
Parcelle 889B
Plantation sous ombrage



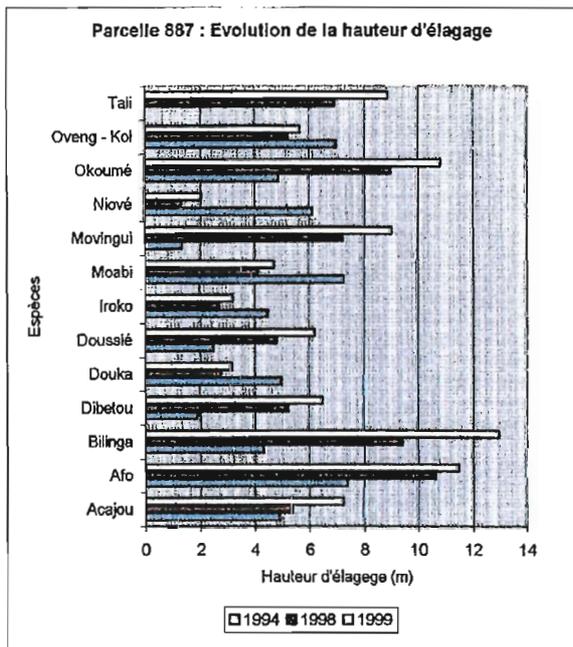
Parcelle 887: Meilleurs individus
Evolution de la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne



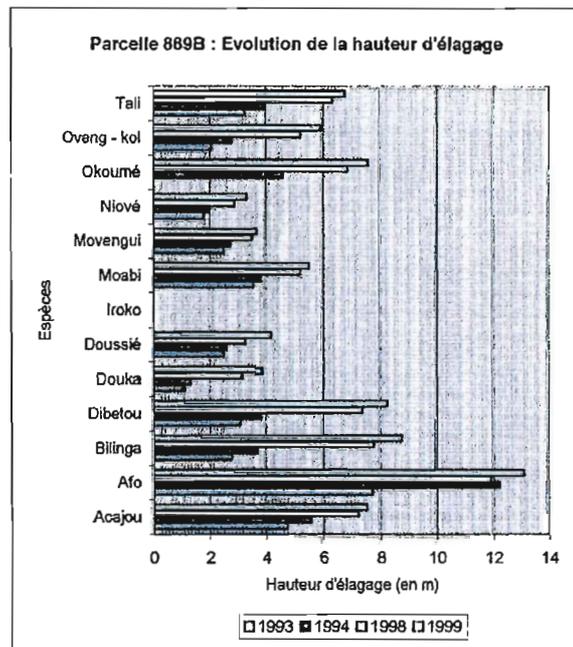
Parcelle 889 B : Meilleurs individus
Evolution de la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne



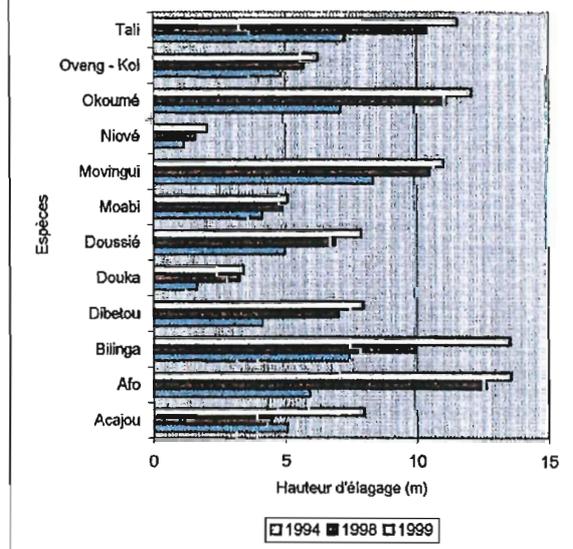
Parcelle 887
Plantations en plein découvert



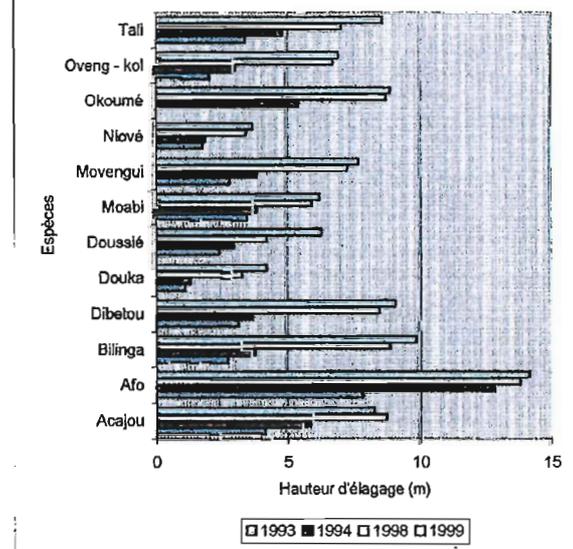
Parcelle 889B
Plantation sous ombrage



Parcelle 887 : Meilleurs individus
Evolution de la hauteur d'élégage



Parcelle 889B : Meilleurs individus
Evolution de la hauteur d'élégage



CROISSANCE EN PLANTATION DE TROIS ESSENCES DE REBOISEMENT (*Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Aucoumea klaineana*)

Introduction

La station d'Ekouk compte 1007,8 ha de plantations (carte 1 page suivante) réalisées avec 26 espèces différentes (Tableau 1). Un tiers environ des surfaces plantées l'ont été avec des mélanges d'espèces pied à pied. Il en résulte une certaine imprécision sur l'estimation des superficies effectivement plantées pour chacune des espèces (voir tableau page suivante). Néanmoins, les espèces les plus plantées sont :

- l'Okoumé avec environ 410 ha dont 269 ha en plantations monospécifiques
- le Framiré avec 226 ha
- le Limba avec 158 ha

Un réseau de placettes permanentes a été installé dans ces plantations pour en suivre la croissance.

Ces placettes ont été mesurées en 1992, 1994 et 1998 pour le Limba et le Framiré ; en 1991, 1994, 1998 et 1999 pour l'Okoumé.

Ce chapitre n'a cependant pas vocation à présenter une analyse détaillée des résultats acquis en matière de croissance de ces trois essences en plantations. Nous n'avons en effet eu accès - car la construction de la base de données n'était pas terminée - qu'au données sur 32 placettes de Limba, 52 placettes d'Okoumés et 79 placettes de Framiré. Pour cette dernière essence, les données n'étaient pas disponibles pour toutes les années de mesure pour chaque placette.

Nous allons donc essayer de montrer les tendances que l'on peut observer et proposer des études complémentaires qu'il serait souhaitable d'entreprendre pour aboutir, à terme, à l'élaboration d'une table préliminaire de production.

Résultats

Plutôt que de présenter des tableaux fastidieux à déchiffrer, nous avons préféré présenter des graphiques beaucoup plus parlants.

Limba : *Terminalia superba*

Globalement, la survie de l'espèce en plantation est bonne : 300 à 600 tiges par hectare à 10 - 12 ans. La hauteur d'égelage dépasse fréquemment 10 m et le fût libre peut atteindre 16 m dans certaines parcelles.

Par contre, la surface terrière varie très fortement (graphique) : de moins de 5 m²/ha à plus de 20 m²/ha.

PLANTATIONS EXPERIMENTALES D'EKOUK

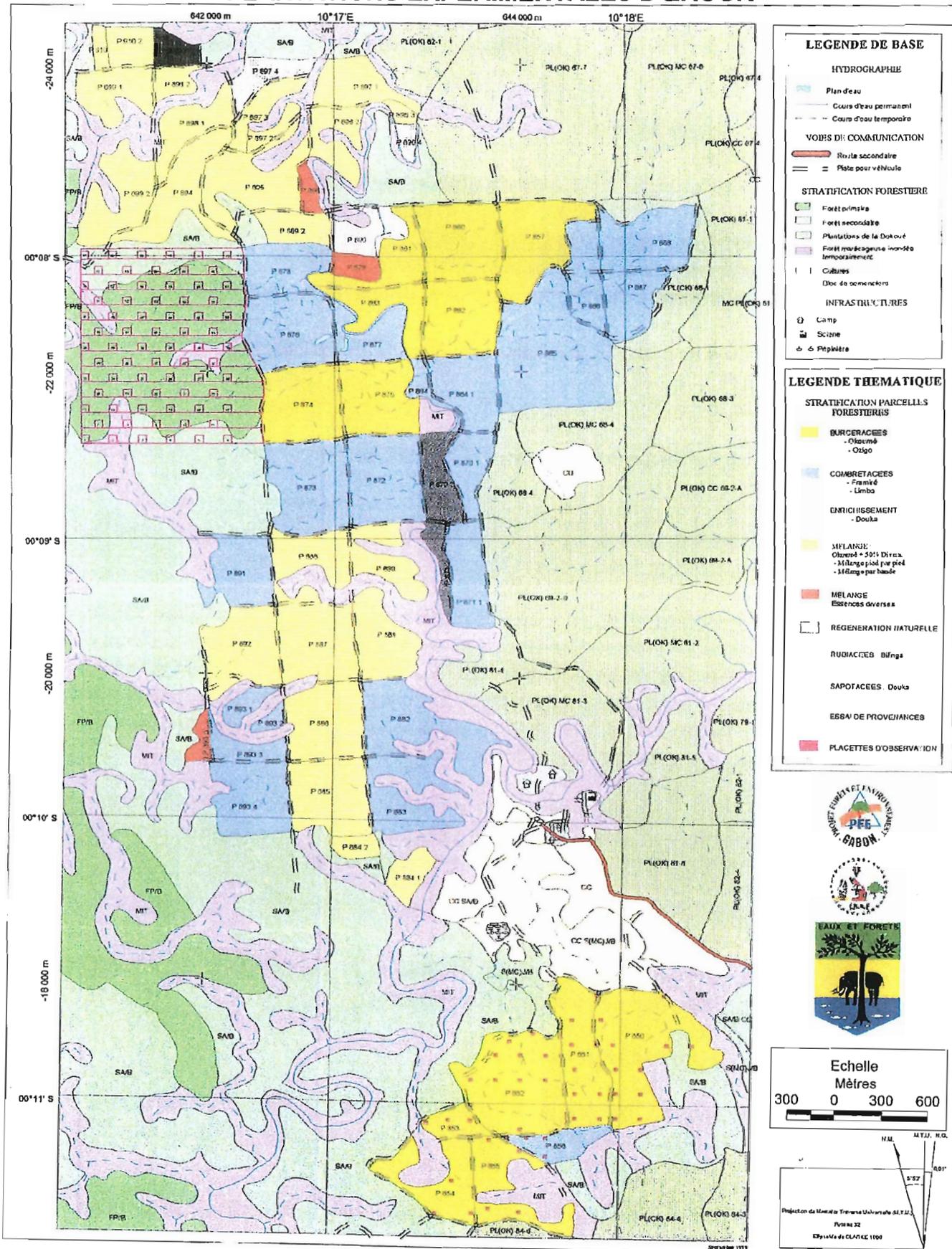


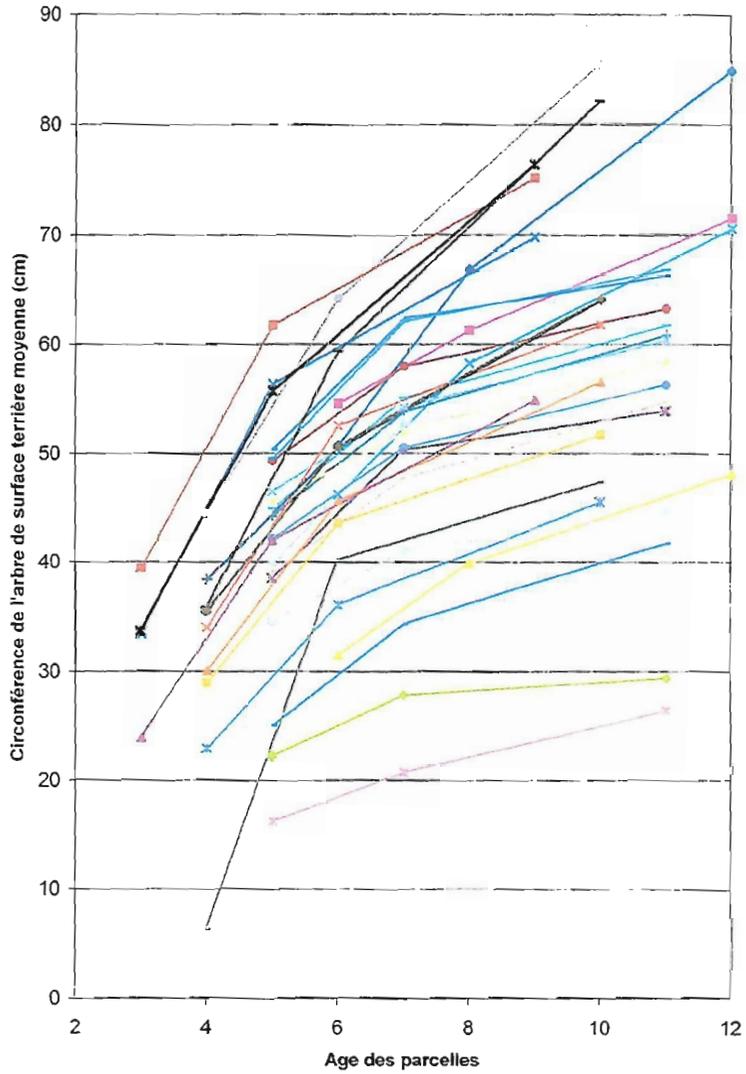
Tableau 1. Station d'Ekouk (Gabon) : Liste des espèces plantées et surfaces concernées

Note : les superficies ne sont qu'indicatives en raison de la difficulté d'estimer celles-ci par espèce dans des parcelles reboisées avec un mélange d'espèces

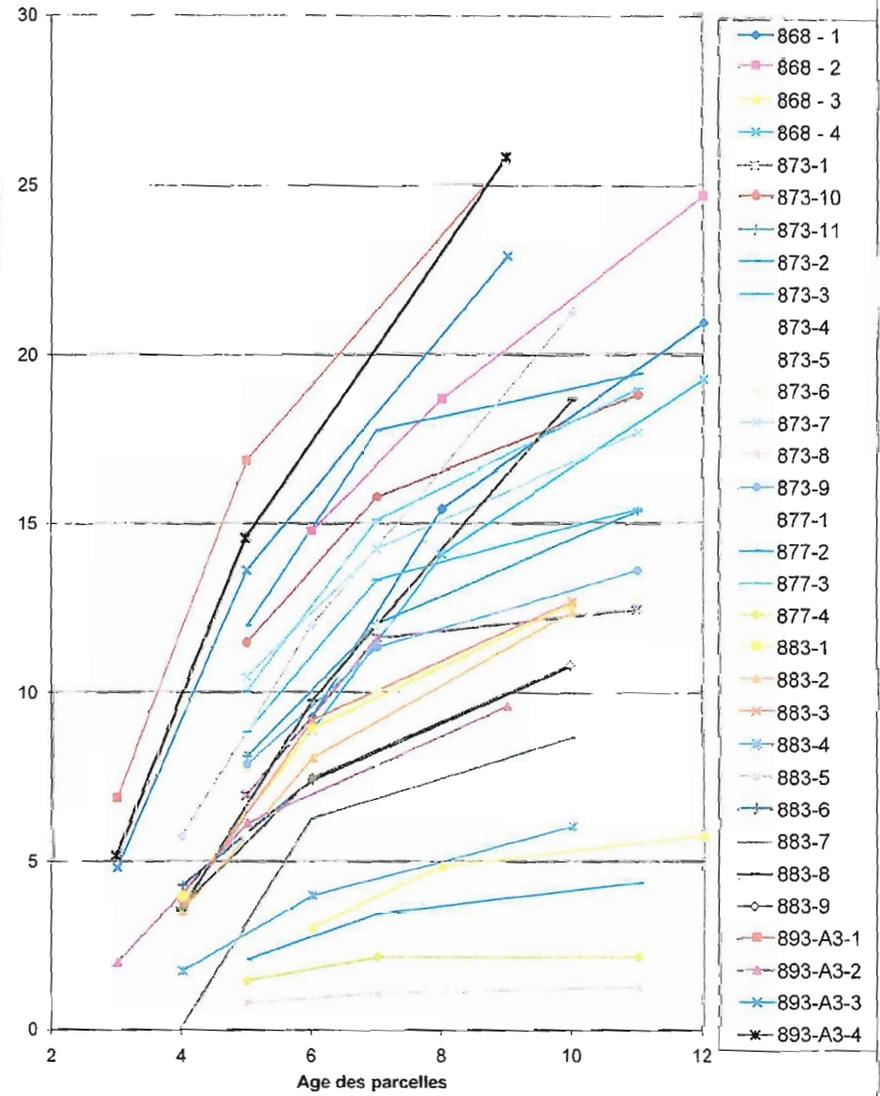
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Années de plantation					Totaux
		1985	1986	1987	1988	1989	
Acajou	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. <i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C.D.C.				7.6	0.9	8.5
Afo	<i>Poga oleosa</i> Pierre				4.6		4.6
Aiélé	<i>Canarium sweinfurthii</i> Engl.					1.7	1.7
Bahia	<i>Hallea ciliata</i> Aubrev. & Pellegr.					5.2	5.2
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i> Merrill	0.6		13.9	16.4	0.2	31.1
Dibetou	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms				2.7	1.1	3.8
Douka	<i>Thieghemella africana</i> Pierre				3.0	34.3	37.3
Doussié	<i>Azelia bipendis</i> Harms				2.6		2.6
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	13.2	101.8	81.1	20.8	9.6	226.5
Iroko	<i>Milicia excelsa</i>				7.0	1.4	8.4
Kevazingo	<i>Guibourtia demeusii</i> J. Leonard					11.5	11.5
Limba	<i>Terminalia superba</i> Engl. et Diels		6.9	63.3	51.7	36.3	158.2
Longhi blanc	<i>Gambeya africana</i> (G. Don) Pierre					1.4	1.4
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre		9.0		11.3	2.1	22.4
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.				4.7	2.6	7.3
Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.				9.1	1.8	10.9
Okala	<i>Tieghemella africana</i> Pierre					1.4	1.4
Okoumé	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	150.9	73.4	46.8	55.1	85.2	411.4
Onzabili	<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre					1.0	1.0
Ovengkol	<i>Guibourtia ehie</i> J. Leonard				11.2	8.5	19.7
Ozigo	<i>Dacryodes buttneri</i> J.H. Lam		3.3			9.8	13.1
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.		2.0	0.8		18.1	20.9
Parkia	<i>Parkia bicolor</i> A. Chev.					1.9	1.9
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i> A. Chev.				7.2	2.8	10.0
Tiama	<i>Entandophragma angolense</i> CDC				0.6	5.5	6.1
	Totaux	164.7	196.4	205.9	215.0	244.2	1026.2

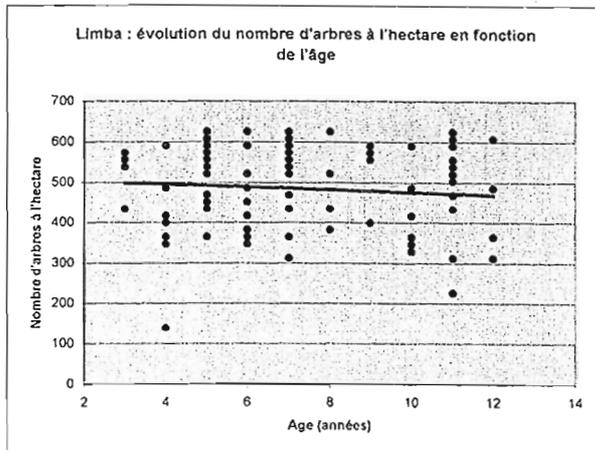
Superficie réellement plantée 1007.8 ha

Ekouk - Limba (*Terminalia superba*)
Evolution des circonférences moyennes (Cg) par parcelles



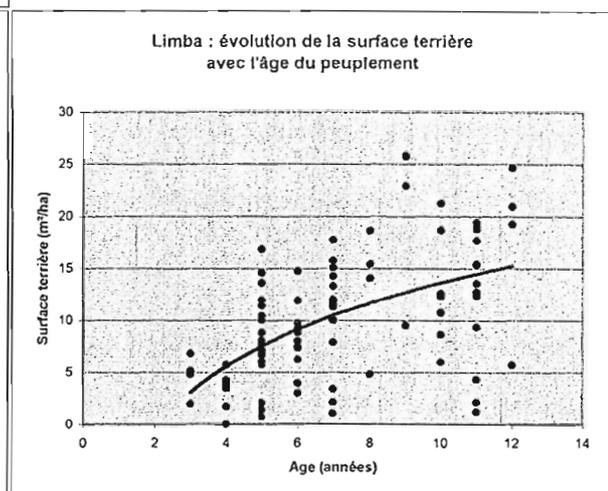
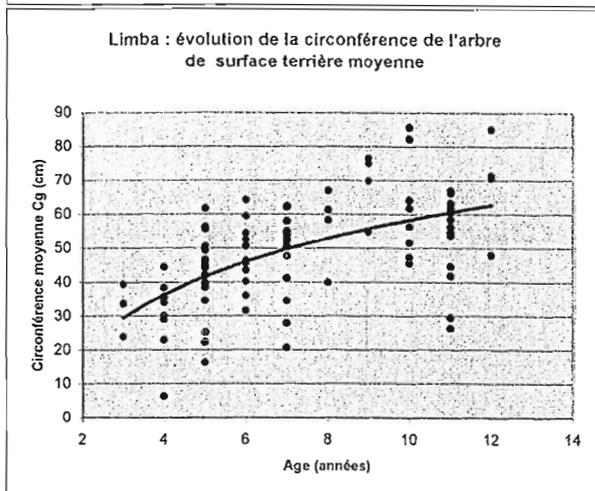
Ekouk - Limba (*Terminalia superba*)
Evolution des surfaces terrières à l'hectare





Station forestière d'Ekouk (Gabon)

Caractéristiques des parcelles
reboisées en
Limba
(*Terminalia superba*)



La circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne varie de la même manière : moins de 30 cm à plus de 80 cm.

La tendance qui s'observe est un ralentissement de la croissance en circonférence et en surface terrière aux environs de cinq à sept ans. Ceci pourrait s'expliquer par la forte densité des peuplements et le manque d'éclaircie. A ces âges, certaines parcelles dépassent déjà un indice de stabilité de 100 et ont un facteur d'espacement de Hart-Becking bien inférieur à 30, attestant d'un besoin urgent d'éclaircie.

Avant d'aller plus loin dans l'analyse, il est indispensable de comprendre le pourquoi des différences importantes de croissance. Elles ne peuvent être attribuées à une trop forte mortalité, la survie de l'espèce étant généralement bonne. Les autres hypothèses sont :

- utilisation d'origines (provenances) différentes
- variabilité des conditions pédologiques
- utilisation de modes de préparation des sols différents
- plantation de certaines parcelles sous ombrage
- déficit d'entretien dans le jeune âge
- concurrence intraspécifique par manque d'éclaircie
- concurrence d'espèces spontanées à croissance plus rapide (peu probable)
- ...

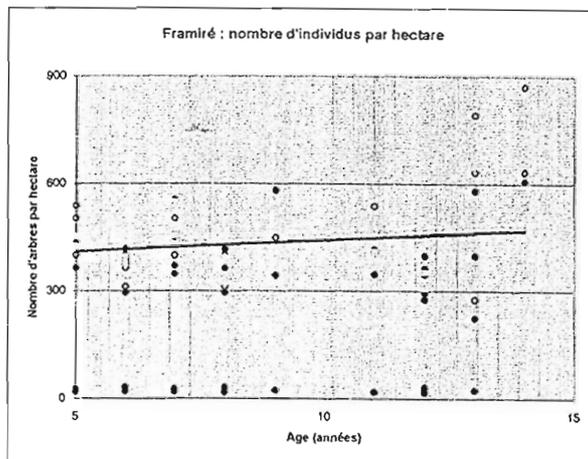
Ces différentes hypothèses doivent être vérifiées et vont faire l'objet d'une étude par Emmanuel N'Dui-M'Bore, dans le cadre de son Mastère à l'Engref de Montpellier, qui sera encadré, entre autres, par Dominique Louppe.

M. N'Dui-M'Bore aura également à mettre en place le dispositif expérimental d'éclaircie dans le Limba et à définir des courbes de croissance pour l'espèce, première ébauche en vue de l'élaboration ultérieure de tables de production.

Framiré : *Terminalia ivorensis*

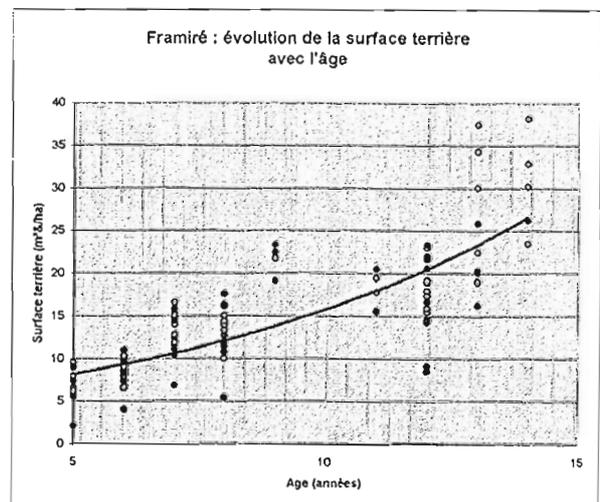
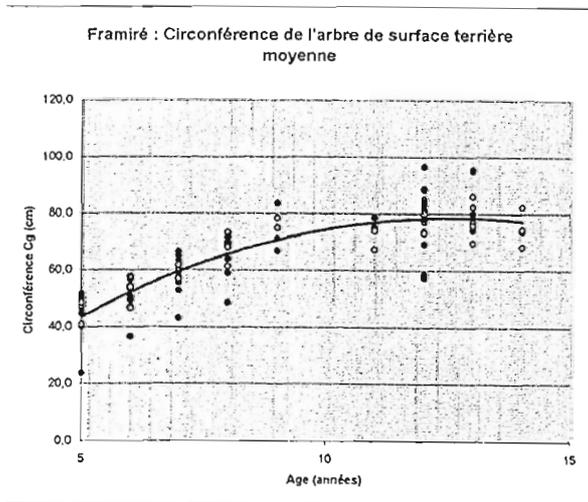
A l'exception de quelques placettes, la survie de l'espèce est satisfaisante avec plus de 300 tiges à l'hectare. La hauteur dominante est en moyenne de 17 m à 5 ans et de 28 m à 12 ans.

Les courbes de tendance montrent un ralentissement de la croissance en circonférence avec l'âge et que les plantations les plus âgées ont une hauteur d'élagage plus faible. De manière identique, il semble que la croissance en surface terrière des plantations les plus jeunes est plus rapide que celle des plantations les plus anciennes. Ceci pourrait s'expliquer par l'évolution des techniques d'installation des plantations.

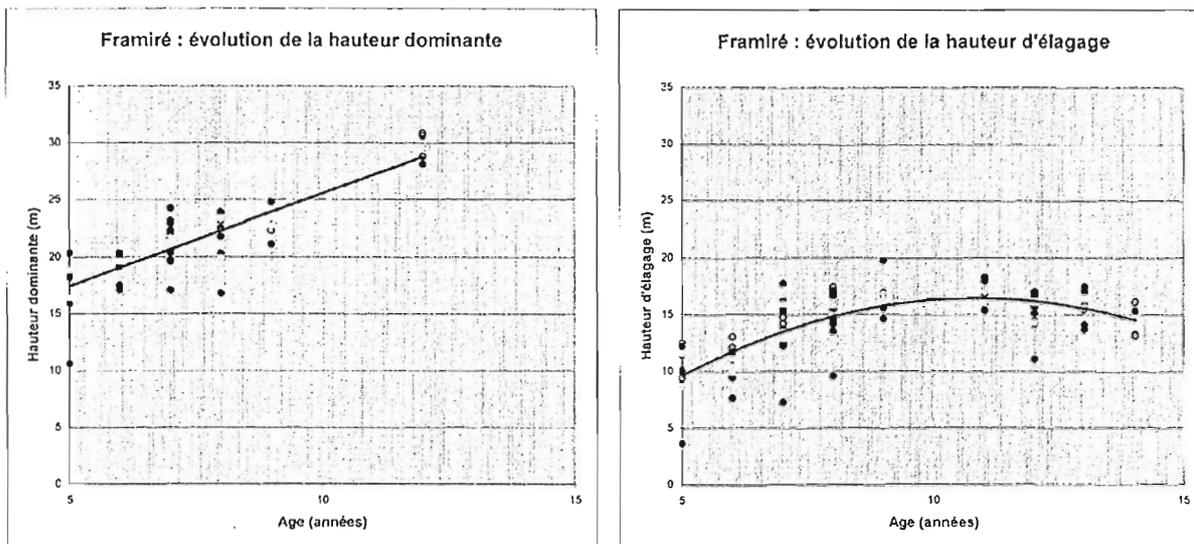


Station forestière d'Ekouk (Gabon)

Caractéristiques des parcelles
reboisées en
Framiré
(*Terminalia ivorensis*)



Station forestière d'Ekouk (Gabon)
Hauteurs dominantes et hauteurs d'élagage du Framiré
(*Terminalia ivorensis*)

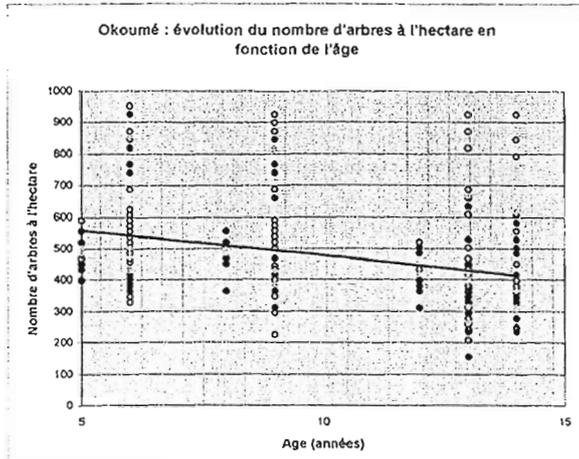


Les parcelles les plus âgées ont été plantées à des densités de 952 tiges à l'hectare contre 625 par la suite. Les techniques de préparation du sol, de plantation et d'entretien ont également dû s'améliorer avec l'expérience. Les provenances de graines ont peut-être changé. Comme pour le Limba, tous ces facteurs doivent être pris en compte avant de pousser l'analyse plus loin.

Okoumé : *Aucoumea klaineana*

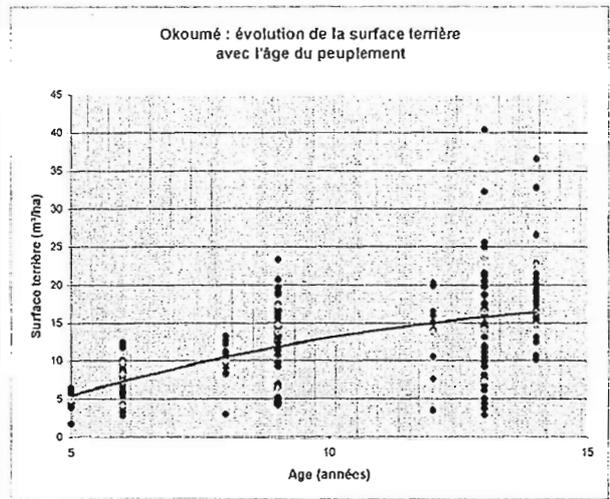
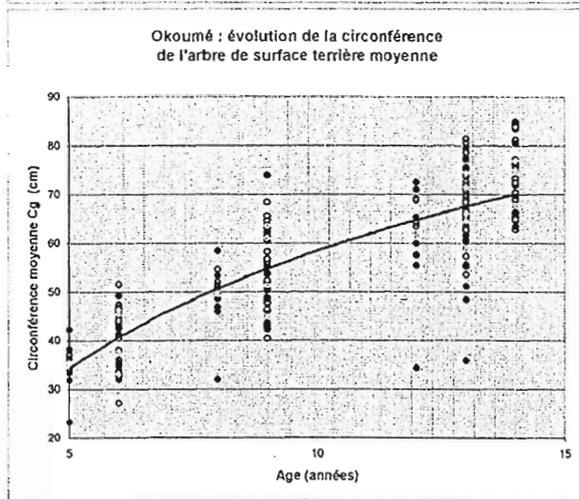
Les courbes de tendance pour l'Okoumé montrent une mortalité tout à fait acceptable qui évolue normalement avec l'âge, d'autant que la croissance en surface terrière, en circonférence moyenne et en hauteur dominante sont satisfaisantes. Seule la hauteur d'élagage moyenne ne semble pas augmenter avec l'âge.

Néanmoins, on notera une très forte variabilité pour tous les critères mesurés. Comme pour les deux autres essences, des études devraient être entreprises afin d'identifier les facteurs déterminant de cette variabilité.

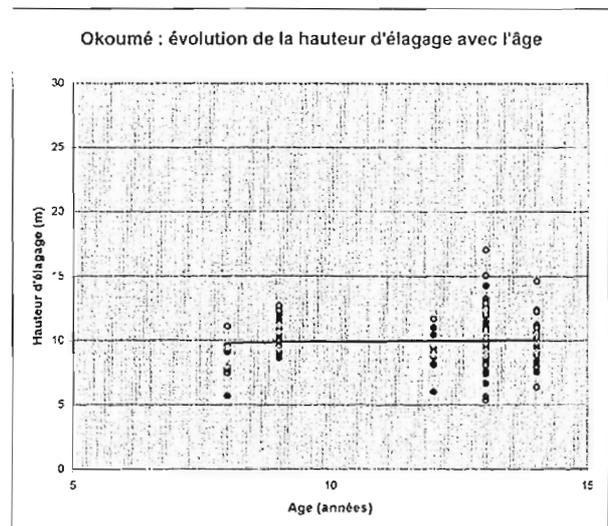
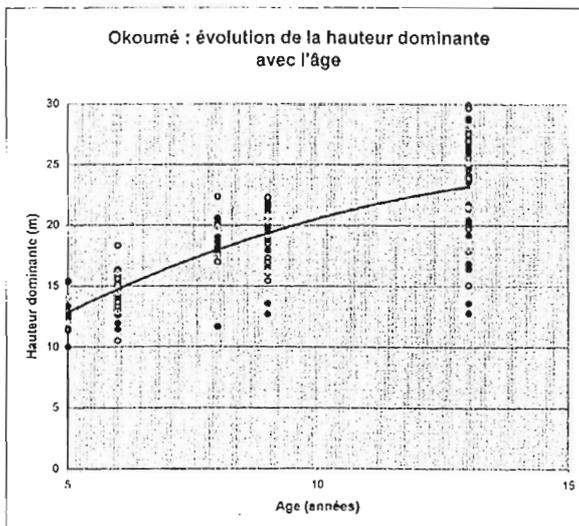


Station forestière d'Ekouk (Gabon)

Caractéristiques des parcelles reboisées en Okoumé (*Aucoumea klaineana*)



Station forestière d'Ekouk (Gabon)
Hauteurs dominantes et hauteurs d'élégage de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*)



Bilinga : *Nauclea diderrichii*

La croissance d'une quatrième essence a été étudiée par Sylvain N'Zé N'Guéma dans le cadre de son mémoire de fin d'études. Les résultats, qui indiquent une réponse très favorable de cette essence à l'éclaircie, sont consignés dans le document suivant :

Nze Nguema S. 1998. Influence de la première éclaircie sur la croissance du Bilinga (*Nauclea diderrichii*; Rubiaceae) en plantation forestière (Ekouk, Gabon). Mémoire D.S.P.U. en Foresterie Rurale et tropicale, ENGREF, Montpellier, France, 33p + 12 annexes.

En guise de conclusion

Ces premiers dépouillements montrent une grande variabilité de la croissance pour les trois essences étudiées.

Il est indispensable d'identifier les facteurs déterminant cette variabilité et de nouveaux travaux doivent être initiés dans ce sens.

L'effet de l'absence de sylviculture se fait ressentir par un ralentissement de la croissance. Des éclaircies semblent nécessaires d'urgence. Il faudra profiter de ces interventions pour établir des tarifs de cubage qui permettront d'estimer la productivité de ces essences avec plus de précision.

Le suivi des placettes permanentes est essentiel pour l'élaboration, à terme, de tables de production, outils essentiels pour l'aménagiste gestionnaire des plantations.

PLANTATION D'OKOUMÉ EN MÉLANGES AVEC DIVERSES ESPÈCES

Introduction

La plantation de grandes surfaces avec une seule espèce représente toujours un risque de propagation de maladies ou de ravageurs. Dans ces conditions, les plantations en mélanges présentent généralement de plus grandes garanties de durabilité.

Déjà, en 1960, Biraud et Catinot soulignaient l'intérêt de conserver une souille sous le couvert des Okoumés pour les accompagner dans leur croissance et favoriser leur élagage et la rectitude des fûts.

A Ekouk, dans le cadre de cette étude, l'Okoumé a été complanté avec d'autres essences de bois d'oeuvre de valeur. Leur cohabitation est-elle bénéfique ? Pour qui ? La présente étude va essayer de répondre à ces questions.

Présentation du dispositif d'étude

Quatre parcelles de mélange ont été plantées en 1988 et 1989.

- ▶ Parcelle 880 : 21,2 hectares à la densité de 625 pieds par hectare (4 x 4 m) : 6640 Okoumés et 6636 plants de 12 espèces différentes, celles qui se retrouvent dans l'essai 13 essences. Chacune de ces espèces est représentée par un nombre identique d'individus. Le mélange est effectué pied par pied.
- ▶ Parcelle 888 : 17,4 hectares à la densité de 625 pieds par hectare (4 x 4 m) : 5448 Okoumés et 5448 plants des 12 espèces de l'essai 13 essences. Chacune de ces espèces est représentée par un nombre identique d'individus. Le mélange est effectué pied par pied.
- ▶ Parcelle 894 : 20,7 hectares plantés à la densité de 500 tiges/ha (10 x 2 m) : 2593 Okoumés et 7770 plants de 9 autres essences dont le nombre varie de 95 à 2225. Le mélange est effectué, selon les localisations, pied par pied ou par groupes.
- ▶ Parcelle 895 : 28,5 hectares à la densité de 625 pieds par hectare (4 x 4 m) : 7136 Okoumés et 10704 plants de 7 espèces différentes. Chacune de ces espèces est représentée par un nombre différent d'individus variant de 486 à 2676. Le mélange est effectué pied par pied.

Les placettes permanentes de mesure sont au nombre de 38 (respectivement 10, 10, 7 et 11 par parcelle) et couvrent une superficie de 2,67 ha soit un taux d'échantillonnage de 3 %.

Résultats

Les tableaux en annexe présentent l'ensemble des résultats disponibles (moyennes) pour chaque année de mesure soit 3 ou 4 inventaires par parcelle.

Nous ne présenterons ici que quelques données relatives à la dernière campagne de mesure, celle de 1999.

Tableau 1 : densité (N/ha) des différentes espèces plantées

Espèces	P 880		P 888		P 894		P 895	
	initiale	11 ans	initiale	11 ans	initiale	10 ans	initiale	10 ans
Acajou	26	22,1	26	22,1	23	31,7 *		
Afo	26	0	26					
Bahia							31	15,8
Bilinga	26	40,4 *	26	53,4 *			0	1,6 **
Dibétou	26	15,6	26	3,9	30	39,7 *		
Douka	26	13,0	26	1,3			62	39,5
Doussié	26	14,3	26	13,0				
Iroko	26	3,9	26	3,9			31	1,6
Kévazingo					107	19,9	45	28,4
Moabi	26	16,9	26	18,2	42	35,7		
Movingui	26	28,6 *	26	14,3			17	7,9
Niové	26	3,9	26	9,1				
Okoumé	313	240,9	313	216,1	125	73,4	250	175,2
Onzabili					27	0		
Oveng-kol	26	22,1	26	22,1	5	37,7 ***		
Ozigo					54	15,9	62	37,9
Padouk					0	4 **	94	72,6
Tali	26	20,8	26	15,6	49	37,7		
Tiama					38	29,8	31	26,8
Aiélé **					0	2,0		
Indéterminé				2,6				
Total	625	442,7	625	393,2	500	327	625	407,2

* Densité supérieure à celle à la plantation (commentaires dans le texte)

** Espèce non plantée : régénération naturelle à l'emplacement d'un arbre planté

*** Dans le jeune âge l'Oveng-kol et le Kévazingo sont très semblables : feuilles et écorces identiques ; ils ne se distinguent aisément qu'à partir d'un diamètre de 20-30 cm quand le Kévazingo développe ses contreforts et prend son écorce caractéristique avec de petites dépressions circulaires (aspect "martelé").

On notera tout d'abord la difficulté de comptabiliser les arbres réellement plantés dans un milieu où ces mêmes essences se régénèrent naturellement, d'autant plus que leurs semis sont conservés lors des entretiens et dégagements. Ceci se remarque notamment pour le Bilinga, le Dibétou et le Movingui. D'autres essences se sont régénérées en faible nombre comme l'Acajou, l'Aiélé et le Padouk. (Tableau 1).

Tableau 2 : circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne

Espèces	P 880 (11 ans)	P 888 (11 ans)	P 894 (10 ans)	P 895 (10 ans)
Acajou	43,4	36,4	25,8	
Afo	-			
Bahia				18,2
Bilinga	49,2	52,0		27,0
Dibétou	19,6	19,8	40,7	
Douka	22,9	14,0		20,8
Doussié	16,1	16,9		
Iroko	56,3	23,7		24,5
Kévazingo			9,1	11,1
Moabi	14,5	13,7	21,0	
Movingui	36,8	27,6		15,9
Niové	8,6	9,9		
Okoumé	58,9	48,4	59,2	49,6
Onzabili			-	
Oveng-kol	19,8	17,7	21,5	
Ozigo			27,8	18,6
Padouk			8,5	28,4
Tali	58,3	60,5	33,4	
Tiama			26,8	22,6
Aiélé			18,0	

Tableau 3 : Taux d'arbres bien conformés, non fourchus et sains

Espèces	P 880 (11 ans)			P 888 (11 ans)			P 894 (10 ans)			P 895 (10 ans)		
	BC	0 F	S									
Acajou	70,6	47,1	94,1	17,6	76,5	58,8	31,3	87,5	100,0			
Bahia										81,8	100,0	100,0
Bilinga	83,9	86,7	93,5	36,6	70,0	82,9				0	100,0	100,0
Dibétou	75,0	50,0	100,0	0	100,0	100,0	20,0	73,7	95,0			
Douka	81,8	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0				80,0	91,7	100,0
Doussié	27,3	54,5	100,0	40,0	90,0	100,0						
Iroko	33,3	66,7	100,0	33,3	100,0	100,0				0	0	100,0
Kévazingo							0	70,0	100,0	27,8	27,8	94,4
Moabi	76,9	100,0	100,0	57,1	100,0	100,0	44,4	100,0	100,0			
Movingui	63,6	57,1	95,5	10,0	80,0	100,0				40,0	60,0	100,0
Niové	66,7	66,7	100,0	28,6	85,7	100,0						
Okoumé	70,7	76,0	97,8	18,1	49,1	100,0	37,8	97,3	91,9	54,5	44,0	95,4
Onzabili							-	-				
Oveng-kol	72,2	77,8	100,0	70,6	100,0	54,8	31,6	100,0	100,0			
Ozigo							25,0	87,5	100,0	45,8	73,9	100,0
Padouk							0	100,0	100,0	51,1	60,9	95,7
Tali	68,7	12,5	93,8	0	75,0	100,0	10,5	94,7	100,0			
Tiama							31,3	92,9	100,0	47,1	82,4	88,2
Aiélé							100,0	100,0	100,0			

Avec BC = bien conformés (classes de qualité 1 à 3) ; 0 F = arbres non fourchus ; S = arbres sains

Six espèces présentent un taux de survie insuffisant (moins de 50 %) à 10 et 11 ans:

- Afo : cette essence nécessite une plantation sous ombrage pour réussir, ce qui n'est pas le cas de cet essai et explique donc la mortalité totale de l'espèce
- Dibétou : essence préférant un ombrage modéré
- Douka : essence préférant un ombrage modéré
- Iroko : essence très difficile à installer en raison des attaques de psylles dans le jeune âge entraînant une mortalité élevée
- Niové : essence réussissant mieux sous ombrage
- Onzabili (*Antrocaryon k.*) : mortalité totale mais pas de référence dans d'autres parcelles expérimentales ou plantations.

Dans l'ensemble, seul l'Okoumé montre une croissance moyenne en surface terrière individuelle assez homogène dans les quatre parcelles. C'est aussi l'essence qui présente la meilleure croissance, comparable toutefois à celle du Bilinga et du Tali sur les sites qui leur conviennent le mieux.

Toutes les autres essences sont plus ou moins fortement influencées par la fertilité du sol ou par la concurrence des autres essences du mélange.

En ce qui concerne l'influence du mélange sur la forme, l'élagage, l'état sanitaire des arbres, les données recueillies sont trop générales pour pouvoir conclure.

En guise de conclusion

Les données moyennes par parcelle ne permettent pas réellement de conclure sur les facteurs déterminants de la croissance des différentes essences en mélange : le facteur sol est-il plus déterminant que la concurrence des essences voisines ? Ce facteur mériterait d'être étudié mais ce travail nécessite une cartographie précise des sites (sols, pentes,...) avec localisation individuelle des arbres (avec leurs caractéristiques : circonférence, hauteur, élagage, forme, état sanitaire) afin d'étudier les corrélations croissance X milieu X voisinage et caractéristiques X voisinage X milieu. Cette étude pourrait faire l'objet d'un travail de fin d'étude de Mastère par exemple.

Parcelle 880 : plantations en mélange
Moyennes générales

	Acajou	Afo	Bilinga	Dibetou	Douka	Doussié	Iroko	Moabi	Movingui	Niové	Okoumé	Oneng-kol	Tali	TOTAL
Surface parcelle plantée (ha)	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416	21,2416
N arbres plantés dans la parcelle	553	553	553	553	553	553	553	553	553	553	6640	553	553	13276
Densité (n/ha) à la plantation	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	313	26	26	625
Densité 94	19,5	2,6	36,5	15,6	13,0	13,0	9,1	15,6	28,6	2,6	244,8	22,1	20,8	444,0
Densité 96	19,5	1,3	36,5	15,6	13,0	14,3	5,2	14,3	28,6	1,3	244,8	22,1	19,5	436,2
Densité 98	20,8	0,0	36,5	14,3	13,0	13,0	3,9	15,6	28,6	2,6	239,6	22,1	20,8	431,0
Densité 99	22,1	0,0	40,4	15,6	13,0	14,3	3,9	16,9	28,6	3,9	240,9	22,1	20,8	442,7
Taux de survie 94	57,7	7,7	107,7	46,2	38,5	38,5	26,9	46,2	84,6	7,7	60,1	65,4	61,5	71,0
Taux de survie 96	57,7	3,8	107,7	46,2	38,5	42,3	15,4	42,3	84,6	3,8	60,1	65,4	57,7	69,8
Taux de survie 98	61,5	0,0	107,7	42,3	38,5	38,5	11,5	46,2	84,6	7,7	58,8	65,4	61,5	69,0
Taux de survie 99	65,4	0,0	119,2	46,2	38,5	42,3	11,5	50,0	84,6	11,5	59,1	65,4	61,5	70,8
Total NB 94	15	2	28	12	10	10	7	12	22	2	188	17	16	341
Total NB 96	15	1	28	12	10	11	4	11	22	1	188	17	15	335
Total NB 98	16		28	11	10	10	3	12	22	2	184	17	16	331
Total NB 99	17		31	12	10	11	3	13	22	3	185	17	16	340
Moyenne C94	33,8	27,3	34,9	16,0	13,4	15,7	16,5	11,3	28,0	4,4	37,8	15,0	38,2	
Moyenne C96 (cm)	35,7	17,0	43,1	17,9	16,0	15,2	25,5	12,6	32,0	9,0	46,6	16,7	47,1	
Moyenne C98 (cm)	37,2		46,6	19,7	18,3	14,6	36,3	12,9	37,9	6,4	54,1	18,0	54,3	
Moyenne C99 (cm)	39,6		46,0	17,5	19,5	15,2	37,0	13,5	34,1	8,0	55,7	18,4	54,0	
Moyenne g94 (cm2)	99,2	70,2	105,8	26,6	20,3	22,1	70,8	11,5	69,7	1,9	121,1	21,4	126,1	
Moyenne g96(cm2)	116,0	23,0	164,3	30,4	29,4	20,2	127,7	13,9	92,8	6,4	186,3	26,1	192,6	
Moyenne g98(cm2)	128,4		198,9	34,5	38,3	18,8	242,0	15,5	166,0	4,9	257,5	29,9	270,1	
Moyenne g99(cm2)	149,9		192,5	30,7	41,7	20,5	252,2	16,7	107,6	5,9	276,2	31,3	270,4	
Cg 94 (cm)	35,3	29,7	36,5	18,3	16,0	16,7	29,8	12,0	29,6	4,9	39,0	16,4	39,8	
Cg 96 (cm)	38,2	17,0	45,4	19,6	19,2	15,9	40,1	13,2	34,2	9,0	48,4	18,1	49,2	
Cg 98 (cm)	40,2		50,0	20,8	21,9	15,4	55,2	14,0	45,7	7,9	56,9	19,4	58,3	
Cg 99 (cm)	43,4		49,2	19,6	22,9	16,1	56,3	14,5	36,8	8,6	58,9	19,8	58,3	
Total Somme g94 (cm2)	1487	140	2962	319	203	221	495	139	1533	4	22766	363	2017	32649
Total Somme g96(cm2)	1740	23	4602	365	294	222	511	153	2042	6	35029	443	2889	48318
Total Somme g98(cm2)	2055		5571	379	383	188	726	186	3652	10	47379	509	4322	65359
Total Somme g99(cm2)	2548		5969	368	417	226	757	217	2368	18	51095	532	4327	68842
G 94 (m²/ha)	0,194	0,018	0,386	0,041	0,026	0,029	0,064	0,018	0,200	0,001	2,964	0,047	0,263	4,251
G 96 (m²/ha)	0,227	0,003	0,599	0,048	0,038	0,029	0,067	0,020	0,266	0,001	4,561	0,058	0,376	6,292
G 98 (m²/ha)	0,268	0,000	0,725	0,049	0,050	0,024	0,095	0,024	0,475	0,001	6,169	0,066	0,563	8,510
G 99 (m²/ha)	0,332	0,000	0,777	0,048	0,054	0,029	0,099	0,028	0,308	0,002	6,653	0,069	0,563	8,964

**Parcelle 888 : plantation en mélange
moyennes générales**

	Indéterm.	Acajou	Bilinga	Dibetou	Dibétou	Douka	Doussié	Iroko	Moabi	Movingul	Niovè	Okoumé	Oveng-kol	Tail	TOTAL
Surface de la parcelle plantée (ha)	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336	17,4336
N arbres p ^l antés dans la parcelle	?	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454	5448	454	454	10896
Densité (n/ha) à la plantation		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	313	26	26	625
Densité 96	15,6	23,4	49,5	1,3	2,6	1,3	13,0	6,5	18,2	13,0	6,5	222,7	22,1	15,6	395,8
Densité 98	1,3	20,8	52,1	1,3	2,6	1,3	13,0	6,5	18,2	13,0	9,1	217,5	22,1	15,6	393,2
Densité 99	2,6	22,1	53,4	1,3	2,6	1,3	13,0	3,9	18,2	14,3	9,1	216,1	22,1	15,6	393,2
Taux de survie 96		90,1	190,3	5,0	10,0	5,0	50,1	25,0	70,1	50,1	25,0	856,4	85,1	60,1	
Taux de survie 98		80,1	200,3	5,0	10,0	5,0	50,1	25,0	70,1	50,1	35,1	836,3	85,1	60,1	
Taux de survie 99		85,1	205,3	5,0	10,0	5,0	50,1	15,0	70,1	55,1	35,1	831,3	85,1	60,1	
Total NB 96	12	18	38	1	2	1	10	5	14	10	5	171	17	12	316
Total NB 98	1	16	40	1	2	1	10	5	14	10	7	167	17	12	303
Total NB 99	2	17	41	1	2	1	10	3	14	11	7	166	17	12	304
Moyenne C96(cm)	24,9	31,9	45,0	2,0	15,0	10,0	15,7	15,0	11,4	22,2	7,4	38,8	15,5	39,1	
Moyenne C98(cm)	57,0	35,4	48,6	22,0	15,0	12,0	15,7	14,0	12,0	25,4	8,9	45,2	16,4	45,9	
Moyenne C99(cm)	39,5	35,3	48,9	21,0	16,0	14,0	16,3	18,2	13,0	23,9	9,2	45,5	17,1	55,5	
Moyenne g96 (cm2)	61,0	88,9	177,2	0,3	23,0	8,0	21,3	28,5	11,5	57,2	4,7	133,6	20,6	146,3	
Moyenne g98 (cm2)	258,5	105,4	208,8	38,5	24,4	11,5	21,4	29,3	13,0	68,4	7,1	186,5	22,7	208,0	
Moyenne g99 (cm2)	168,1	105,3	215,6	35,1	26,8	15,6	22,7	44,7	14,9	63,3	7,7	186,1	24,9	291,7	
Cg 96	26,5	33,4	47,2	2,0	17,0	10,0	16,4	18,9	12,0	26,3	7,7	41,0	16,1	42,9	
Cg 98	57,0	36,4	51,2	22,0	17,5	12,0	16,4	19,2	12,8	28,6	9,5	48,4	16,9	51,1	
Cg 99	46,0	36,4	52,0	21,0	18,4	14,0	16,9	23,7	13,7	27,6	9,9	48,4	17,7	60,5	
Total Somme g96 (cm2)	669	1600	6732	0	46	8	213	143	161	550	23	22840	350	1756	34423
Total Somme g98 (cm2)	259	1687	8350	39	49	11	214	147	183	651	50	31138	386	2496	45399
Total Somme g99 (cm2)	336	1791	8838	35	54	16	227	134	209	668	54	30894	424	3501	46844
G 96 (m ² /ha)	0,087	0,208	0,877	0,000	0,006	0,001	0,028	0,019	0,021	0,072	0,003	2,974	0,046	0,229	4,482
G 98 (m ² /ha)	0,034	0,220	1,087	0,005	0,006	0,001	0,028	0,019	0,024	0,085	0,006	4,054	0,050	0,325	5,911
G 99 (m ² /ha)	0,044	0,233	1,151	0,005	0,007	0,002	0,030	0,017	0,027	0,087	0,007	4,023	0,055	0,456	6,100

**Parcelle 894 : plantation en mélange
moyennes générales**

Données	Acajou	Alelé	Dibétou	Kéva	Kevazingo	Moabl	Okoumé	Onzabille	Oveng-Kol	Ozigo	Padouk	Tall	Tlama	TOTAUX
Surface parcelle plantée (ha)	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	20,726	
N arbres plantés dans la parcelle	475		620	2225	2225	880	2593	550	95	1125		1010	790	
Densité/ha à la plantation	22,92	0,00	29,91	107,35	107,35	42,46	125,11	26,54	4,58	54,28	0,00	48,73	38,12	
Densité 92	31,7	2,0	37,7	29,8	2,0	39,7	75,4	2,0	41,7	17,9	2,0	37,7	29,8	349
Densité 94	31,7	2,0	39,7	23,8	2,0	43,6	75,4	0,0	39,7	17,9	2,0	33,7	29,8	341
Densité 98	31,7	2,0	37,7	17,9	2,0	35,7	69,4	0,0	35,7	15,9	4,0	27,8	27,8	308
Densité 99	31,7	2,0	39,7	17,9	2,0	35,7	73,4	0,0	37,7	15,9	4,0	37,7	29,8	327
Taux de survie 92	138,5		126,0	27,7	1,8	93,5	60,3	7,5	909,7	32,9		77,4	78,1	55,9
Taux de survie 94	138,5		132,7	22,2	1,8	102,8	60,3	0,0	866,4	32,9		69,2	78,1	54,6
Taux de survie 98	138,5		126,0	16,6	1,8	84,1	55,5	0,0	779,7	29,2		57,0	72,9	49,2
Taux de survie 99	138,5		132,7	16,6	1,8	84,1	58,7	0,0	823,1	29,2		77,4	78,1	52,4
Total NB C92	16	1	19	15	1	20	38	1	21	9	1	19	15	176
Total NB C94	16	1	20	12	1	22	38		20	9	1	17	15	172
Total NB C98(cm)	16	1	19	9	1	18	35		18	8	2	14	14	155
Total NB C99(cm)	16	1	20	9	1	18	37		19	8	2	19	15	165
Moyenne C92_2	15,3	9,7	15,7	5,5	3,8	9,3	15,9	3,8	8,9	10,4	6,3	9,5	14,7	
Moyenne C94_2	22,6	15,1	25,9	10,3	8,2	14,8	33,2		16,1	18,2	11,0	18,7	22,1	
Moyenne C98(cm)2	27,3	19,0	37,8	9,6	9,0	18,7	52,3		20,7	26,3	8,5	29,2	27,0	
Moyenne C99(cm)2	25,0	18,0	37,9	8,8	9,0	20,0	57,0		19,3	27,1	8,0	28,0	25,2	
Moyenne g92 (cm2)	20,69	7,55	20,20	2,77	1,13	8,57	21,26	1,13	7,54	9,39	3,14	8,26	19,78	
Moyenne g94 (cm2)	44,99	18,10	56,33	9,18	5,31	18,53	91,63		22,37	27,78	9,62	31,33	42,58	
Moyenne g98 (cm2)	67,09	28,73	121,36	7,96	6,45	51,00	235,24		38,41	57,32	6,72	89,80	104,69	
Moyenne g99 (cm2)	52,89	25,78	132,00	6,62	6,45	35,13	279,08		36,74	61,48	5,81	88,56	57,23	
Cg 92	16,1	9,7	15,9	5,9	3,8	10,4	16,3	3,8	9,7	10,9	6,3	10,2	15,8	
Cg 94	23,8	15,1	26,6	10,7	8,2	15,3	33,9	0,0	16,8	18,7	11,0	19,8	23,1	
Cg 98	29,0	19,0	39,1	10,0	9,0	25,3	54,4	0,0	22,0	26,8	9,2	33,6	36,3	
Cg 99	25,8	18,0	40,7	9,1	9,0	21,0	59,2	0,0	21,5	27,8	8,5	33,4	26,8	
Total somme g92 (cm ²)	331,0	7,5	383,8	41,6	1,1	171,5	807,9	1,1	158,4	84,5	3,1	157,0	296,6	
Total Somme g94 (cm ²)3	719,8	18,1	1126,6	110,1	5,3	407,6	3482,1		447,5	250,0	9,6	532,6	638,7	
Total Somme g98 (cm ²)3	1073,4	28,7	2305,8	71,6	6,4	917,9	8233,2		691,4	458,5	13,4	1257,2	1465,7	
Total Somme g99 (cm ²)2	846,3	25,8	2640,0	59,5	6,4	632,3	10326,0		698,0	491,8	11,6	1682,7	858,4	
G92 (m ² /ha)	0,066	0,001	0,076	0,008	0,000	0,034	0,160	0,0002	0,031	0,017	0,001	0,031	0,059	0,485
G94 (m ² /ha)	0,143	0,004	0,224	0,022	0,001	0,081	0,691	0,000	0,089	0,050	0,002	0,106	0,127	1,537
G98 (m ² /ha)	0,213	0,006	0,457	0,014	0,001	0,182	1,633	0,000	0,137	0,091	0,003	0,249	0,291	3,278
G99 (m ² /ha)	0,168	0,005	0,524	0,012	0,001	0,125	2,049	0,000	0,138	0,098	0,002	0,334	0,170	3,627

**Parcelle 895 : plantations en mélange
moyennes générales**

	Bahia	Bilinga	Douka	Irôko	Kévazingo	Movengui	Okoumé	Ozigo	Padouk	Tiama	TOTAUX
Surface parcelle (Ha)	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	28,544	
N planté/parcelle	892	0	1784	892	1298	486	7136	1784	2676	892	
Densité 92	30,0	0,0	37,9	6,3	30,0	9,5	194,1	44,2	75,8	26,8	454,6
Densité 94	28,4	0,0	39,5	4,7	28,4	9,5	189,4	44,2	75,8	26,8	446,7
Densité 98	15,8	1,6	39,5	3,2	28,4	7,9	175,2	36,3	72,6	23,7	404,0
Densité 99	15,8	1,6	39,5	1,6	28,4	7,9	175,2	37,9	72,6	26,8	407,2
Total NB C92	19		24	4	19	6	122	28	48	17	287
Total NB C94	18		25	3	18	6	119	28	48	17	282
Total NB C98(cm)	10	1	25	2	18	5	110	23	46	15	255
Total NB C99(cm)	10	1	25	1	18	5	110	24	46	17	257
Taux de survie 92	96,0		60,6	20,2	66,0	55,6	77,7	70,7	51,2	54,4	72,7
Taux de survie 94	90,9		63,1	15,2	62,5	55,6	75,8	70,7	51,2	54,4	71,5
Taux de survie 98	50,5		63,1	10,1	62,5	46,3	70,1	58,1	49,1	48,0	64,6
Taux de survie 99	50,5		63,1	5,1	62,5	46,3	70,1	60,6	49,1	54,4	65,2
Moyenne C 92 (cm)	12,3		6,2	6,0	6,6	8,1	17,3	7,6	17,9	10,7	
Moyenne C 94 (cm)	15,9		12,4	11,9	11,0	15,4	32,7	13,7	25,9	17,5	
Moyenne C 98 (cm)	21,0	27,0	20,0	29,5	16,2	14,4	44,5	21,4	26,2	21,3	
Moyenne C 99 (cm)	16,9	27,0	19,9	24,5	10,7	14,9	46,9	18,0	27,0	20,8	
Moyenne g 92 (cm ²)	14,5		3,4	3,7	4,2	6,7	26,1	5,7	28,0	10,7	
Moyenne g 94 (cm ²)	22,8		13,1	13,4	10,2	22,0	89,6	16,6	58,2	27,4	
Moyenne g 98 (cm ²)	42,1	58,0	36,9	71,7	29,9	18,8	174,9	43,5	61,1	42,8	
Moyenne g 99 (cm ²)	26,4	58,0	34,5	47,8	9,8	20,2	196,0	27,7	64,1	40,6	
Cg 92 (cm)	13,5	0,0	6,6	6,8	7,3	9,2	18,1	8,5	18,8	11,6	
Cg 94 (cm)	16,9	0,0	12,8	13,0	11,3	16,6	33,6	14,4	27,0	18,5	
Cg 98 (cm)	23,0	27,0	21,5	30,0	19,4	15,4	46,9	23,4	27,7	23,2	
Cg 99 (cm)	18,2	27,0	20,8	24,5	11,1	15,9	49,6	18,6	28,4	22,6	
Somme g 92 (cm ²)	275,2		82,2	14,8	80,5	40,4	3182,5	160,8	1343,1	181,5	5361,1
Somme g 94 (cm ²)	410,6		327,4	40,3	183,7	131,9	10662,7	463,6	2794,6	465,4	15480,3
Somme g 98 (cm ²)	420,9	58,0	922,1	143,3	538,1	94,2	19242,6	1000,7	2809,0	642,0	25870,9
Somme g 99 (cm ²)	264,1	58,0	862,5	47,8	178,2	101,2	21557,5	664,2	2949,4	689,7	27370,5
G (m ² /ha) 92	0,043	0,000	0,013	0,002	0,013	0,006	0,502	0,025	0,212	0,029	0,846
G (m ² /ha) 94	0,065	0,000	0,052	0,006	0,029	0,021	1,683	0,073	0,441	0,073	2,443
G (m ² /ha) 98	0,066	0,009	0,146	0,023	0,085	0,015	3,037	0,158	0,443	0,101	4,083
G (m ² /ha) 99	0,042	0,009	0,136	0,008	0,028	0,016	3,402	0,105	0,466	0,109	4,320

Plantations en mélange - Etat des peuplements

Parcelle 880

Parcelle 888

Classement de forme des différentes espèces (en %)

	très droit	bosselés	Sinueux	Malformés
Acajou			70,6	29,4
Afo				
Bilinga		6,5	77,4	16,1
Dibetou		16,7	58,3	25,0
Douka		18,2	63,6	18,2
Doussié		9,1	18,2	72,7
Iroko			33,3	66,7
Moabi		23,1	53,8	23,1
Movingui			63,6	36,4
Nlové			66,7	33,3
Okoumé		7,1	63,6	29,3
Oveng-kol			72,2	27,8
Tali			68,8	31,3

Classement de forme des différentes espèces (en %)

	très droit	bosselés	Sinueux	Malformés
Acajou		-	17,6	82,4
Bilinga		-	36,6	63,4
Dibetou		-	-	100,0
Dibétou		-	-	100,0
Douka		-	100,0	-
Doussié		-	40,0	60,0
Iroko		-	33,3	66,7
Moabi		-	57,1	42,9
Movingui		-	10,0	90,0
Nlové		-	28,6	71,4
Okoumé		0,6	17,5	81,9
Oveng-kol		-	70,6	29,4
Tali		-	-	100,0

Nombre de fourches par tige (en %)

	0 fourche	1 fourche	2 fourches
Acajou	47,1	41,2	11,8
Afo			
Bilinga	86,7	13,3	
Dibetou	50,0	41,7	8,3
Douka	90,0	10,0	
Doussié	54,5	45,5	
Iroko	66,7	33,3	
Moabi	100,0		
Movingui	57,1	38,1	4,8
Nlové	66,7	33,3	
Okoumé	76,0	23,0	1,1
Oveng-kol	77,8	22,2	
Tali	12,5	68,8	18,8

Nombre de fourches par tige (en %)

	0 fourches	1 fourche	3 fourches	3 fourches	4 ou plus
Acajou	76,5	23,5	-	-	-
Bilinga	70,0	27,5	2,5	-	-
Dibetou	100,0	-	-	-	-
Dibétou	100,0	-	-	-	-
Douka	100,0	-	-	-	-
Doussié	90,0	10,0	-	-	-
Iroko	100,0	-	-	-	-
Moabi	100,0	-	-	-	-
Movingui	80,0	20,0	-	-	-
Nlové	85,7	14,3	-	-	-
Okoumé	49,1	45,5	3,6	1,2	0,6
Oveng-kol	100,0	-	-	-	-
Tali	75,0	25,0	-	-	-

Etat sanitaire (en %)

	sains	chancre (traces)	chancre (moyen)	Borer	Autres maladies
Acajou	94,1				5,9
Afo					
Bilinga	93,5			6,5	
Dibetou	100,0				
Douka	100,0				
Doussié	100,0				
Iroko	100,0				
Moabi	100,0				
Movingui	95,5				4,5
Nlové	100,0				
Okoumé	97,8	1,1	1,1		
Oveng-kol	100,0				
Tali	93,8				6,3

Etat sanitaire (en %)

	sains	chancre 0 - 10 %	chancre 10 - 50 %	Chancre > 50 %	Borer	Autres maladies
Acajou	58,8	-	-	-	41,2	-
Bilinga	82,9	-	2,4	-	4,9	9,8
Dibetou	100,0	-	-	-	-	-
Dibétou	100,0	-	-	-	-	-
Douka	100,0	-	-	-	-	-
Doussié	100,0	-	-	-	-	-
Iroko	100,0	-	-	-	-	-
Moabi	100,0	-	-	-	-	-
Movingui	100,0	-	-	-	-	-
Nlové	100,0	-	-	-	-	-
Okoumé	100,0	-	-	-	-	-
Oveng-kol	54,8	23,5	9,6	7,8	1,2	3,0
Tali	100,0	-	-	-	-	-

Plantations en mélange - Etat des peuplements

Parcelle 894

Classement de forme des différentes espèces (en %)

	très droit	bosselés	Sinueux	Malformés
Acajou			31,3	68,8
Aielé			100,0	-
Dibétou			20,0	80,0
Kéva			-	100,0
Kévazingo			-	100,0
Moabi			44,4	55,6
Okoumé			37,8	62,2
Onzambili				
Oveng-Kol			31,6	68,4
Ozigo			25,0	75,0
Padouk			-	100,0
Tali			10,5	89,5
Tiama			31,3	62,5

Nombre de fourches par tige (en %)

	0 fourches	1 fourche
Acajou	87,5	12,5
Aielé	100,0	-
Dibétou	73,7	26,3
Kéva	66,7	33,3
Kévazingo	100,0	-
Moabi	100,0	-
Okoumé	97,3	2,7
Onzambili		
Oveng-Kol	100,0	-
Ozigo	87,5	12,5
Padouk	100,0	-
Tali	94,7	5,3
Tiama	92,9	7,1

Etat sanitaire (en %)

	sains	Chancre > 50 %	Borer	Autres maladies
Acajou	100,0	-	-	-
Aielé	100,0	-	-	-
Dibétou	95,0	5,0	-	-
Kéva	100,0	-	-	-
Kévazingo	100,0	-	-	-
Moabi	100,0	-	-	-
Okoumé	91,9	-	5,4	2,7
Onzambili				
Oveng-Kol	100,0	-	-	-
Ozigo	100,0	-	-	-
Padouk	100,0	-	-	-
Tali	100,0	-	-	-
Tiama	100,0	-	-	-

Parcelle 895

Classement de forme des différentes espèces (en %)

	très droit	bosselés	Sinueux	Malformés
Bahia		-	81,8	18,2
Bilinga		-	-	100,0
Douka		28,0	52,0	20,0
Iroko		-	-	100,0
Kévazingo		-	27,8	72,2
Movengui		-	40,0	60,0
Okoumé		5,5	49,1	45,5
Ozigo		4,2	41,7	54,2
Padouk		-	51,1	48,9
Tiama		-	47,1	52,9

Nombre de fourches par tige (en %)

	0 fourches	1 fourche	2 fourches	3 fourches
Bahia	100,0	-	-	-
Bilinga	100,0	-	-	-
Douka	91,7	8,3	-	-
Iroko	-	100,0	-	-
Kévazingo	27,8	61,1	11,1	-
Movengui	60,0	40,0	-	-
Okoumé	44,0	38,5	16,5	0,9
Ozigo	73,9	26,1	-	-
Padouk	60,9	34,8	4,3	-
Tiama	82,4	17,6	-	-

	sains	chancre 0 - 10 %	Chancre > 50 %	Autres maladies
Bahia	100,0	-	-	-
Bilinga	100,0	-	-	-
Douka	100,0	-	-	-
Iroko	100,0	-	-	-
Kévazingo	94,4	-	5,6	-
Movengui	100,0	-	-	-
Okoumé	95,4	3,7	0,9	-
Ozigo	100,0	-	-	-
Padouk	95,7	-	-	4,3
Tiama	88,2	-	-	11,8

ARBORETUM DE SIBANG

Présentation de l'arboretum

L'arboretum de Sibang est situé au Sud de Libreville (Gabon), proche du PK 8 de la route nationale n° 1.

Le climat équatorial de transition est caractérisé par de fortes précipitations, de l'ordre de 3000 mm/an avec une grande saison sèche marquée de juillet à mi-septembre et une petite saison sèche, peu marquée, en janvier et février.

Les sols sont limono-argilo-sableux développés sur une roche mère calcaire.

La végétation initiale était constituée de formations végétales secondaires diverses développées sur d'anciens terrains de cultures abandonnés.

La station, qui couvre 16 ha, a été créée en 1931. Initialement, c'était la pépinière du service de recherche forestière. Elle a été élevée au rang d'arboretum par décision 315 du 31 mars 1934 par B. Rimbaud, administrateur des Colonies.

Les premières plantations datent de 1932 et les dernières de 1951.

L'arboretum a été correctement suivi jusqu'en 1953 avec néanmoins une période d'abandon partiel pendant la seconde guerre mondiale. Depuis le milieu des années 50, aucune intervention sylvicole ne semble avoir eu lieu, sauf l'entretien des pistes et layons et une éclaircie dans les parcelles d'Okoumés de 1932, réalisée en 1957.

Actuellement entouré par la ville qui s'agrandit, l'arboretum est soumis à quelques exploitations illicites de bois de petits diamètres. De nombreuses espèces médicinales, tant herbacées que ligneuses, sont exploitées par les populations du voisinage.

L'arboretum est divisé en parcelles de 50 x 50 m par des pistes de 4 m de large. Certaines de ces parcelles sont elles-même divisées en 4 en fonction des disponibilités en plants au moment de la plantation.

Etude de l'arboretum

Ntchandi-Otimbo en 1999, a mesuré 10 parcelles de l'arboretum dans le cadre de son mémoire de fin d'études ITEF (Ingénieur des techniques des eaux et forêts). Les résultats qu'il a obtenu sont synthétisés ci-après.

Tableau 1 : Circonférence à 1,30 m et accroissement annuel moyen en circonférence de 10 essences plantées à Sibang

Espèce	Nom vernaculaire	âge (années)	Nombre d'arbres mesurés	Circonférence	
				Moyenne (cm)	AAM (cm /an)
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	64	34	159,7	2,50
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Moabi	67	30	65,2	0,97
<i>Calpocalyx heitzii</i> Pellegr.	Miama	67	30	101,0	1,51
<i>Entandophragma angolense</i> C.DC	Tiama	63	20	67,4	1,07
<i>Entandophragma utile</i> Sprague	Sipo	60	31	135,2	2,25
<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.f	Azobe	64	10	107,3	1,68
<i>Nauclea diderrichii</i> Merril	Bilinga	64	30	126,1	1,97
<i>Staudtia stipitata</i> Warb.	Niové	66	32	57,8	0,88
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Limba	50	16	173,9	3,48
<i>Thiagemella africana</i> Pierre	Douka	66	32	78,9	1,20

Tableau 2 : hauteur de fût et cotation de forme

Espèce	Nom vernaculaire	âge (années)	Hauteur de fût (m)	Cotation de forme (%)			
				1	2	3	Total
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	64	19,3	23,5	50,0	26,5	100,0
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Moabi	67	15,0	23,3	36,7	40,0	100,0
<i>Calpocalyx heitzii</i>	Miama	67	15,8	10,0	60,0	30,0	100,0
<i>Entandophragma angolense</i> CDC	Tiama	63	10,9	10,0	25,0	65,0	100,0
<i>Entandophragma utile</i>	Sipo	60	19,8	38,7	45,2	16,1	100,0
<i>Lophira alata</i>	Azobe	64	14,7	0,0	70,0	30,0	100,0
<i>Nauclea diderrichii</i> Merril	Bilinga	64	23,0	46,7	36,7	16,7	100,0
<i>Staudtia stipitata</i>	Niové	66	15,5	18,8	59,4	21,9	100,0
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Limba	50	21,9	62,5	12,5	25,0	100,0
<i>Thiagemella africana</i> Pierre	Douka	66	17,0	22,9	45,7	31,4	100,0

La cotation de forme utilisée est la suivante :

- ▶ 1 : fût très droit, vertical et cylindrique
- ▶ 2 : fût présentant une fourche ou légèrement ondulé
- ▶ 3 : fût avec de fortes ondulations et fourchu

Nous disposons de peu d'autres informations concernant la croissance des arbres dans l'arboretum si ce n'est les mesures de la parcelle C'3 (Catinot, 1962)

Tableau 3 : Croissance de la parcelle d'Okoumé C'3 plantée en octobre 1935

Age	Surface terrière (m ² /ha)	AAM _G (m ² /ha-an)	Volume (m ³ /ha)	AAM _V (m ³ /ha-an)
11	17,6	1,6	210	19,1
18	32,0	1,8	340	18,9
25	40,0	1,6	470	18,8

Le tableau 4 a été établi à partir de calculs réalisés sur des données recueillies par M. Ntchandi-Otimbo.

Les tarifs de cubages utilisés dans les inventaires forestiers (FAO, CTFT) sont des tarifs à une seule entrée qui sont par nature trop imprécis pour l'étude de petites parcelles comportant un nombre limité d'arbres.

Faute de tarifs, 3 hypothèses ont été retenues pour le calcul des volumes grumes :

- la première, la plus optimiste considère une décroissance de la circonférence de 1 cm par mètre. Par exemple, pour un arbre de 100 cm de circonférence à 1,30 m, la circonférence à 11,30m sera de 90 cm.
- la seconde considère une décroissance de 2 cm par mètre
- la troisième de 3 cm par mètre.

Quelle hypothèse est la meilleure ? Une série de mesure du diamètre à différentes hauteurs à l'aide du Pentaprisme de Wheeler serait nécessaire. A priori, la décroissance semble faible pour l'ensemble des espèces (voir planches photographiques) et l'hypothèse 2 semble réaliste. Toutefois, les volumes grumes sur écorce ont été calculés dans le cas des 3 hypothèses retenues.

Les volumes ont été calculés par la formule du tronc de cône :

$$V = H * (C1*C1 + C1*C2 + C2*C2)/(12*Pi)$$

dans laquelle C1 est la circonférence à 1,30m du sol, C2 la circonférence estimée à l'extrémité de la grume et H la hauteur de fût élaguée. En prenant C1 comme circonférence à la base on sous-estime légèrement le volume, ce qui est une précaution supplémentaire pour éviter une sur-estimation de la production.

Les deux dernières lignes du tableau comparent le volume du plus gros arbre de la parcelle à celui de l'arbre moyen. La différence donne une idée sommaire du gain individuel que l'on aurait pu obtenir si on avait appliqué un régime sylvicole adéquat aux différentes essences.

Tableau 4 : Caractéristiques dendrométriques de 10 essences de l'arboretum de Sibang et estimation de la production en volume

	Okoumé	Tiama	Moabi	Douka	Bilinga	Niové	Azobé	Miama	Limba	Sipo
nombre d'arbres mesurés	34	20	30	35	30	32	10	30	16	31
Cm (cm)	159.7	67.4	65.2	78.9	126.1	67.8	107.3	101.0	173.9	135.2
Cg (cm)	166.7	77.6	73.3	86.2	132.9	73.7	115.8	112.7	187.3	142.4
G (m ² /parcelle)	7.52	0.96	1.28	2.07	4.22	1.38	1.07	3.03	4.47	5.00
H fût	19.3	10.9	15.0	17.0	23.0	15.5	14.7	15.8	21.9	19.8
V fût H1 (m3)	135.7	13.4	18.2	34.5	88.3	21.8	15.3	49.3	94.6	90.7
V fût H2 (m3)	119.9	11.5	14.9	27.9	73.1	17.1	13.4	42.5	83.8	78.3
V fût H3 (m3)	105.6	9.8	12.2	22.5	60.2	13.3	11.7	36.6	74.1	67.3
Surface Parcelle (ha)	0.2500	0.1250	0.0625	0.2500	0.1250	0.0625	0.0625	0.0625	0.2500	0.2000
S sans bordures (ha)	0.2304	0.1104	0.0529	0.2304	0.1104	0.0529	0.0529	0.0529	0.2304	0.1800
n/ha	148	181	567	152	272	605	189	567	69	172
Cm (cm) =	159.7	67.4	65.2	78.9	126.1	67.8	107.3	101.0	173.9	135.2
Cg (cm) =	166.7	77.6	73.3	86.2	132.9	73.7	115.8	112.7	187.3	142.4
G (m ² /ha)	32.6	8.7	24.2	9.0	38.2	26.1	20.2	57.3	19.4	27.8
H fût	19.3	10.9	15.0	17.0	23.0	15.5	14.7	15.8	21.9	19.8
V fût H1 (m3/ha)	589.0	121.2	344.8	149.9	800.0	412.1	288.5	931.2	410.4	503.9
V fût H2 (m3/ha)	520.2	103.7	281.5	121.1	662.0	323.1	252.4	803.2	363.9	434.7
V fût H3 (m3/ha)	458.4	88.5	231.0	97.7	544.9	252.0	220.4	691.1	321.7	373.9
Age	64	63	67	66	64	66	64	67	50	60
AAM Cg (cm/an)	2.6	1.2	1.1	1.3	2.1	1.1	1.8	1.7	3.7	2.4
AAM G (m ² /ha-an)	0.510	0.138	0.362	0.136	0.597	0.396	0.315	0.855	0.388	0.463
AAM V H1 (m3/ha-an)	9.20	1.92	5.15	2.27	12.50	6.24	4.51	13.90	8.21	8.40
AAM V H2 (m3/ha-an)	8.13	1.65	4.20	1.84	10.34	4.89	3.94	11.99	7.28	7.25
AAM V H3 (m3/ha-an)	7.16	1.40	3.45	1.48	8.51	3.82	3.44	10.32	6.43	6.23
AAM diamètre + gros arbre (cm)	1.60	0.91	0.94	0.86	0.93	0.63	0.87	0.98	1.76	1.19
AAM diamètre 2è gros arbre (cm)	1.28	0.80	0.59	0.72	0.92	0.62	0.81	0.97	1.71	1.11
AAM diamètre Cg (cm/an)	0.83	0.39	0.35	0.42	0.66	0.36	0.58	0.54	1.19	0.76
Calculés à partir de l'hypothèse 2										
Volume du plus gros arbre (m3)	17.18	4.47	4.57	4.20	5.53	2.31	3.93	5.94	11.45	7.50
Volume de l'arbre moyen (m3)	3.53	0.57	0.50	0.80	2.44	0.53	1.34	1.42	5.24	2.52

Analyse des résultats

Au niveau du peuplement, les accroissements annuels moyens en volume (selon l'hypothèse 3, la plus prudente) se classent comme suit en ordre décroissant :

Miama : *Calpocalyx heitzii* : environ 10 m³/ha/an

Bilinga : *Nauclea diderrichii* : 9 m³/ha/an

Okoumé : *Aucoumea klaineana* : 7 m³/ha/an

Limba : *Terminalia superba* : 6 m³/ha/an

Sipo : *Entandrophragma utile* : 6 m³/ha/an

Niové : *Staudtia kamerunensis* : 4 m³/ha/an

Moabi : *Baillonella toxisperma* : 4 m³/ha/an

Azobé : *Lophira alata* : 3,5 m³/ha/an

Douka : *Thieghemella africana* : 1,6 m³/ha/an

Tiama : *Entandrophragma angolense* : 1,5 m³/ha/an

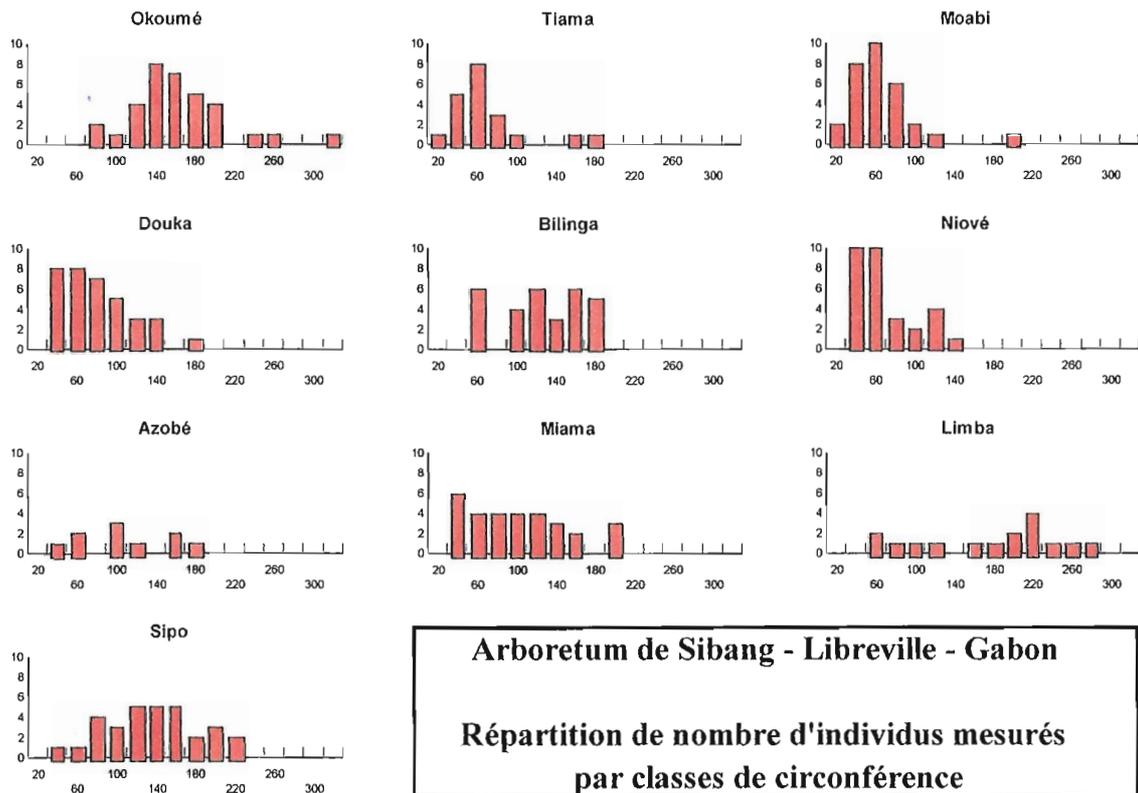
On remarquera toutefois que le Niové, qui a la croissance individuelle la plus faible, présente un accroissement global supérieur à d'autres essences en raison d'un meilleur taux de survie. Au contraire, le Limba qui a la meilleure croissance individuelle ne présente pas les meilleurs accroissements en volume à l'hectare du fait de la faible densité du peuplement (69 arbres/ha).

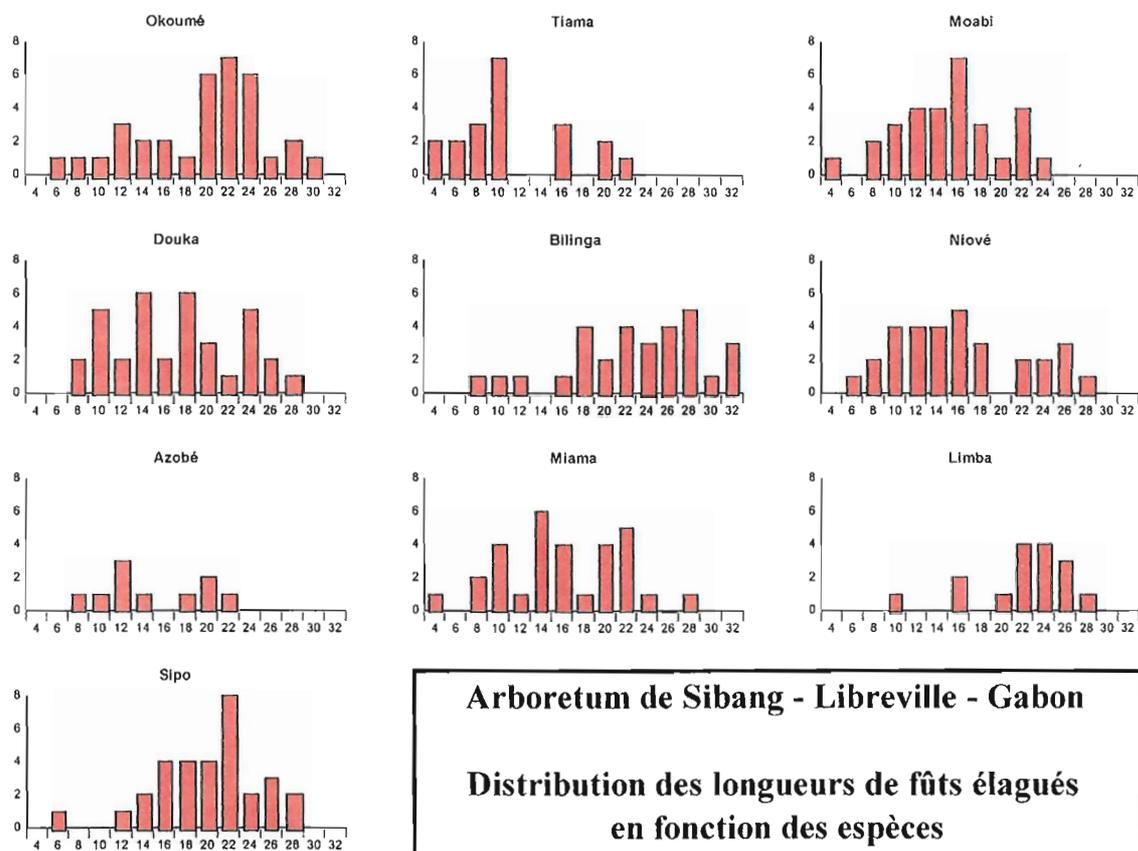
Les différences entre les accroissements annuels moyens en diamètre et surtout en volume, entre l'arbre moyen et le meilleur ou le second meilleur arbre de chaque plateau, montrent une grande variabilité de croissance. Avec une bonne sylviculture, il semble possible de concentrer l'accroissement sur un nombre limité d'individus et ainsi d'avancer l'âge d'exploitabilité. Le tableau ci-dessous donne l'âge d'exploitabilité calculé pour un accroissement moyen compris entre l'arbre moyen et celui du second meilleur arbre.

Espèces	Diamètre d'exploitabilité (cm)	AAM (cm/an)	Age estimé d'exploitabilité
<i>Aucoumea klaineana</i>	70	1,06	66
<i>Entandrophragma angolense</i>	40	0,60	67
<i>Baillonella toxisperma</i>	70	0,47	150
<i>Thieghemella africana</i>	40	0,57	70
<i>Nauclea diderrichii</i>	40	0,79	51
<i>Staudtia kamerunensis</i>	40	0,49	82
<i>Lophira alata</i>	70	0,69	100
<i>Calpocalyx heitzii</i>		0,75	
<i>Terminalia superba</i>	60	1,45	41
<i>Entandrophragma utile</i>	80	0,93	86

La révolution serait de 40 ans pour le Limba et de 150 ans pour le Moabi. Pour les autres essences, elle serait de l'ordre de 70 ans sauf pour le Bilinga pour qui elle serait de 50 ans.

Représentations graphiques de la répartition des circonférences et des longueurs de fût par essences





Documents faisant état de l'arboretum de Sibang

Anonyme. ????. Arboretum de Sibang, site scientifique international. CENAREST, Libreville, Gabon, 7p.

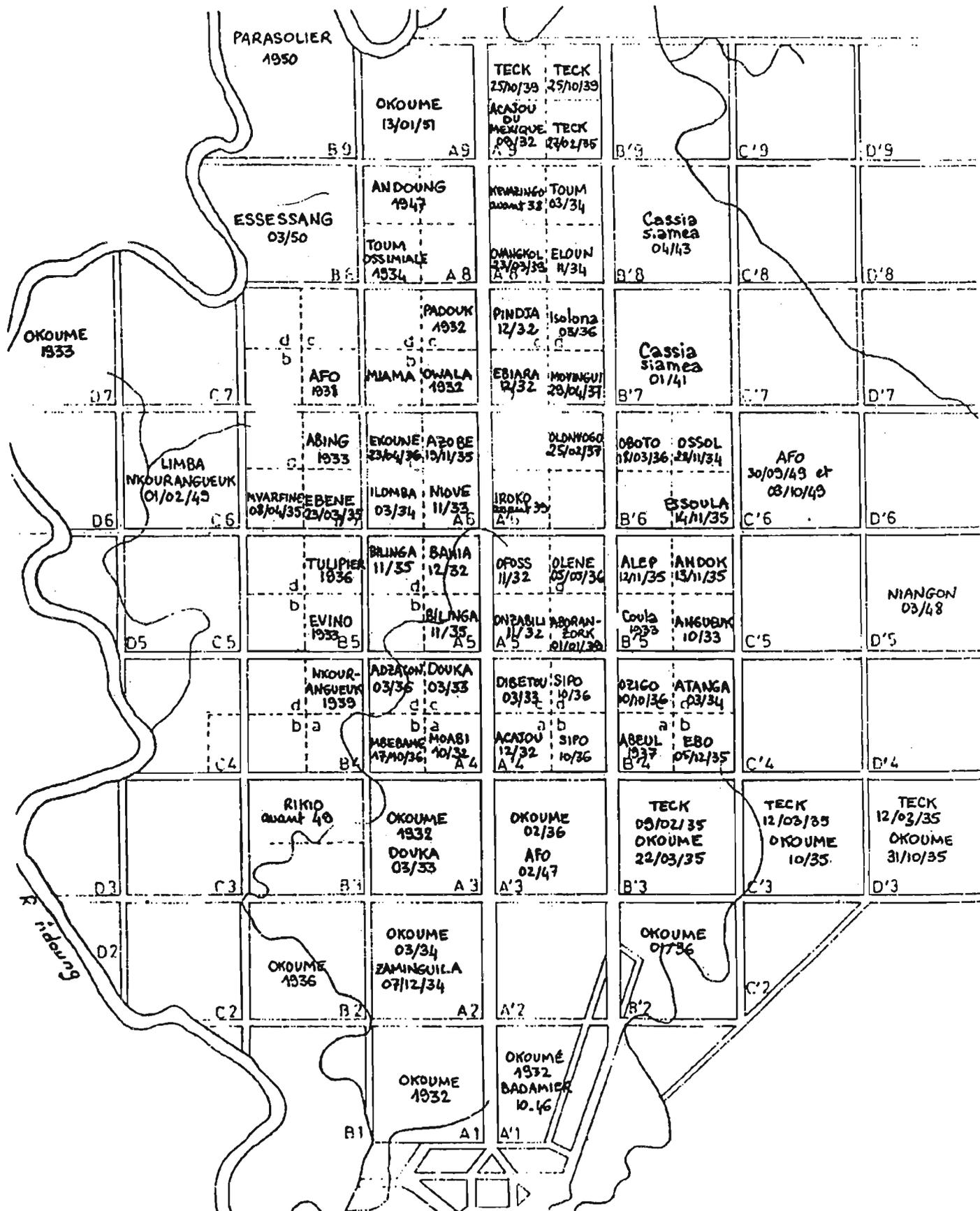
Catinot R. 1962. Note sur la croissance de l'Okoumé en plantation artificielle serrée. Ses possibilités en plantation à courte révolution. Bois et Forêt des Tropiques, 85, p13.

Ntchandi-Otimbo, P-A, 1999. Caractérisation des peuplements de quelques essences de bois d'oeuvre plantées dans l'arboretum de Sibang. Mémoire de fin de cycle, E.N.E.F. Libreville, Gabon. 38p + 4 annexes.

N'Zabi T. 1997. L'histoire de la forêt de Sibang. Mémoire de fin de cycle, E.N.E.F. Libreville, Gabon. 16p + annexe.

Arboretum de SIBANG (Libreville - Gabon)

Plan schématique



FICHES TECHNIQUES PAR ESPÈCES

La rédaction des fiches techniques a été confiée à un étudiant de l'école nationale des eaux et forêts (ENEF) dont ce sera le travail de fin d'étude. Si ce travail est mené à bien, ce jeune ingénieur aura acquis de très bonnes compétences en matière de reboisement.

Le premier jet des fiches techniques a été relu et annoté. Elles ont fait l'objet d'une séance de réflexion avec M. Koumba Zaou et de plusieurs séances de travail avec M. Christophe Igabouighi, étudiant de l'ENEF (école nationale des eaux et forêts) à qui les fiches annotées ont été remises.

M. Igabouighi réalise ces fiches techniques dans le cadre de son mémoire de fin d'études qui sera présenté mi-2000. Il est donc peu probable qu'une version finalisée des fiches puisse être rédigée d'ici la fin du Projet (31 décembre 1999) d'autant que la recherche bibliographique doit être approfondie, notamment sur les aspects techniques sylvicoles, courbes de croissance et tables de production existantes.

Une série de fiches techniques essentiellement botaniques et technologiques ont déjà été remises par M. Béhaghel. Une autre série, essentiellement technologiques (sciage, déroulage, tranchage, préservation et usinage - sans informations sur les panneaux de fibres et de particules ni sur les qualités papetières) viennent d'être remises sous forme de fichiers informatiques (elles sont jointes en annexe du présent chapitre). Les parties botaniques et technologiques sont ainsi fortement dégrossies.

Quelques suggestions ont été faites pour améliorer les fiches de M. Igabouighi

- conserver, autant que faire se peut, une homogénéité dans la présentation des paragraphes d'une fiche à l'autre
- constituer un dossier pour chaque espèce dans lequel seront regroupés l'ensemble des informations recueillies (si possible avec photocopies des documents originaux et notes manuscrites dans le cas de communications orales, par exemple dans le cas d'informations recueillies auprès de pépiniéristes ou de planteurs). Ces dossiers faciliteront la rédaction des fiches et resteront disponibles pour consultations ultérieures
- poursuivre la recherche bibliographique dans les bibliothèques de l'Iraf (Unité de sylviculture et amélioration génétique et "ex CTFT") et de l'ENEF

Recommandation :

Deux documents doivent être recherchés :

- ▶ Dans son mémoire “L’histoire de la forêt de Sibang”, N’Zabi (1997) fait état de l’existence du registre parcellaire de l’arboretum de Sibang dans lequel se retrouvent toutes les informations relatives à la création de l’arboretum : comportement en pépinière, croissance en plantation, etc. Ce registre serait dans les archives de l’Iraf.
- ▶ Ces informations se retrouvent peut-être dans le document de Girardin (1979) “Arboretum de Sibang”

- accentuer l’effort de recherche sur :
 - ▶ la phénologie des espèces (il est très important de connaître l’époque de fructification des différentes espèces)
 - ▶ la récolte, le conditionnement et la conservation des graines
 - ▶ le prétraitement éventuel des semences, notamment pour les espèces dont les graines sont reconnues comme devant effectuer un transit intestinal pour pouvoir germer
 - ▶ les techniques de pépinières
 - ▶ les techniques de plantation (pour ces deux derniers points, les fiches générales doivent contenir suffisamment de détails techniques pour servir de références aux agents de terrain)
 - ▶ les données concernant la croissance des espèces
 - ▶ la sylviculture : régime des éclaircies, tables de production
- ne pas limiter la recherche aux travaux effectués au Gabon mais voir aussi
 - ▶ Cote d’Ivoire
 - ▶ Cameroun
 - ▶ Centrafrique
 - ▶ Congo (les deux)
 - ▶ Ghana
 - ▶ Nigéria
- faire des photocopies de qualité des documents en noir et blanc (cartes, planches botaniques, dessins) qui seront éventuellement inclus dans les fiches
- scanner les photographies originales disponibles, noir et blanc et couleur à la résolution de 400 dpi

Dans les fiches, telles que rédigées actuellement :

- certains paragraphes sont répétitifs tel que les techniques de pépinières et les techniques de plantation

- rien ou presque n'est consacré à la récolte et à la conservation des semences.

Recommandations :

- ▶ Deux fiches générales doivent être établies concernant les thèmes suivants :
 - Techniques de pépinière : reprenant dans un maximum de 4 pages les techniques d'éducation des plants en pots ou en planches, le semis en germe avec repiquage, l'entretien de la pépinière, l'habillage des plants pour la plantation (rosettes et stumps avec ou sans pralinage des racines, plants en mottes ou en pots,...).
 - Techniques de plantation : rappelant succinctement les techniques de défrichage, de préparation du sol, le piquetage, les conditions de transport des plants depuis la pépinière, la plantation et les méthodes d'entretien. Un paragraphe pourra également traiter des modalités d'éclaircie.
- ▶ Il serait souhaitable d'établir une troisième fiche technique générale sur :
 - les techniques de récolte, de conditionnement et de conservation des semences ainsi que les prétraitements qui peuvent être appliqués dans le cas de semences à dormance prononcée (par exemple *Poga oleosa* : Afo).
- ▶ Dans les fiches techniques espèces ne seront ainsi indiqués que les précisions techniques relatives à l'espèce : par exemple la nécessité de conserver les graines d'Okoumé au froid avec un taux d'humidité de la graine inférieur à 7%.

Bien que de nombreux documents ont été rassemblés tant par l'Iraf que par le Cirad-forêt, la bibliographie réunie paraît insuffisante pour l'élaboration de fiches destinées à une diffusion internationale.

De plus, pour l'efficacité pratique de ces fiches, il paraît indispensable d'augmenter les informations sur les semences et sur les courbes de croissance et ébauches de tables de production (régimes d'éclaircie).

Recommandations

- ▶ Les recherches bibliographiques nécessaires demandent, pour être valorisées au mieux, à être réalisées par un sylviculteur expérimenté ayant une bonne connaissance du terrain et des espèces concernées.
- ▶ Du temps chercheur doit être consacré à cette recherche et à l'exploitation des documents. On pourrait envisager qu'un chercheur de l'Iraf se rende à Montpellier pour pouvoir accéder à la littérature grise du CTFT et du Cirad et aussi pour pouvoir consulter aisément les grandes banques de données bibliographiques. Les modalités de cette collaboration sont à définir.

Ce qui précède montre que l'objectif des fiches est d'être pratique et de qualité pour un rayonnement à l'extérieur des frontières du Gabon.

Cette recherche de qualité passe par la relecture des fiches par des spécialistes avant édition. L'édition doit également être la plus attrayante possible : iconographie (photos, dessins, planches, graphiques) de qualité, mise en page et édition soignée.

Recommandations :

- ▶ créer un comité de lecture constitué de forestiers et de technologues réputés
- ▶ faire éditer les fiches par des éditeurs spécialisés dans les domaines techniques de la foresterie, de la botanique et de la technologie : par exemple les éditions du Cirad puisque les fiches sont élaborées en collaboration.

Fourniture de documentation

Un certain nombre de documents ont été remis à l'Iraf. La liste en est jointe en annexe.

De plus, les fiches techniques concernant la technologie des bois des essences devant faire partie des fiches techniques, extraites du document :

Gérard J., Edi Kouassi A., Daigremont C., Détienne P., Fouquet D. & Vernay. M. 1998. Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains. CIRAD-Forêt, Montpellier, France. 188p.

ont été remises sous forme de fichiers informatiques stockés dans l'ordinateur d'Etienne Ossinga sous C:\données\Ekouk\Technologie. Elles sont aussi jointes en annexe.

Un exemplaire du document de Jean Roussel, 1995. Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. ISRA, Dakar, Sénégal, 435 p. a été remis pour servir à illustrer le contenu technique qu'il est souhaitable de donner aux fiches en matière de techniques de pépinières et de plantation.

Dans les pages ci-après sont réunies quelques informations sur la croissance de certaines essences. J'espère qu'elles seront utiles à l'élaboration des fiches.

ANNEXE 1

Notes de lecture sur la croissance des espèces testées dans les plantations d'Ekouk

Ces quelques notes sont destinées à apporter des informations sur la croissance des arbres pour enrichir les fiches techniques. En effet, au stade actuel de leur rédaction, elles ne contiennent que relativement peu d'informations sur ce sujet.

1. Extraits du document :

Pierre DETIENNE, Faustin OYONO, Luc DURRIEU de MADRON, Benoit. DEMARQUEZ, Robert NASI, 1998. L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. CIRAD-Forêt, Montpellier, 41p.

Possibilité d'étudier la croissance des arbres par analyse de cernes

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 inexistantes.

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.

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.

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 de 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 indécélable 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 (*Afzelia 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.

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.

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.

Résultats de mesures**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
Fraké/Limba (<i>Terminalia superba</i>)	9,4	2,3	23
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	5,1	0,9	11

Accroissements sur le diamètre pour, le Fraké par analyse de cernes au Cameroun (API Dimako)

Essence	Accroissement diamétrique en mm/an	Ecart type	Nombre d'arbres mesurés
Fraké/Limba (<i>Terminalia superba</i>)	11,2	6,4	11

Accroissements diamétriques moyens du Tali par analyse de cernes au projet Sangha Mbaéré, en Centrafrique

Essence	Accroissement diamétrique en mm/an	Ecart type	Nombre d'arbres mesurés
Tali (<i>Erythrophleum ivorense</i>)	7,0	1,3	8

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	Ecart type
Tali (<i>Erytrophleum ivorense</i>)	6,5	5,0
Dibétou (<i>Lovoa trichilioides</i>)	4,9	5,0

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
Acajou (<i>Khaya spp.</i>)	21	3,4	4,0
Tali (<i>Erytrophleum ivorense</i>)	16	4,5	4,1
Niové (<i>Staudtia kamerunensis</i>)	217	1,1	1,3

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.

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).

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):

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; Oyano, 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.

Accroissements en fonction du diamètre pour l'Okoumé poussant en peuplements purs

Age (ans)	Accroissements courants moyens (mm/an)										
	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 ci-dessus, 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.

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 :

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.

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

Classes de diamètre (cm)	Accroissements en mm/an					
	10-29	30-49	50-69	70-89	90-109	Sup. à 110
Essences						
Acajou	4,3	8,5	7,6	7,2	10,3	10,32
Iroko	3,3	3,7	4,9	5,9	5,9	5,9

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*).

Croissance de l'Okoumé au Gabon (d'après : Catinot 1962 *In* Leroy-Deval J. 1975. Les possibilités du traitement de l'Okoumé en taillis pour la production de bois papetier. 161, 23-34.)

Parcelle	Age (années)	11	12	18	25
Sibang (C3)	G (m ² /ha)	17,6		32,0	40,0
	V (m ³ /ha)	210		340	470
	AAC (m ³ /ha-an)	19		18	18
La Mondah (491)	G (m ² /ha)		20,0		
	V (m ³ /ha)		230		
	AAC (m ³ /ha-an)		19		

Note : peuplement de 500-600 tiges/ha

Pour une densité de 1400 tiges /ha Leroy-Deval indique une surface terrière de 30 m²/ha à 10 ans et une production de 250 m³/ha environ.

Evolution de la surface terrière d'un peuplement d'Okoumé de 500 tiges environ par ha (d'après Catinot, 1962)

	Age (années)								
	5	8	9	10	12	15	18	19	25
G (m ² /ha)	6	12	14	16	20	26	32	33	40
AAM (m ² /ha-an)	1,2	1,5	1,56	1,6	1,67	1,73	1,78	1,74	1,6

Okoumé : rejet de souche (d'après Leroy-Deval J. 1975. Les possibilités du traitement de l'Okoumé en taillis pour la production de bois papetier. 161, 23-34.)

Recépage d'arbres de 1-13 ans, d'un diamètre de 20-25 cm. Les souches font 30 ou 50 cm de haut. L'émission de rejets nécessite l'ensoleillement total de la souche. Il faut donc une exploitation à blanc étoc et éliminer le recru d'essences pionnières qui pourrait les ombrager et empêcher l'émission des rejets. La période de recépage n'a que peu d'importance, les rejets apparaissent rapidement en saison des pluies et au retour des pluies si l'exploitation a lieu en saison sèche. Cependant, les périodes d'exploitation optimales pour des souches de 50 cm de haut sont mai à juillet et janvier - février.

Croissance de rejets d'Okoumé (voir Leroy-Deval, 1975 p 30)

ANNEXE 2

Documentation remise à l'Iraf
pour la réalisation des fiches

- 15 fiches techniques (4 à 13 pages chacune) présentant les caractéristiques botaniques, technologiques et xylologiques
- Ashiru-MO; Momodu-B Control of *Eulophonotus obesus* K. (Lepidoptera: Cossidae): a bole borer of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Malaysian-Forester. 1986, publ. 1988, 49: 1-2, 198-204
- Aweto-AO . 1990, Plantation forestry and forest conservation in Nigeria. *Environmentalist* 10: 2, 127-134
- Bedel F. , Durrieu de Madron L. , Dupuy B. , Favrichon V. , Maître H.F., Bar-Hen A. & Narbonni Ph. 1998. Dynamique de croissance dans les peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Dispositif de M'Baiki en République Centrafricaine (1982-1995)., 72 pp. Document FORAFRI n° 1. 78p.
- Behaghel I. 1995. Synthèse des essais provenances *Terminalia superba* en Côte d'Ivoire et au Congo. 35 pages. Ce document fait le point des connaissances actuelles sur la variabilité inter provenances du limba-fracé.
- Biraud, J. Afrique équatoriale française, Territoire du Gabon
- Biraud J. & Catinot R. 1960. Les plantations artificielles d'Okoumé au Gabon. *Bois et Forêts des tropiques*, 73, 3-23.
- Brunk F. 1968. Compte-rendu d'un déplacement effectué au Gabon du 22 décembre 1967 au 10 février 1968. CTFT, Nogent-sur-Marne, France, > 31p.
- Chijioke-EO 1988, Soil factors and growth of *Gmelina arborea* in Omo Forest Reserve. *Forest-Ecology-and-Management*. 23: 4, 245-251
- CTFT - Gabon, 1971. Activité 1970 *In* CTFT Rapport annuel d'activités, Nogent sur Marne, France, pp 32-42.
- CTFT. Non daté. Information technique n°58 : Comparaison entre le Niangon (*Tarrietia utilis* Sprague, provenant de Côte d'Ivoire) et l'Ogoué (*Tarrietia densiflora* Aubr. Et Normand, provenance Gabon. CTFT, Nogent sur Marne, France, 8p.
- Dauget J.M. , Dupuy B. & N'guessan A. Approche architecturale d'une plantation en mélange samba/teck n.p.. 26
- Delwaulle J.C., Laplace Y. & Quillet G. 1980. Production massive de boutures d'*Eucalyptus*. 9p.
- Dubiensky-VM 1983, Practical applications of yield and stand development models in plantation management. Mededeling, Fakulteit Bosbou, Universiteit Stellenbosch. No. 98, Vol. I, 183-206; Abbreviated version of paper presented at the Jubilee Symposia of the Faculty of Forestry, University of Stellenbosch, 23-24 September 1982
- Dubourdieu J. 1997. Manuel d'aménagement forestier, Jean, ONF, Tec/Doc. Lavoisier, Paris, 243p. Ce manuel présente les principes et méthodes de réalisation des diverses étapes conduisant à la rédaction d'un aménagement forestier.
- Dupuy B. & Mille G., 1991. Les plantations à vocation bois d'oeuvre en Afrique intertropicale humide, CTFT, FAO-forêts no 98. 225 pp. Ce document fait le point sur les techniques de plantation et la production potentielle d'une vingtaine d'espèces de bois d'oeuvre utilisables en zone tropicale humide.

- Dupuy B., Koua, M'b. 1993. Les plantations d'acajou d'Afrique : leur sylviculture en forêt dense humide ivoirienne. Bois et forêts des tropiques, n°236 ; 25-42
- Dupuy B. , 1998. Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine, Document FORAFRI n° 4. 328 pp. En se basant sur les nombreux travaux réalisés en Afrique Centrale et en Afrique de l'Ouest, cet ouvrage propose une synthèse des résultats obtenus et expose les avantages et inconvénients des différentes méthodes sylvicoles permettant d'assurer une production durable. Il s'intéresse tout à la fois aux formations naturelles qu'aux plantations.
- Dupuy B., Bertault J-G. Doumbia F., Diahuissie A., Brevet R., & Miezán. 1997. Régénération naturelle en forêt dense ivoirienne de production. Bois et forêts des tropiques, 1997, n° 254 (4), 25-37
- Durand P. 1983. Vers une utilisation rationnelle des essences secondaires de forêt naturelle et une maîtrise technologique des bois de plantation en qualité et en quantité (1) Bois et forêts des tropiques, n° 202, 52-
- Durrieu de Madron L. , Favrichon V. , Dupuy B. , Bar-Hen A. & Maître H.F. 1998. Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo. Côte d'Ivoire (1978-1990). Document FORAFRI n° 2. 69 p.
- Durrieu de Madron L. , Favrichon V. , Dupuy B. , Bar-Hen A. , L. Houde & Maître H.F. 1998.- Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri. Côte d'Ivoire (1978-1992). Document FORAFRI n° 3. 73 p.
- Favrichon V. 1997. Réaction de peuplements forestiers tropicaux à des interventions sylvicoles. Bois et forêts des tropiques, n° 254 (4) : 5-24
- Fuhr M., Nasi R. & Minkoué J-M. 1998. Les peuplements d'Okoumés éclaircis au Gabon. Bois et Forêts des tropiques, 256, 5-20.
- Gérard J., Edi Kouassi A., Daigremont C., Détienne P., Fouquet D. & Vernay. M. 1998. Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains. CIRAD-Forêt, Montpellier, France. 188p. (Extraits sous forme de fichiers informatiques).
- Grison F. 1978. Note sur les fleurs de l'okoume (*Aucoumea klaineana* Pierre, burseraceae). 9p.
- Hemm-G. 1978, The control of woody weeds in forestry: the basis for a new approach. South-African Forestry Journal. No. 106, 20-26
- Kely-JZ, 1986. Contrôle de *Chromolaena odorata* par imazapyr dans les plantations d'heveas en Côte d'Ivoire. Comptes Rendus de la 13e Conférence du COLUMA. 1986, Tome 1, 201-210
- Kio-PRO 1976, What future for natural regeneration of tropical high forest? An appraisal with examples from Nigeria and Uganda. Commonwealth-Forestry-Review. 55: 166, 309-318
- Legault, F. 1991. Résultats préliminaires d'une expérience d'agroforesterie réalisée au Gabon. Contribution volontaire non publiée dans les actes du congrès. Congrès Forestier Mondial. 10; 1991/09/17-26; Paris (FRA). 13p.
- Legault, F. 1991. Nouvelles orientations du reboisement au Gabon - Contribution volontaire non publiée dans les actes du congrès - Congrès Forestier Mondial. 10; 1991/09/17-26; Paris (FRA). 12p.
- Le Ray J. 1947. Note sur la régénération artificielle et les méthodes d'enrichissement de la forêt dense en Okoumé. Bois et Forêts des tropiques, 4, 31-40.

- Leroy-Deval J. 1975. Les possibilités du traitement de l'Okoumé en taillis pour la production de bois papetier. 161, 23-34.
- Letourneux, C. 1957. Mission d'enquête en A.E.F. et au Cameroun sur la "mécanisation des travaux de reboisement 17 septembre 1957, 19 octobre 1957" CTFT, Nogent-sur-Marne (FRA) - 100 p.
- Fiche d'enquete n° 4 : Centre de reboisement de la Landjia (près de Bangui, en Oubangui-Chari) entretien des plantations 2p.
 - Fiche d'enquete n° 5 : Centre de la Tsiamia (Brazzaville) 4p.
 - Fiche d'enquete n° 6 : Centre de reboisement de Loudima (Moyen-Congo) 7p.
 - Fiche d'enquete n° 7 : Centre de reboisement de loandjili (près de pointe-noire au moyen-congo) n.p.
 - Fiche d'enquete n°8 : La N'koulounga (Gabon) 8p.
 - Fiche d'enquete n° 9 : Centre de Melap (Foumban - Cameroun) 7p.
 - Fiche d'enquete n° 10 : Centre de reboisement du nord Cameroun 8p.
 - Fiche d'enquete n° 11 : Centre de reboisement de N'gaoundere (Cameroun) 6p.
- Malagnoux, M. 1985. Projet d'afforestation et d'aménagement forestier en zone de savanes côtières du Gabon. Rapport d'identification. CIRAD-CTFT, Nogent-sur-Marne (FRA) : 1985. - 42 p.
- Mensbrugé (de la) G. 1966. La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. CTFT Nogent-sur-Marne. 339p.
- Mensbrugé (de la) G. 1973. Rapport de mission au Gabon - Congo-Brazzaville - Côte d'Ivoire. Ecole nationale du génie rural des eaux et forêts. 46p.
- Nambiar E.K.S & Brown A.G., 1997. Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Aciar monograph No 43, 571 pp. Cet ouvrage présente les connaissances les plus récentes dans le domaine des facteurs de production et de la durabilité des plantations forestières tropicales.
- Nasi R. 1997. Les peuplements d'Okoumé au Gabon. Leur dynamique et croissance en zone côtière. Bois et Forêts des tropiques, 251, 5-27.
- Njoukam R., Bock L., Hebert J., Mathieu L., Oliver R. & Peltier R. 1996. Ligniculture et maintien de la fertilité des sols dans l'ouest-cameroun. Bois et forêts des tropiques, n°249 - 3e trimestre 1996. 48
- Oguntala-AB; Furtado-JI. 1980, The effects of management on the soil characteristics of forests in South West Nigeria. Tropical ecology and development. Part 1. 95-99. International Society of Tropical Ecology; Kuala Lumpur; Malaysia
- Okojie-JA; Bailey-RL; Borders-BE. 1988. Spacing effects in an unthinned 11-year-old Terminalia superba plantation in the dry lowland rainforest area of Nigeria. Forest-Ecology-and-Management. 1988, 23: 4, 253-260
- Oteng-Amoako-AA 1989, Fibre length variation in the stem of Triplochiton scleroxylon K. Schum. (obeche, wawa) and its relationship with growth increment. Second Pacific Regional Wood Anatomy Conference, October 15-21, 1989, College, Laguna, Philippines [convened by Tesoro, F.O.]. Abstracts of papers and posters. IAWA-Bulletin. 10: 3, 344.
- Roussel J. 1995. Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. ISRA, Dakar, Sénégal, 435 p.
- Saint Aubin (de) G. 1993. La forêt du Gabon. Cirad-Forêt, Montpellier France, Réimpression 1996, 208p + nombreuses planches photographiques.

- Tariel J. Afrique équatoriale française, territoire du Moyen-Congo. 8p.
- Tellier L. 1992. Essai de comparaison de provenances de limba ; CPAL parcelle 82-20. Résultats acquis à 100 mois. Cet essai compare 9 provenances ivoiriennes et 4 provenances congolaises de *Terminalia superba*. Les résultats de cet essai viendront compléter ceux acquis dans les plantations d'Ekouk.
- Tellier L. 1994. Le Centre Pilote d'Afforestation en Limba de N'Gouha 2, République du Congo. Synthèse des recherches forestières réalisées de 1981 à 1994. Projet FAC d'appui au CPAL. 115 pages. Ce rapport final présente l'ensemble des recherches conduites durant 15 ans au Congo sur les plantations de limba et d'essences diverses.
- Vaclav-E 1978, Trees of forest plantations in Sierra Leone. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. No. 6, 65-69
- Varma-RV. 1996. Insect pests of forest plantation trees in Cameroon: a list of the principal species. In Foahom; Nair-KSS:-Sharma-JK (ed.) Impact of diseases and insect pests in tropical forests. Proceedings of the IUFRO Symposium, Peechi, India, 23-26 November 1993. Kerala Forest Research Institute (KFRI); Peechi; India, 486-494;
- Verhaegen D., Kadio A., Boutin B., Delaunay J. & Legare D. 1992. Le samba, sélection phénotypique d'arbres <<+>> et production industrielle de boutures en Côte-d'Ivoire. *Bois et forêts des tropiques*, n° 234, 4e trimestre 1992.
- Vignerot Ph. 1994. Compte-rendu de la mission d'appui de janvier 1994. Projet CPAL. Ce document de 33 pages fait le point des principaux résultats pratiques obtenus au Congo dans le cadre du projet N'Goua II.

ANNEXE 3

FICHES TECHNOLOGIE DES BOIS

ACAJOU D'AFRIQUE

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUES

Khaya ivorensis A. Chev., *K. anthotheca* C. DC., *K. grandifoliola* C. DC.

Famille des Méliacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Khaya ivorensis :

Cameroun : Ngollon, Zamenguile, Houngo

Congo : Ndola

Côte d'Ivoire : Lokoa, Acajou de Bassam

Gabon : Zaminguila, Mbega

Ghana : Dubini

Guinée Equatoriale : Samanguila

Nigeria : Oganwo, Ogwango, Ouou

Khaya anthotheca :

Angola, Cabinda : Udianuno, Quibala

Cameroun : Mangona

Congo : Ndola, Goukiss, Déhé

Côte d'Ivoire : Krala, Ira, Acajou blanc

Ghana : Kwabako

Guinée Équatoriale : Samanguila

Libéria : Doetue

Nigeria : Ogwango nofuwa

Ouganda : Munyama

République Centrafricaine : Déhé

République Démocratique du Congo : Bobuku, Ekala

Khaya grandifoliola :

Côte d'Ivoire : Loukrou, Acajou à grandes feuilles

Ghana : Dubini, Odupong

Nigeria : mêmes dénominations que *K. ivorensis*

République Démocratique du Congo : Tido, Galaliga

France, Belgique : Acajou d'Afrique

Allemagne : Khaya, Mahagoni

Grande Bretagne, U. S. A. : African Mahogany

Pays-Bas : Afrikaans Mahogani

Portugal : Mogno Africano

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait, fraîchement débité, est rosé. En vieillissant, il prend une teinte allant du brun rosé au rouge sombre avec des reflets cuivrés. L'aubier est bien différencié, de couleur blanc jaunâtre à légèrement rosé. La texture est homogène, le grain moyen. Les débits sur plein quartier peuvent avoir un aspect moiré ou rubané provoqué par un léger contrefil, ou parfois des veines cuivrées, décelant la présence de bois de tension. La maille est fine mais bien apparente. Les pores sont parfois chargés de dépôts noirâtres. Certains échantillons peuvent être figurés et présenter un aspect drapé, ondé, moiré, frisé, moucheté, ou pommelé. Les fourches peuvent fournir les "ronces d'Acajou" recherchées pour le tranchage. *K. grandifoliola* est très semblable aux autres Acajous de forêt dense, sa couleur étant plus violacée à l'état frais, un peu plus sombre par la suite. Les pores sont disséminés, au nombre moyen de cinq par mm², de 150 à 200 microns de diamètre dans le sens tangentiel, et contiennent parfois des dépôts résinoïdes brun rouge. Les punctuations intervasculaires sont très fines, de l'ordre de quatre microns. Le parenchyme est indiscernable à faible grossissement, associé aux pores en manchon étroit et très sporadiquement en lignes tangentielles souvent associées à des rangées de canaux traumatiques. Les rayons, larges de 4 à 6 cellules, sont au nombre de 4 à 7 par mm et ont une structure hétérogène. Certaines cellules de rayons peuvent contenir des cristaux d'oxalate de calcium. On peut rencontrer exceptionnellement chez certains arbres des rayons en disposition étagée.

La structure des Acajous africains est très semblable à celle des Acajous américains (*Swietenia sp.pl.*), ces derniers ayant plus fréquemment des lignes continues de parenchyme. L'étude de la structure ne permet pas de faire une distinction entre les trois espèces d'Acajou d'Afrique.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Acajou d'Afrique est un bois léger à mi-lourd, tendre à mi-dur. Ses caractéristiques mécaniques, ses retraits linéaires transverses, et son retrait volumique sont faibles à moyens.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 500 à 680 kg/m³
Dureté Monnin* : 2,4
Point de saturation des fibres : 29 %
Retrait volumique total : 10,9 %
Retrait tangentiel total : 5,4 %
Retrait radial total : 3,7 %
Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne
Stabilité en service : moyenne
Contrainte de rupture en compression parallèle* : 46 MPa
Contrainte de rupture en flexion statique* : 85 MPa
Module d'élasticité longitudinal* : 9 500 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

L'Acajou présente une résistance naturelle moyenne vis-à-vis des champignons de pourriture. Il doit subir un traitement de préservation dans tous les emplois où un risque de réhumidification peut survenir. Son utilisation est déconseillée dans les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est moyennement durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 3) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très faible durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*. Cette essence est considérée comme sensible aux termites (classe de durabilité : S) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le bois se scie facilement et ne pose pas de problème particulier, exceptées les zones de bois de tension qui donnent aux surfaces sciées un aspect pelucheux.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

L'Acajou d'Afrique se déroule facilement et se tranche sans difficulté. Il est traditionnellement employé sous forme de placages dans de nombreux emplois haut de gamme. Les bois figurés et les "ronces d'Acajou" fournis par les fourches sont recherchés par les trancheurs. L'Acajou est également déroulé et utilisé en face extérieure de contreplaqué.

SÉCHAGE

Le séchage à l'air ou en séchoir de l'Acajou d'Afrique est rapide, en général sans risque de fente ni de déformation. Les débits de *K. grandifoliola* peuvent parfois se déformer par tuilage. Lorsque le contrefil est marqué, il est conseillé d'appliquer une charge sur les piles de bois durant le séchage afin de limiter les risques de déformations.

USINAGE

L'Acajou s'usine sans difficulté particulière ; le bois n'est pas désaffûtant. Le contrefil n'a pas d'incidence sur le rabotage ; cependant, il est conseillé d'utiliser un angle d'attaque de 15° à 20° pour limiter les risques d'arrachements de fibres, notamment pour le toupillage des bois débités sur quartier. Certains bois très tendres s'écrasent parfois sous la pression des rouleaux de la raboteuse ou ont tendance à pelucher. L'Acajou se ponce et se polit sans difficulté mais il est souvent trop tendre pour donner un très beau poli.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises

(température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient respectées.

FINITION

Le bois se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie.

Lorsqu'un parfait état de surface est recherché, en particulier en ameublement, l'application d'un fond dur ou un bouche-porage est conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

L'Acajou d'Afrique est traditionnellement employé en ébénisterie, en ameublement, en décoration et en aménagement intérieur, principalement sous forme de placages mais aussi sous forme massive. Les bois figurés et les "ronces d'Acajou" fournis par les fourches sont recherchés par les trancheurs. Cette essence est également déroulée et utilisée en parement de contreplaqué.

Il est apprécié en menuiserie intérieure et extérieure de bâtiment. Il est très utilisé pour la construction de bateaux de plaisance (bordés et ponts) et les coques d'embarcations légères.

AZOBE

DENOMINATIONS

BOTANIQUE

Lophira alata Banks ex Gaertn. f.
Famille des Ochnacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun : Bongossi
Côte d'Ivoire, France : Azobé
Ghana : Kaku
Nigéria : Eba, Ekki
Congo : Bonkolé
Gabon : Akoga
Allemagne : Azobé, Bongossi
Royaume-Uni : Red ironwood, Ekki

DESCRIPTION DU BOIS

L'aubier de l'Azobé n'est pas très bien différencié. Son épaisseur varie en moyenne de 7 à 10 cm, mais en réalité la portion réellement aubieuse n'est que de 3 cm environ, le reste étant constitué par du bois plus foncé appelé "bois intermédiaire" dont les propriétés ne sont pas similaires à celles du bois parfait.

Le bois parfait d'Azobé est brun chocolat foncé. Sa teinte fonce encore après exposition à la lumière.

Les traces des vaisseaux ressortent bien car ceux-ci sont très fréquemment remplis de dépôts blanchâtres. Les débits sur dosse présentent des figures brun violacé mates contrastant avec le fond brun foncé brillant. Le grain est grossier. Le fil est parfois enchevêtré. Le contrefil est fréquent et irrégulier.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Azobé est un bois très lourd, dur à très dur. Ses retraits linéaires transverses sont élevés. Son retrait volumique est élevé. Ses

résistances mécaniques sont fortes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 1000 à 1100 kg/m³

Dureté Monnin* : 10,5

Point de saturation des fibres : 28 %

Retrait volumique total : 19 %

Retrait tangentiel total : 10,3 %

Retrait radial total : 7,3 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : faible

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 96 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 180 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 17 300 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le bois d'Azobé présente une bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Dans des conditions normales de mise en oeuvre, sa durabilité naturelle suffit à lui assurer une bonne conservation sans qu'il soit nécessaire de le traiter. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 2) selon la norme NF EN 350-1 qui précise cependant que sa durabilité naturelle est particulièrement variable.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est bonne. Cette essence est considérée comme durable

vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

Remarque : cette essence est couramment utilisée en zone tempérée pour la construction d'ouvrages hydrauliques avec des risques très limités de dégradation ; en revanche, dans les régions tropicales, sa résistance aux attaques de xylophages marins demeure variable et son utilisation est même déconseillée dans les lagunes saumâtres qui constituent un milieu particulièrement favorable à la prolifération des tarets .

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

L'Azobé est un bois très dur mais son taux de silice est très faible. Le sciage des billes très fraîches ne présente pas de difficulté à condition d'utiliser un matériel adapté. Il est préconisé d'utiliser des scies très puissantes et des lames parfaitement affûtées, avec un angle d'attaque de 20° (sciage lent) à 30° (sciage rapide), et un angle de dépouille aussi faible que possible.

SÉCHAGE

Le séchage de l'Azobé est très lent et délicat. Il doit être conduit très prudemment, en raison des risques sévères de fentes et de gerces. En particulier lorsque le contrefil est très accusé, des déformations se produisent fréquemment sur les débits de faible section : en pratique, il est conseillé d'utiliser préférentiellement l'Azobé en grosses sections, les risques de déformations des bois sur les petites sections étant très élevés après mise en oeuvre.

Le ressuyage des bois doit être effectué sous abri. Compte tenu de la difficulté et de la lenteur de l'opération, l'Azobé est très rarement séché en séchoir artificiel.

USINAGE

En raison de sa dureté et de sa densité élevées, l'Azobé a un effet abrasif important sur les outils. Son usinage ne donne des résultats satisfaisants qu'à condition d'employer des machines puissantes. Au rabotage, la consommation d'énergie est deux fois plus importante que pour un Chêne moyen. Au rabotage, les meilleurs résultats sont

obtenus en utilisant un angle d'attaque de 40 à 45°. Au perçage, le bois a parfois tendance à carboniser légèrement.

ASSEMBLAGE

Les clous, vis, agrafes et chevilles métalliques pénètrent difficilement dans l'Azobé et leur fixation peut générer des fentes. Des avant-trous sont toujours nécessaires.

Le collage de l'Azobé est délicat compte tenu de ses forts retraits de séchage et déconseillé dans des conditions de fabrication industrielle.

FINITION

Le contrefil du bois rend difficile l'obtention d'états de surface satisfaisants après ponçage. Bien que l'application de produits de finition ne pose pas de problème particulier, la tenue des finitions laisse souvent à désirer car fréquemment, l'humidité des bois n'est pas stabilisée après mise en oeuvre.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

L'Azobé est un bois très lourd et très dur, d'une excellente durabilité naturelle, mais peu stable. La mise en oeuvre de l'Azobé présente certaines difficultés, ce qui contribue à freiner le développement de son emploi (séchage lent et délicat en raison des risques de gerces, de fentes et de déformations ; nécessité d'utiliser des machines puissantes).

L'Azobé est avant tout un bois de constructions lourdes, utilisations auxquelles il est adapté du fait de sa bonne durabilité naturelle, sa résistance à l'usure et ses propriétés mécaniques.

Il est apprécié pour les installations en milieu exposé : ouvrages portuaires (estacades, jetées ...),

constructions hydrauliques (écluses ...), traverses de chemin de fer, fonds de wagon, constructions rurales (écuries, étables, hangars ...), ponts (éléments porteurs ou répartiteurs de charge). Cependant, employé au contact du sol, sa durabilité naturelle reste limitée par l'éventuelle présence de bois intermédiaire qui doit être éliminé systématiquement pour ce type d'utilisation.

L'Azobé est aussi employé pour la fabrication de seuils, de pièces d'appui, de jets d'eau, et pour certains éléments de maisons à ossature bois. Il peut aussi convenir pour la fabrication de parquets et d'escaliers très résistants à l'usure et aux acides, destinés notamment à des applications industrielles.

BILINGA

DENOMINATIONS

BOTANIQUES

Nauclea diderrichii Merrill

Nauclea gillettii Merrill

Nauclea xanthoxylon Aubrév.

Famille des Rubiacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Angola : Engolo

Cameroun : Akondoc

Congo : Mokessé, Linzi, N'gulu-maza

Côte-d'Ivoire : Badi

Gabon, Guinée Equatoriale : Aloma, Bilinga

Ghana : Kusia

Nigéria, Grande-Bretagne : Opepe, Opepi

Ouganda : Kilingi

République Centrafricaine : Kilu

Sierra Leone : Bundui

République Démocratique du Congo : N'gulu-maza, Bonkangu

DESCRIPTION DU BOIS

L'aubier est de couleur jaune grisâtre ou rosâtre. Le bois parfait, jaune citron vif, fonce un peu à la lumière et devient doré ou ocre orangé, à reflets légèrement moirés. Le fil est souvent ondulé et/ou contrefilé. Le grain est moyen. Le bois ne dégage aucune odeur particulière.

À la loupe (grossissement x 15) on peut observer :

- . des pores assez inégalement répartis, souvent isolés, peu nombreux (3 à 6 par mm), pouvant apparaître de deux tailles différentes (les gros de 200 à 250 µ de diamètre, les petits de 100 à 150; de petits rayons parfois articulés, larges de 2 à 3 cellules, de structure très hétérogène, au nombre de 10 à 15 par mm; le parenchyme peu abondant formé de cellules isolées ou de courtes lignes tangentielles, perceptibles seulement à plus fort grossissement.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Bilinga est un bois mi-lourd à lourd, mi-dur à dur, présentant des retraits linéaires moyens. Son retrait volumique est moyen à fort. Ses résistances mécaniques sont moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 730 à 890 kg/m³

Densité basale : 0,65

Dureté Monnin* : 5,3

Point de saturation des fibres : 25 %

Retrait volumique total : 12,3 %

Retrait tangentiel total : 7,5 %

Retrait radial total : 4,7 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyennement importante

Stabilité en service : bois moyennement stable

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 63 MPa

Contrainte de rupture moyenne en flexion statique* : 104 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 11 800 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Bilinga présente une très bonne durabilité vis-à-vis des différents types de pourriture fibreuse

(*Coriolus versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Lentinus squarrosulus*) et cubique (*Antrodia* sp.). Il peut être utilisé sans traitement de préservation dans la majorité de ses emplois. Lorsqu'il est en contact direct et permanent avec le sol, il est possible de renforcer sa durabilité naturelle par un traitement sous vide et pression avec des produits appropriés (par exemple créosote pour des traverses de chemin de fer). Cette essence est considérée comme très durable vis à vis des

champignons lignivores (classe de durabilité : 1) selon la norme NF EN 350-1. Elle couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait n'est pas attaqué par les Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis à vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est très bonne. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme moyennement imprégnable (classe d'imprégnabilité : 2) selon la norme NF EN 350-2.

RÉSISTANCE NATURELLE VIS-À-VIS DES FOREURS MARINS

A l'égard de ces organismes destructeurs du bois, le Bilinga est une des essences tropicales les plus résistantes dans les eaux tempérées atlantiques et méditerranéennes.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Bilinga se scie normalement à condition d'utiliser un matériel puissant. Le taux de silice contenu dans le bois peut être considéré comme négligeable ($t < 0,05 \%$).

TRANCHAGE ET DÉROULAGE

Le Bilinga se déroule difficilement. En revanche, il se tranche facilement et donne des placages de bonne qualité et décoratifs à condition que les bois soient correctement étuvés.

SÉCHAGE

Le Bilinga se déforme peu au séchage. Très sujet aux gerces, il doit toujours être séché lentement et prudemment sous abri. Les pièces débitées sur quartier sèchent sans risque important de gerces. Par contre, les pièces débitées sur dosse sèchent plus difficilement (des fentes en bout et des gerces plus ou moins graves sont fréquents).

ASSEMBLAGE

Le Bilinga se cloue et se visse sans difficulté à condition de pratiquer des avant-trous.

Les essais effectués avec des colles de type résorcine montrent que la résistance au cisaillement dans les plans de collage est bonne ainsi que l'adhérence et la tenue dans le temps (essai de délamination). D'une façon générale, le collage du Bilinga est satisfaisant avec toutes les colles employées couramment dans l'industrie.

FINITION

Vernis, peintures, lasures peuvent être appliqués sans difficulté. Pour les finitions soignées, un bouche-porage est cependant conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Bilinga fait l'objet d'un courant d'exportation faible mais régulier. Etant donné ses résistances mécaniques satisfaisantes et sa bonne durabilité, le Bilinga convient pour de nombreux emplois en extérieur : traverses de chemin de fer, constructions portuaires, ouvrages hydrauliques. En menuiserie, l'utilisation de ce bois est également envisageable bien qu'il ait tendance à se fendre dans les ambiances trop sèches ; il conviendra de bien le sécher et de lui appliquer des produits de finition (vernis, lasures, peintures, cires) qui auront pour rôle de diminuer les échanges d'humidité entre le bois et l'air ambiant, et limiter les risques de gerces.

Compte tenu de ces remarques, l'utilisation du Bilinga peut convenir pour des usages variés : panneaux lamellés-collés, menuiseries intérieures, menuiseries extérieures, meubles, parquet, aménagement intérieur, construction, planchers de véhicules, construction navale, placages tranchés décoratifs.

DOUKA - MAKORÉ

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUES

Tieghemella africana A. Chev., *T. heckelii* Pierre
Famille des Sapotacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Côte d'Ivoire, France, Allemagne : Douka, Makoré
Gabon, Congo : Douka
Guinée équatoriale, Gabon : Okola

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois de Douka (Makoré) est brun rouge assez foncé. Il présente parfois quelques nuances mauves, et/ou des veines claires peu distinctes ; il est également souvent moiré. L'aubier est bien distinct du bois parfait, de couleur claire. Les cernes d'accroissement sont parfois visibles, surtout sur les débits sur dosse. Le fil est généralement droit. Le grain est fin.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Douka (Makoré) est un bois mi-lourd et mi-dur. Ses retraits linéaires transverses et son retrait volumique sont moyens. Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 600 à 750 kg/m³

Dureté Monnin* : 4

Point de saturation des fibres : 28 %

Retrait volumique total : 13 %

Retrait tangentiel total : 7,3 %

Retrait radial total : 5,6 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 59 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 108 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 11 200 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Douka (Makoré) présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il est préconisé et conseillé dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification temporaire ou permanente. Cette essence est considérée comme très durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 1) selon la norme NF EN 350-1. Elle couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très bonne durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonenensis*. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

RÉSISTANCE NATURELLE VIS-À-VIS DES FOREURS MARINS

Le Douka (Makoré) présente une bonne résistance naturelle aux tarets ce qui permet son utilisation pour la fabrication de coques de navires.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le sciage du Douka (Makoré) nécessite l'utilisation d'équipements adaptés aux bois durs. Le bois présente un taux de silice élevé (en moyenne entre 0,4 et 0,5%) ; il est donc très abrasif et exige l'emploi de lames stellites.

Le bois encrasse parfois les lames, mais un simple nettoyage au jet d'eau est suffisant. Le rendement en plot est toujours assez élevé. Le délignage des plateaux donne également des rendements de l'ordre de 75 à 80%. L'installation sur les machines d'un système d'aspiration efficace est indispensable car le dégagement de poussières de bois provoque chez certaines personnes une forte irritation des muqueuses du nez, des yeux et de la gorge.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Douka (Makoré) convient bien à la fabrication de placages tranchés destinés à l'ameublement ainsi qu'au déroulage pour la fabrication de contreplaqués spéciaux (contreplaqué " marine " en particulier du fait de sa très bonne durabilité naturelle). Les billons et les quartelles nécessitent un étuvage prolongé avant d'être déroulés ou tranchés. Pour les quartelles, un étuvage pendant 48 heures en bouillotte à 100°C peut être conseillé. Pour les billons de déroulage, un étuvage à la vapeur pendant 48 à 72 heures donne des résultats satisfaisants. Le déroulage se conduit de façon identique à celui des bois durs comme le Moabi. Le séchage des placages est assez lent, mais les risques de défauts sont limités. La composition et la finition des panneaux ne posent aucun problème particulier. Au tranchage, les bois qui sont fréquemment moirés ou pommelés donnent des placages dont la qualité esthétique est appréciée.

SÉCHAGE

Le Douka (Makoré) se sèche sans difficulté particulière, relativement rapidement et sans déformation ni fente importante. Il est toutefois préférable de le ressuyer préalablement à l'air avant de compléter son séchage en séchoir artificiel.

USINAGE

Le Douka (Makoré) est un bois homogène, de droit fil, dont l'usinage donne des résultats satisfaisants, aussi bien en bois de fil (rabotage, moulurage) qu'en bois de bout (tenonnage). Son taux de silice élevé le rend très abrasif d'où la nécessité d'un outillage stellite ou à mise rapportée de carbure de tungstène pour avoir une tenue de coupe suffisante dans le cadre d'une fabrication industrielle. Comme pour le sciage, l'installation sur les machines (en particulier sur les 4-faces, tenonneuses, calibreuses, ponceuses) d'un système d'aspiration efficace est indispensable car le dégagement de poussières de bois provoque chez certaines personnes une forte irritation des muqueuses du nez, des yeux et de la gorge. Le ponçage est facile et donne un

excellent fini.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue. En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés car le bois a tendance à fendre. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient parfaitement respectées compte tenu de la densité élevée du bois.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Douka (Makoré) présente une très bonne durabilité naturelle (couverture de la classe de risque biologique 4 sans traitement de préservation) et de bonnes caractéristiques mécaniques. Il convient pour la fabrication de menuiseries extérieures, portes d'entrée, fermetures extérieures, fenêtres et portes-fenêtres, mais aussi comme bois d'environnement (passerelles, mobilier et aménagement urbain, murs anti-bruit, abris, cabines, etc) et en aménagement extérieur (portails, vérandas, pergolas). Il est adapté pour tous les emplois présentant un risque d'humidification permanente, notamment en construction navale pour la fabrication de quille, membrures cintrées, bordés, ponts, sachant de plus qu'il présente une bonne résistance naturelle aux tarets. Dans ce secteur d'activité, il est employé également sous forme de contreplaqués durables et résistant à l'humidité. Son grain fin et sa couleur brun rouge unie le font apprécier pour de nombreuses utilisations intérieures : charpente apparente, menuiserie, agencement, décoration, parquet, escalier, ameublement massif ou plaqué. Il convient aussi en tournerie et en sculpture, pour la fabrication de manches de couteaux. Son usinage nécessite un outillage stellite ou à mise rapportée de carbure de tungstène pour avoir une tenue de coupe suffisante. L'installation sur les machines d'un système d'aspiration efficace est indispensable car les poussières dégagées lors de l'usinage sont irritantes.

DOUSSIÉ

DENOMINATIONS

BOTANIQUES

Afzelia bipindensis Harms

Afzelia bella Harms var. *gracilior* Keay

Afzelia africana Smith

Afzelia pachyloba Harms

Famille des Césalpiniacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun : Edoussié, Njoc, Mbanga, Doussié "rouge" (*A. bipindensis*), Doussié "blanc" (*A. pachyloba*)

Côte D'ivoire : Azodau, Lingué

Gabon : Edoumeleu, Moumangala

Ghana : Papao

Nigeria : Arinyan, Orodó, Odo Niyan, Apa, Apa Igbo, Olutoko

République Centrafricaine : Katagba, Mokala

Congo, France, Pays-Bas : Doussié, Kokongo

République Démocratique du Congo : Boanga, Bolengu, Kipapa, Musole

Angleterre, Allemagne : Afzelia

Portugal : Chanfuta

DESCRIPTION DU BOIS

Le coeur et l'aubier sont bien différenciés. L'aubier est blanc jaunâtre, large de 3 à 8 cm. Le bois parfait, brun-rouge clair un peu orangé sur les débits récents et secs, vire ensuite au brun-rouge à la lumière. La teinte est normalement uniforme, mais peut être parfois coupée de veines sombres (*A. bipindensis* excepté).

Le grain du bois est plutôt grossier, mais relativement homogène. Un peu de contrefil peut se noter sur les débits sur quartier. La maille est fine, légèrement brillante. Au rabotage, le bois sec dégage une odeur de cuir. Les pores sont disséminés, peu nombreux (2 à 5 par mm) et gros (diamètre moyen très souvent 2 supérieur à 200µ). Ils sont parfois obstrués par des dépôts blanchâtres ou colorés. Les ponctuations intervasculaires sont de l'ordre de 6-7 µ. Le parenchyme apparaît, d'une part en losange autour des pores et courtement anastomosé obliquement, d'autre part en lignes terminales fines. Au contact du tissu

fibreux, les cellules sont souvent recloisonnées et cristallifères. Les rayons, au nombre moyen de 6-7 par mm, sont larges de 2 cellules, quelquefois 3, rarement 4. Leur structure est homogène. Les quatre espèces botaniques

ne sont pas distinctes anatomiquement ; seule *A. bipindensis* peut se reconnaître, en lumière ultraviolette, par sa teinte amarante foncée, sans fluorescence jaune.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Doussié est un bois mi-lourd à lourd, mi-dur à dur. Ses retraits linéaires transverses sont faibles. Son retrait volumique est moyen. Ses résistances mécaniques sont moyennes à fortes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 700 à 880 kg/m³

Dureté Monnin* : 7,5

Point de saturation des fibres : 20 %

Retrait volumique total : 8 %

Retrait tangentiel total : 4,4 %

Retrait radial total : 3 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : faible

Stabilité en service : bois stable

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 74 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 138 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 13 700 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Doussié présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il est préconisé dans tous les emplois exposés, en cas d'humidification temporaire ou permanente, ou en contact avec le sol. Cette essence est considérée comme très durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 1) selon la norme NF EN 350-1. Elle couvre naturellement (sans traitement de

préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est très bonne. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

Remarque : En milieu marin, son emploi doit être déconseillé pour les ouvrages fixes exposés compte tenu de sa faible résistance aux foreurs marins.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Doussié est dur et légèrement abrasif ; il se scie facilement mais cette opération doit être menée lentement. De ce fait, il nécessite un matériel particulièrement puissant (scie à ruban avec volant de 2,40 m).

Le stellitage ne s'impose pas si les bois sont débités frais, la tenue de coupe étant alors de l'ordre de 2 h. Certains sujets comportant des poches de résine désaffûtent assez rapidement les scies. Les sciures sont parfois un peu irritantes. La tenue de l'acier rapide est très bonne et des lames à dents amovibles en acier rapide sont tout à fait indiquées pour le délignage.

SÉCHAGE

Le séchage du Doussié est facile et se fait dans d'excellentes conditions sans déformation ni fente ; il est cependant assez lent. Pour les bois de forte épaisseur (supérieures à 75 mm), il est conseillé de sécher préalablement les bois à l'air, sous abri.

USINAGE

En raison de sa teneur en silice négligeable et de son contrefil peu marqué, le Doussié est un bois qui ne pose pas de problèmes particuliers lors du dégauchissage, du rabotage, du moulurage, et des

opérations ultérieures d'usinage. Toutefois lorsqu'un état de surface parfait est nécessaire, il est conseillé de diminuer l'angle d'attaque des outils de rabotage et de moulurage pour éliminer les problèmes posés par le contrefil.

ASSEMBLAGE

Les assemblages traditionnels par clous et vis tiennent de façon satisfaisante. Cependant, pour limiter les risques de fentes, des avant-trous sont recommandés.

Le collage du Doussié donne des résultats irréguliers ; il est de ce fait déconseillé dans des conditions industrielles de fabrication.

FINITION

Le Doussié se peint et se vernit sans problème à condition qu'il soit parfaitement séché. Pour obtenir de meilleurs états de surface, un bouche-porage préalable est conseillé. La mise en teinte est rendue délicate par les dépôts blancs ou jaunâtres qui obstruent les pores.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Doussié est une essence particulièrement stable, très peu sensible aux variations d'humidité, et ayant de très faibles retraits linéaires. De plus, il est particulièrement durable. Pour ces raisons, il est très apprécié en construction navale de plaisance où il trouve de nombreux emplois, depuis la construction de la charpente (quille, étrave et membrures), jusqu'à la fabrication des ponts et des aménagements intérieurs. Dans ces emplois il est parfois aussi apprécié que le Teck. C'est également un excellent bois de menuiserie de haut de gamme, aussi bien intérieure qu'extérieure (portes d'entrée, fermetures extérieures, fenêtres, portes-fenêtres, portes intérieures, escaliers, parquets, portes coupe-feu ...). Dans ces emplois il remplace le Chêne ou l'Iroko. Il est particulièrement apprécié comme bois d'environnement et en aménagement extérieur (portails, terrasses, vérandas, pergolas, passerelles, aires de loisir, mobilier et aménagement urbain, bungalows), ainsi que pour la construction de revêtements d'équipements sportifs (pistes cyclables, parquets de gymnase). Il est parfois préféré aux autres matériaux (métaux, polymères synthétiques) pour la construction de cuves dans l'industrie en raison de sa bonne résistance naturelle vis-à-vis de nombreux produits chimiques (acides, bases et autres corrosifs) et de ses très faibles variations dimensionnelles.

FRAMIRÉ

DENOMINATIONS

BOTANIQUE

Terminalia ivorensis A. Chev.
Famille des Combretacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Sierra Leone, Libéria : Bajii
Cameroun : Lidia
Côte d'Ivoire : Framiré
Ghana : Emeri
Nigéria : Idigbo, Black Afara
Royaume-Uni : Idigbo

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois de Framiré est jaune paille à brun jaunâtre. L'aubier est légèrement plus clair et se distingue mal du bois parfait. Les cernes d'accroissement sont fréquemment visibles ; ils donnent parfois aux débits sur dosse ou aux placages un aspect de chêne clair. Le contrefil est très rare, peu marqué et irrégulier, donnant alors un léger rubanage aux débits sur quartier. Assez rarement, certaines billes donnent un bois de teinte brun rosé clair (Framiré rose). Des fractures transversales peu apparentes (coups de vent) sont parfois observées. Certaines billes de très fort diamètre présentent du coeur mou.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Framiré a des propriétés relativement constantes. Il est léger, tendre et stable. Ses retraits linéaires transverses sont faibles ainsi que son retrait volumique. Ses résistances mécaniques sont faibles à moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 450 à 600 kg/m³

Dureté Monnin* : 1,9

Point de saturation des fibres : 27 %

Retrait volumique total : 9,9 %

Retrait tangentiel total : 5,4 %

Retrait radial total : 3,7 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : faible

Stabilité en service : bonne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 44 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 79 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 9 200 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Framiré présente une résistance moyenne vis-à-vis des champignons de pourriture. Il peut être employé sans traitement de préservation dans les emplois peu exposés aux agents de dégradation biologique, mais doit être obligatoirement traité dans tous les emplois où un risque de réhumidification existe (aubier peu différencié du bois parfait). Cette essence est considérée comme moyennement durable à durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 2-3) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est faible. Cette essence est considérée comme sensible aux termites (classe de durabilité : S) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Framiré est un bois peu abrasif. Il se scie sans difficulté particulière. Cependant, les bois issus de plantation pouvant développer des contraintes de croissance, il est recommandé de les scier en utilisant les techniques habituelles pour pallier ce type de défaut (sciage symétrique, par retournement, débit de grumes de courte longueur, ...).

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Framiré convient bien à la fabrication de placages et de contreplaqués. Lorsque les rondins sont de coupe fraîche, l'étuvage n'est pas indispensable. Dans le cas contraire, l'étuvage de rondins à la vapeur à 80-90°C pendant quatre à cinq jours donne des résultats satisfaisants.

Le déroulage du Framiré ne présente aucune difficulté particulière et se conduit de façon sensiblement identique à celui de l'Okoumé, avec un rendement équivalent. Le séchage des placages se fait dans les mêmes conditions que pour l'Okoumé, mais il est légèrement plus lent.

SÉCHAGE

Le Framiré sèche rapidement et sans difficulté, aussi bien à l'air libre qu'en séchoir. Les risques de déformations et de fentes sont pratiquement inexistants.

USINAGE

En raison de sa faible dureté, de sa très faible teneur en silice, et de son contrefil peu marqué, le Framiré est un bois dont l'usinage (dégauchissage, rabotage, moulurage, tenonnage, mortaisage, perçage) ne pose pas de problème particulier. Cependant, lorsqu'un parfait état de surface est requis, notamment en ameublement, il est conseillé de diminuer l'angle d'attaque des outils, en particulier pour les débits sur quartier comportant du contrefil.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient

respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie.

Lorsqu'un parfait état de surface est recherché, en particulier en ameublement, l'application d'un fond dur ou un bouche-porage est conseillé. L'application d'égaliseurs de teinte se fait sans difficulté.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Framiré présente des caractéristiques technologiquement intéressantes ; c'est un bois relativement léger, se séchant et s'usinant sans difficulté, d'assez bonne durabilité, d'aspect agréable et dont la couleur claire est appréciée. Il constitue de ce fait un excellent bois de menuiserie et d'aménagement intérieur. Il convient également à la fabrication de moulures et en ameublement. Il peut être utilisé pour la fabrication de panneaux de porte, tablettes, étagères, produits d'agencement, ainsi qu'en revêtement mural intérieur (lambris). Après traitement, il peut être utilisé en menuiserie extérieure (croisées, portes croisées, portes d'entrée).

Le Framiré convient bien à la fabrication de placages et de contreplaqués.

IROKO

DENOMINATIONS

BOTANIQUES

Milicia excelsa C. C. Berg (= *Chlorophora excelsa* Benth & Hook. f.)

Milicia regia C. C. Berg (= *Chlorophora regia* A. Chev.)

Famille des Moracées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Gabon, Guinée équatoriale : Abang, Mandji

Congo, République Démocratique du Congo, République

Centrafricaine : Kambala, Moloundou

Côte d'Ivoire : Iroko

Ghana : Odoum

Nigéria : Iroko, Rokko

Belgique : Moloundou

DESCRIPTION DU BOIS

A l'état frais, le bois parfait d'Iroko est jaune à brun-jaune, plus ou moins clair. Exposé à l'air et à la lumière, il peut brunir et foncer de façon très marquée. Il prend alors un aspect vieux chêne avec des nuances dorées. L'aubier jaune pâle est très distinct du bois parfait. Le grain est assez fin mais les vaisseaux laissent des traces plus claires, bien apparentes surtout sur les débits sur dosse. Les cernes d'accroissement sont fréquemment visibles sur les faces sur dosse. Le fil est très généralement droit. Le contrefil est irrégulier et peut donner aux débits sur quartier un aspect moiré ou rubané. Certaines grumes renferment parfois des concrétions minérales.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Iroko est un bois léger à mi-lourd, mi-dur. Ses retraits linéaires transverses sont faibles. Son retrait volumique est moyen. Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 550 à 750 kg/m³

Dureté Monnin* : 4

Point de saturation des fibres : 23 %

Retrait volumique total : 10 %

Retrait tangentiel total : 5,8 %

Retrait radial total : 3,7 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 54 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 95 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 10 300 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

L'Iroko présente une bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il peut être utilisé sans traitement de préservation dans les emplois où un risque de réhumidification existe, mais il n'est pas conseillé dans les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est considérée comme durable à très durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 1-2) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le débit des grumes s'effectue sans difficulté avec des lames stellites sur des équipements adaptés au sciage de bois durs. La présence de concrétions calcaires pose parfois des problèmes au sciage (endommagement des dents de scie).

TRANCHAGE ET DÉROULAGE

L'Iroko se tranche sans difficulté particulière exceptées les billes contenant des concrétions qui endommagent les couteaux. Lorsque les bois sont légèrement contrefilés, les placages obtenus moirés ou rubanés sont particulièrement appréciés en ameublement et en décoration intérieure.

A titre indicatif, l'étuvage de quartelles pendant 36 à 48 heures à l'eau chaude (80°C) donne des résultats satisfaisants. L'Iroko n'est pas déroulé dans des conditions industrielles.

SÉCHAGE

L'Iroko sèche assez rapidement et sans risque important de fente ou de déformation, excepté pour les bois présentant un contrefil plus marqué. Lors du séchage à l'air, les baguettes peuvent laisser sur les bois des traces colorées plus ou moins profondes. En cas de séchage insuffisant et pour des emplois en milieu exposé, les tannins contenus dans le bois peuvent couler et provoquer des taches.

USINAGE

Le bois est peu abrasif mais la présence occasionnelle de dépôts minéraux peut endommager les surfaces tranchantes des outils. Lorsque l'Iroko est contrefilé et qu'un état de surface parfait est recherché, il est conseillé de réduire l'angle d'attaque des outils jusqu'à 15-20°, en particulier lors du dégauchissage et du rabotage. Les opérations de moulurage, tenonnage, mortaisage et perçage s'effectuent facilement et donnent des résultats satisfaisants. Le bois prend un excellent poli d'autant plus que le bois est dur. En raison des réactions physiologiques que les poussières d'Iroko provoquent chez certaines personnes, il est conseillé d'équiper les postes d'usinage, notamment de ponçage, de systèmes d'aspiration particulièrement efficaces.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient respectées.

FINITION

L'Iroko est souvent réfractaire aux produits de finition qui contiennent des huiles siccatives libres et qui séchent par oxydation. Ce phénomène est lié à la présence dans le bois d'un produit anti-oxydant, la chlorophorine, qui empêche le séchage de ces produits. Il est de ce fait conseillé d'utiliser des peintures ou vernis à base de résines synthétiques (cellulosiques, vinyliques ou polyuréthanes) qui séchent par polymérisation. Ces produits peuvent servir de couche d'impression et constituer, une fois secs, le support de base pour les autres catégories de produits de finition. Lorsqu'un parfait état de surface est recherché, un bouche-porage préalable est conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Du fait de ses caractéristiques technologiques, l'Iroko peut être utilisé pour des emplois variés à condition de respecter les précautions requises lors de l'application des produits de finition.

Il convient pour la fabrication de menuiseries extérieures, portes d'entrée, fermetures extérieures, fenêtres et portes-fenêtres, mais aussi comme bois d'environnement (passerelles, mobilier et aménagement urbain, murs anti-bruit, abris, cabines, etc) et en aménagement extérieur (portails, vérandas, pergolas) à condition d'éviter les emplois présentant un risque d'humidification permanente. Il est utilisé en menuiserie intérieure notamment pour la fabrication de parquets traditionnels ou mosaïque. Il est apprécié en construction navale en remplacement du Teck (bordés et ponts) en raison de ses qualités mécaniques et sa bonne durabilité naturelle.

L'Iroko est adapté à des emplois en structure, aussi bien pour des charpentes ou des ossatures bois (massives ou lamellées-collées) qu'en carrosserie ou plancher de véhicules. Il a été utilisé pour la fabrication de cuves à produits chimiques. Certaines billes figurées sont tranchées pour donner des placages d'ébénisterie appréciés en ameublement et décoration intérieure.

LIMBA (FRAKÉ)

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Terminalia superba Engl. & Diels
Famille des Combretacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Guinée équatoriale : Akom
Congo, République Démocratique du Congo : Limba
Côte d'Ivoire, Cameroun : Fraké
Ghana : Ofram
Nigeria, Royaume-Uni : Afara
République Centrafricaine : N'ganga

DESCRIPTION DU BOIS

L'aubier est difficilement discernable du duramen. Lorsqu'il est distinct, son épaisseur peut atteindre 13 à 15 cm. Le duramen a une couleur blanc crème légèrement nacré. Après exposition à l'air et à la lumière, sa couleur évolue peu mais fonce très légèrement en tirant sur le doré, rappelant celle du Chêne clair. Les Limba peuvent comporter plus ou moins de "cœur noir", certaines provenances en particulier ayant un bois jaunâtre parcouru par de grandes veines noirâtres. On distingue ainsi : le Limba clair, le Limba noir, de teinte gris olive à brun noir pour la zone foncée, le Limba bariolé présentant des veines et des plages de bois alternativement claires et foncées.

Les cernes d'accroissement sont fréquemment visibles, surtout sur les débits sur dosse. Le fil du bois est généralement droit, avec une légère et fine ondulation donnant aux débits rabotés un aspect moiré. Le grain est moyen. Les vaisseaux, de teinte brune, ressortent bien sur le fond clair du bois. Certaines billes, surtout celles de fort diamètre, comportent du "cœur mou". Les attaques d'insectes sur les arbres sur pied provoquent localement des discolorations du bois ; ces défauts sont acceptables sur les sciages lorsqu'ils sont peu fréquents.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Limba est un bois très léger à léger, tendre à mi-dur. Ses retraits linéaires transverses sont faibles à moyens à forts. Son retrait

volumique est moyen. Ses résistances mécaniques sont faibles à moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 450 à 650 kg/m³

Dureté Monnin* : 2,3

Point de saturation des fibres : 30 %

Retrait volumique total : 12 %

Retrait tangentiel total : 6,1 %

Retrait radial total : 4,3 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 47 MPa

Contrainte de rupture moyenne en flexion statique* : 88 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 9 500 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Limba présente une très faible résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il doit donc subir obligatoirement un traitement de préservation dans tous les emplois où un risque de réhumidification existe. Son utilisation est déconseillée dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée.

Cette essence est considérée comme faiblement durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 4) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait n'est pas résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est faible. Cette essence est considérée comme sensible aux termites (classe de durabilité : S) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme moyennement imprégnable (classe d'imprégnabilité : 2) selon la norme NF EN 350-2. En pratique, il est impératif de traiter le Limba à chaque étape de sa transformation : après abattage, après sciage, mais aussi lors de sa mise en oeuvre contre les Lyctus pour les pièces destinées à être utilisées en intérieur et non soumises à des reprises d'humidité, et contre les insectes et les champignons pour les éléments employés en extérieur.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Limba se scie sans difficulté particulière. Cependant, notamment chez les bois de plantation, le développement de contraintes de croissance dans les arbres sur pied peut être à l'origine de difficultés de sciage et provoquer l'apparition de fentes et de déformations sur les bois. Il convient alors de procéder à un sciage par retournement ou à un sciage symétrique afin de libérer progressivement les contraintes de croissance. Le rendement au sciage est souvent faible du fait de nombreux éclats.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Limba convient bien à la fabrication de placages et de panneaux de contreplaqué, mais les rendements sont relativement faibles en raison de la forte épaisseur de l'aubier, et parfois de la présence éventuelle de "coeur noir". De plus, les placages obtenus à partir du Limba bariolé ne sont guère appréciés à cause de leur aspect.

* Pour le déroulage, l'étuvage n'est pas indispensable si les bois sont frais de coupe. Dans le cas contraire, un étuvage à la vapeur à 70 °C environ pendant 24 heures est généralement conseillé. L'opération de déroulage ne pose aucune difficulté particulière, mais les placages obtenus sont cassants si les grumes ont été insuffisamment étuvées.

* En tranchage, les billes de Limba noir donnent des placages plus ou moins veinés ou unis dont la couleur rappellerait un peu celle du Noyer (d'où l'appellation "Noyer du Mayombe"). Néanmoins, ces placages ne présentent qu'un intérêt assez marginal à moins de leur appliquer une finition qui les mette en valeur. L'opération de tranchage s'effectue sans difficulté et les placages obtenus sèchent facilement et rapidement.

SÉCHAGE

Le Limba sèche rapidement et sans difficulté. Les risques de fentes ou de déformations sont très faibles. Lors du séchage à l'air libre, il est conseillé de faire des piles très aérées pour augmenter la circulation d'air et par conséquent diminuer le temps de séchage.

USINAGE

En raison de sa faible dureté, de son fil généralement droit et de sa faible fissilité, le Limba est un bois dont l'usinage ne présente pas de difficultés particulières, aussi bien lors du dégauchissage que durant les opérations de transformation ultérieures. Cependant, il est parfois difficile d'obtenir d'excellents états de surface car le bois a tendance à pelucher légèrement. En outre, il est assez abrasif.

ASSEMBLAGE

Les clous, vis, chevilles métalliques et agrafes s'enfoncent facilement et ont une bonne tenue. Le collage du bois avec les colles habituellement utilisées dans l'industrie ne présente pas de difficultés particulières.

FINITION

L'application de produits de finition teintés (lasures, vernis, peintures) ne présente aucune difficulté. Lorsque le bois est de couleur uniforme, une mise en teinte donne des résultats intéressants alors que pour les Limba bariolés, des finitions incolores sont conseillées.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Limba est un bois assez tendre et relativement léger, se séchant vite et facilement, se travaillant aisément et présentant une bonne stabilité une fois sec, mais d'une durabilité naturelle très médiocre. Par conséquent, les produits finis doivent toujours recevoir un traitement de préservation contre les Lyctus et contre les champignons. Ces traitements doivent être aussi appliqués préalablement après chaque étape du cycle de transformation. A cette condition, le Limba peut convenir pour une large gamme d'emplois. C'est un excellent bois de menuiserie intérieure (portes et aménagements intérieurs, moulures, plinthes ...), fréquemment peint pour masquer ses irrégularités de couleur. Il est utilisé en ameublement (carcasses et intérieurs de meubles, tiroirs, pieds de table, chaises). Il convient très bien pour la fabrication de meubles

peints et laqués, notamment les meubles pour enfants. Le Limba est utilisé en déroulage pour la fabrication de panneaux contreplaqués. Les placages peuvent également être utilisés pour la fabrication d'éléments en contreplaqué moulé (sièges, aménagement intérieur ...).

A condition de lui appliquer un traitement de préservation adapté, le Limba peut aussi convenir pour la fabrication de menuiseries extérieures (volets, persiennes, portes d'entrée, croisées...), de charpentes, et d'éléments lamellés-collés.

MOABI

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Baillonella toxisperma Pierre
Famille des Sapotacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Guinée équatoriale : Adjap, Ayap
Gabon : Adza, Niabi, Oréré, Oabé
Congo, République Démocratique du Congo, Angola : Moabi, Mwabi
Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni : Moabi

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait de Moabi est brun rosé à vieux rose plus ou moins foncé. Il a un aspect satiné apparent, notamment sur les débits sur quartier. Les cernes d'accroissement sont fréquemment visibles, et donnent aux débits un aspect finement veiné. Le grain est fin à très fin. Les pores sont peu apparents et les traces vasculaires très fines et très courtes. Le fil du bois est généralement droit, parfois ondulé, ondulé ou frisé. Le contrefil est quasiment inexistant. Les débits sur dosse et sur quartier ont un aspect très homogène, de couleur unie.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Moabi est un bois lourd, mi-dur à dur. Ses retraits linéaires transverses sont moyens. Son retrait volumique est moyen à élevé. Ses caractéristiques mécaniques sont élevées.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 800 à 900 kg/m³

Dureté Monnin* : 7

Point de saturation des fibres : 23 %

Retrait volumique total : 13,5 %

Retrait tangentiel total : 8,6 %

Retrait radial total : 6,5 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : faible à moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 74 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 158 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 17 000 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Moabi présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il est préconisé et conseillé dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est considérée comme très durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 1) selon la norme NF EN 350-1. Elle couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très bonne durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme peu imprégnable à non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 3-4) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le sciage du Moabi nécessite l'utilisation d'équipements adaptés aux bois durs. Le bois présente un taux de silice élevé (en moyenne entre 0,2 et 0,3%) ; il est donc très abrasif et exige l'emploi de lames stellées.

Le rendement obtenu au sciage et au délignage est élevé et

comparable à celui obtenu avec le Makoré. L'installation sur les machines d'un système d'aspiration efficace est indispensable car le dégagement de poussières de bois provoque chez certaines personnes une forte irritation des muqueuses du nez, des yeux et de la gorge.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Moabi convient très bien à la fabrication de placages tranchés, ainsi qu'en déroulage pour la fabrication de panneaux de contreplaqués spéciaux ou de panneaux décoratifs (les grumes pommelées ou frisées sont recherchées pour cet usage). En raison de sa densité élevée, le Moabi nécessite un étuvage prolongé avant tranchage ou déroulage. L'étuvage des quartelles de tranchage en vapeur détendue (100 °C environ) pendant 48 à 60 heures donne des résultats satisfaisants (étuvage légèrement plus long que pour le Makoré). De même, l'étuvage des rondins en vapeur à 70°C pendant quatre jours environ permet d'obtenir des placages déroulés de très bonne qualité. L'opération de déroulage se conduit de la même manière que celui du Makoré. Les placages obtenus, de couleur unie brun rouge foncé, présentent un excellent état de surface. Le séchage des placages est relativement rapide. Le ponçage des panneaux donne une excellente finition mais les bandes d'abrasif ont une durée de vie très courte en raison de la teneur en silice élevée.

SÉCHAGE

Le Moabi sèche bien, sans risque de déformation. Cependant, pour éviter l'apparition de fentes de retrait ou l'aggravation de fentes déjà existantes, il est recommandé de ne pas sécher les bois trop rapidement. Pour le séchage à l'air, les débits doivent être empilés sous abri avec des baguettes minces par rapport à l'épaisseur des débits (ventilation limitée). Le Moabi ayant des retraits linéaires assez élevés, il est recommandé de le sécher lentement jusqu'à obtenir un faible taux d'humidité du bois (10-12% environ) pour une utilisation en menuiserie ou en ébénisterie.

USINAGE

L'ensemble des opérations d'usinage donne des résultats satisfaisants ; lors du tenonnage et du mortaisage, il est cependant recommandé d'utiliser des pare-éclats. Le taux de silice élevé rend ce bois abrasif d'où la nécessité d'un outillage stellite ou à mise rapportée de carbure de tungstène pour avoir une tenue de coupe suffisante dans le cadre d'une fabrication industrielle. L'installation sur les machines (en particulier sur les 4-faces, tenonneuses, calibreuses, et ponceuses)

d'un système d'aspiration efficace est indispensable du fait du dégagement de poussières irritantes. Le ponçage est facile et donne un excellent fini.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue. En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés car le bois est dur et a tendance à fendre. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient parfaitement respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Moabi présente d'excellentes propriétés technologiques comparables à celles du Makoré. Il convient pour la fabrication de menuiseries extérieures, portes d'entrée, fermetures extérieures, fenêtres et portes-fenêtres, mais aussi comme bois d'environnement (passerelles, mobilier et aménagement urbain, murs anti-bruit, abris, cabines, etc) et en aménagement extérieur (portails, vérandas, pergolas). Il est adapté à tous les emplois présentant un risque d'humidification permanente, notamment en construction navale pour la fabrication de quille, membrures cintrées, bordés, ponts. Dans ce secteur d'activité, il est employé également sous forme de contreplaqués durables et résistants à l'humidité, comme panneaux décoratifs pour les aménagements intérieurs de bateaux de plaisance. Son grain fin et sa couleur brun rouge unie le font apprécier pour de nombreuses utilisations intérieures : menuiserie, agencement, décoration, parquet, escalier, ameublement massif ou plaqué. Il convient aussi en tournerie et en sculpture, pour la fabrication d'articles de sport, de manches de couteaux, d'instruments de musique, de jouets. L'installation sur les machines d'un système d'aspiration efficace est indispensable car les poussières dégagées lors de l'usinage sont irritantes.

MOVINGUI

DENOMINATIONS

BOTANIQUE

Distemonanthus benthamianus Benth.
Famille des Césalpiniacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Gabon : Eyen
Côte d'Ivoire : Movingui
Ghana : Bonsamdua
Nigéria, Royaume-Uni : Ayan
Europe sauf Royaume-Uni : Movingui

DESCRIPTION DU BOIS

Le Movingui est un bois jaune citron plus ou moins foncé, présentant occasionnellement quelques variations de teinte en jaune brun à verdâtre. L'aubier a une teinte plus claire, parfois grisâtre. Les débits dans le bois parfait ont une couleur unie. Le grain est moyen. Le fil est assez irrégulier. Les vaisseaux contiennent parfois des dépôts blanchâtres. Le contrefil est occasionnel et peut donner un aspect moiré aux débits ou aux placages sur quartiers qui sont fréquemment ondulés ou rubanés. Des fractures transversales peu apparentes (coups de vent) sont parfois observées. Certains Movingui contiennent des extraits jaunes hydrosolubles susceptibles d'être à l'origine de taches sur les éléments en contact avec le bois, notamment lorsqu'il est exposé à des sources d'humidité permanentes.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Movingui est un bois mi-lourd, mi-dur à dur. Ses retraits linéaires transverses sont faibles à moyens. Son retrait volumique est moyen à élevé. Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 650 à 850 kg/m³

Dureté Monnin* : 5,5

Point de saturation des fibres : 23 %

Retrait volumique total : 11 %

Retrait tangentiel total : 5,8 %

Retrait radial total : 3,6 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : faible à moyenne

Stabilité en service : moyenne à bonne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 64 Mpa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 129 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 11 900 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Movingui présente une résistance moyenne vis-à-vis des champignons de pourriture. Il peut être utilisé sans traitement de préservation dans tous les emplois où un risque de réhumidification existe, mais il n'est pas conseillé dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Il doit si nécessaire recevoir un traitement de préservation contre les termites. Cette essence est considérée comme moyennement durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 3) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une durabilité naturelle moyenne vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*. Cette essence est considérée comme moyennement durable vis à vis des termites (classe de durabilité : M) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme non imprégnable (classe d'imprégnabilité : 4) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le taux de silice dans le bois est variable, mais souvent élevé (0,15% à 1%). De ce fait, il est recommandé d'utiliser des lames stellées ou à mise rapportée de carbure de tungstène. A l'état très frais, l'abrasivité du bois est nettement moindre qu'à l'état sec.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Movingui peut être déroulé après étuvage prolongé. Cependant, il n'est pas employé du fait de sa couleur jaunie unie et de son aspect non figuré, peu appréciés en décoration.

En tranchage, les bois ondes, moirés ou rubanés sont recherchés pour l'ébénisterie et la décoration intérieure (ameublement, panneaux décoratifs, portes). Un étuvage assez soutenu de 48 heures à l'eau bouillante est nécessaire pour donner aux placages une bonne souplesse et favoriser ultérieurement leur séchage. L'opération de tranchage ne présente aucune difficulté.

SÉCHAGE

Le Movingui se sèche facilement, sans risques de déformations importantes, mais il est sensible aux gerces et fentes en bout. En séchoir traditionnel ou par déshumidification, il se sèche sans difficulté.

USINAGE

Le rabotage, le moulurage et le toupillage du bois donnent de bons états de surface à condition que la vitesse d'amenage soit réduite et que les angles d'attaque soient faibles du fait du contrefil irrégulier. Le Movingui se tenonne, se perce, se mortaise sans difficulté particulière, mais pour obtenir une tenue de coupe suffisante, il est recommandé d'utiliser des outils à mise rapportée de carbure de tungstène car le bois est abrasif (taux de silice élevé). L'installation d'un système d'aspiration efficace est indispensable car le dégagement de poussières de bois provoque chez certaines personnes des dermatoses et des affections respiratoires.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous

réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie. Lorsqu'un parfait état de surface est recherché, en particulier en ameublement, l'application d'un fond dur ou un bouche-porage est conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Ses caractéristiques physiques, mécaniques et esthétiques rendent le Movingui adapté à une large gamme d'emplois. Du fait de sa résilience, il est employé en contrage et dans les emplois soumis au choc. Ses qualités mécaniques le font apprécier dans les utilisations en structure massive ou lamellée-collée, aussi bien qu'en ameublement, en décoration intérieure ou en parquet mosaïque (éventuellement associé à d'autres essences) ou traditionnel (vernissage ou vitrification recommandés car ce bois de couleur claire à grain moyen à tendance à s'encrasser rapidement lorsqu'il est simplement ciré). Il trouve de larges débouchés en menuiserie extérieure (portes d'entrée, croisées, fermetures extérieures, portes de garage) ou intérieure (aménagement, agencement, décoration). Sa bonne résistance au choc le rend adapté à la fabrication de fonds de wagon et de camion, et d'articles de sports. Sa bonne tenue aux acides dilués (notamment l'acide sulfurique), permet de l'utiliser dans certains emplois spéciaux tels que la fabrication de cuves à produits chimiques. Certains Movinguis contiennent des extraits jaunes hydrosolubles susceptibles d'être à l'origine de taches sur les éléments en contact avec le bois, lorsqu'il est exposé sans protection à des sources d'humidité permanentes.

NIOVÉ

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUES

Staudtia kamerunensis Warb. (= *S. stipitata* Warb.)

Famille des Myristicacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun : M'Bonda

Guinée : Bakapi

Gabon : Niové, M'Boun

Congo, Angola : Menga-Menga

République Démocratique du Congo : Susumenga

Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni : Niové

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait de Niové a une couleur assez variable : il comporte fréquemment une zone de bois en cours de duraminisation, plus colorée que l'aubier, mais assez claire (jaune orangé), qui entoure le bois de coeur ocre clair à brun rouge plus ou moins foncé. Cette dernière zone est parfois parcourue de veines brun noirâtre. Lorsqu'il est assez foncé, le bois rappelle beaucoup l'Acajou de Cuba avec un grain plus fin. Ces variations de couleur constituent un handicap pour le développement de certains emplois où une homogénéité d'aspect est requise. L'aubier se distingue bien du reste du bois ; il est jaune rosâtre pâle. Le grain est très fin. Le bois est parfaitement homogène et les cernes d'accroissement ne sont pas visibles. Le fil est généralement très droit. Les débits sont légèrement lustrés et ont occasionnellement un aspect gras. Après rabotage, une remontée de poudre blanchâtre à la surface du bois est parfois observée. Cette poudre s'élimine facilement et n'a aucune incidence sur la finition.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Niové est un bois lourd à très lourd, mi-dur à très dur. Ses retraits linéaires transverses et son retrait volumique sont faibles à moyens. Ses caractéristiques mécaniques sont élevées.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 850 à 1000 kg/m³

Dureté Monnin* : 7,8

Point de saturation des fibres : 24 %

Retrait volumique total : 13,6 %

Retrait tangentiel total : 6 %

Retrait radial total : 4,9 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne à élevée

Stabilité en service : faible à moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 88 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 170 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 15 000 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Niové présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Cependant, la zone de bois intermédiaire, plus claire que le bois parfait, est caractérisée par une durabilité naturelle voisine de celle de l'aubier, et risque d'être attaquée par les champignons (même particularité que pour l'Azobé). Il est possible d'utiliser cette essence (hors bois de transition) dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification temporaire ou permanente. Cette essence couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois parfait (hors bois intermédiaire) présente une très bonne durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*.

IMPRÉGNABILITÉ

Le bois parfait de Niové est difficilement imprégnable par les produits de préservation.

En climat tempéré, le Niové peut être employé sans traitement de préservation dans tous les emplois si la zone de bois intermédiaire est éliminée. Dans le cas contraire, un traitement de préservation doit être appliqué pour éviter les attaques d'insectes et de champignons. Sous les climats tropicaux, il est conseillé de traiter le bois dans son intégralité pour toutes les utilisations au contact permanent et direct du sol ou de sources d'humidité.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le sciage du Niové est lent mais ne présente pas de difficulté. Il nécessite l'utilisation d'équipements adaptés aux bois très durs avec des lames stellites à faible pas de denture.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Niové ne se déroule pas mais convient très bien à la fabrication de placages tranchés d'ébénisterie et de décoration. En raison de sa densité élevée, l'étuvage du Niové est indispensable et doit s'effectuer en eau chaude (90°C - 48 heures). Sur quartier, il donne des placages abondamment maillés. L'opération de tranchage nécessite un parfait réglage des outils.

SÉCHAGE

Le séchage du Niové à l'air libre et en séchoir artificiel doit être conduit prudemment en raison de risques de formation de poches d'eau à l'intérieur des pièces. Un ressuyage des bois sous abri préalablement au séchage artificiel est recommandé. Il est par la suite conseillé de procéder à un réchauffage du bois pendant environ une journée en début de cycle de séchage. Afin de limiter l'apparition de gerces, les bois devront être séchés jusqu'à une humidité voisine de l'humidité de stabilisation après mise en oeuvre.

USINAGE

Le Niové est un bois très dur mais n'est pas siliceux. Il se dégauchit, se rabote, se profile sans problème particulier à condition d'utiliser des équipements adaptés à des bois très durs. Lors du mortaisage et du tenonnage, des pare-éclats sont indispensables. Cette essence se tourne très bien et son grain très fin lui permet de donner un excellent fini.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue, mais des avant-trous sont indispensables car le bois est très fissile. Comme pour tous les bois très durs, le collage est délicat mais donne de bons résultats à condition que les modalités de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient parfaitement respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie. Sa couleur hétérogène rend nécessaire pour certaines utilisations une mise en teinte éventuellement précédée d'une décoloration locale.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Niové est essentiellement utilisé dans ses zones de production et actuellement peu exporté.

Il est apprécié pour son grain très fin qui permet d'obtenir d'excellentes finitions, pour ses bonnes qualités mécaniques, sa très bonne durabilité naturelle. Ses utilisations sont limitées par sa couleur hétérogène et variable, la présence d'une zone de bois intermédiaire très peu durable, et sa fissilité élevée qui rend sa mise en oeuvre délicate et nécessite un séchage lent. Il constitue un excellent bois d'ébénisterie ; en ameublement, du fait de sa stabilité insuffisante, il est employé essentiellement en placage. Il convient pour la fabrication de panneaux décoratifs intérieurs ainsi qu'en tournerie, en broserie, en bimbelerie et pour la fabrication de sièges. Il permet de fabriquer des parquets de haut de gamme et des revêtements de sols spéciaux (très bonne résistance à l'usure et aux acides). Son emploi pourrait se développer en construction navale de plaisance, en massif pour les pièces mécaniques ou en placages pour la décoration intérieure.

OKOUMÉ

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Aucoumea klaineana Pierre
Famille des Burseracées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Gabon : Okoumé, Angouma, Moukoumi, N'Koumi
Congo : N'Kumi
Guinée équatoriale : Okumé
France : Okoumé
Grande-Bretagne, Pays-Bas : Okoumé, Gaboon

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait d'Okoumé a une couleur rose saumon uniforme, plus ou moins foncée, parfois assez pâle, parfois au contraire d'un rose franc et vif avec un aspect lustré et nacré qui le différencie bien de l'aubier blanc grisâtre. Après une longue exposition à la lumière, la teinte rose s'estompe et le bois devient beige clair ou beige jaunâtre. Le grain est moyennement fin. Le fil est parfois droit, mais le plus souvent avec un contrefil assez régulier mais peu marqué qui ne donne pas aux bois un aspect rubané. Certains bois ont un fil plus ou moins ondulé dont l'effet se superpose à celui du contrefil et confère aux débits un aspect ondulé, cordé ou moiré.

Les cernes d'accroissement sont représentés par des alternances de zones claires et foncées, bien visibles lorsque le bois est poncé. Les pores sont circulaires ou très légèrement ovoïdes, de taille plutôt régulière, souvent isolés, certains accolés radialement par 2, plus rarement par 3 ou 4, variant en abondance selon les couches. Ils sont souvent obstrués par des thylles à parois minces et brillantes. Le parenchyme est indistinct. Les rayons sont fins, uniquement visibles à la loupe, uniformes en largeur, régulièrement espacés, de teinte plus claire que le tissu fibreux.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Okoumé est un bois très léger à léger, très tendre à tendre. Ses retraits linéaires transverses et son retrait volumique sont faibles à

moyens. Ses caractéristiques mécaniques sont faibles.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 350 à 500 kg/m³

Dureté Monnin* : 1,6

Point de saturation des fibres : 40 %

Retrait volumique total : 12 %

Retrait tangentiel total : 6,9 %

Retrait radial total : 4,6 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne à élevée

Stabilité en service : faible à moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 36 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 70 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 7 800 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

L'Okoumé présente une faible résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Son utilisation est déconseillée dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est considérée comme faiblement durable vis-à-vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 4) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait n'est pas résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

La durabilité du bois vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis* est très faible. Cette essence est considérée comme sensible aux termites (classe de durabilité : S) selon la norme NF EN 350-1.

IMPREGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme peu imprégnable (classe

d'imprégnabilité : 3) selon la norme NF EN 350-2.

Note : après abattage, les billes d'Okoumé sont peu sensibles au bleuissement mais peuvent être attaquées par les insectes de piqûres noires ; il est donc conseillé de les traiter avant leur transport vers les unités de transformation.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

L'Okoumé a un effet désaffûtant prononcé (taux de silice élevé, compris entre 0,1 et 0,3%). En scierie, indifféremment sur les scies à ruban ou sur les scies circulaires, le stellitage est indispensable et donne des résultats très satisfaisants.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

L'Okoumé est avant tout une essence de déroulage dont le faible contrefil n'a pas d'incidence sur le processus de transformation. Si les bois sont frais, ils peuvent être déroulés sans traitement thermique avec un angle de dépouille variant entre -0,5° (i grume 20 cm) et +1,5° (i grume 100 cm), et un taux de compression variant généralement de 10% (placages de 9/10 à 15/10 mm) à 20% (placages de 20/10 mm). Un traitement thermique à la vapeur est cependant recommandé pour améliorer nettement la qualité des placages produits (proportion de choix I doublée). Un tel traitement permet en effet de ramollir la texture du bois, d'homogénéiser l'humidité des bois, de faciliter le séchage des placages et développer leur résistance, d'améliorer la qualité des états de surface. Le déroulage avec traitement nécessite un angle de dépouille variant entre -1° (i grume 20 cm) et +1,25° (i grume 100 cm), et un taux de compression légèrement supérieur à celui préconisé pour le déroulage à froid.

SÉCHAGE

Le séchage artificiel de l'Okoumé pose peu de problèmes, sauf pour les bois qui présentent un contrefil important et qui auront tendance à se déformer. Ce type de défaut est notamment fréquent sur les pièces de faible dimension. Le chargement des piles de bois durant le séchage est recommandé.

USINAGE

En seconde transformation, il est conseillé d'utiliser des outils au carbure de tungstène car le bois est très désaffûtant. Des angles d'attaque faibles sont recommandés (20° en rabotage, 10 à 15° en

touillage). Pour les pièces contrefilées, les outils en acier rapide sont préférés aux outils au carbure car ils permettent d'obtenir de meilleurs états de surface grâce à un affûtage plus précis.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté mais leur tenue est limitée par la très faible densité du bois. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les produits de finition utilisés dans l'industrie.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

La principale utilisation de l'okoumé reste le contreplaqué. En effet, les caractéristiques de cette essence (rectitude et dimensions des grumes, faible densité, qualité assez homogène, abondance en forêt) en font un bois très apprécié en déroulage. Les placages d'Okoumé peuvent être utilisés aussi bien en face qu'en plis intérieurs pour la fabrication de contreplaqués à usage intérieur ou extérieur. En général, les noyaux de déroulage sont utilisés pour la fabrication de panneaux lattés. En plus de son utilisation en déroulage, les caractéristiques de l'Okoumé et sa disponibilité élevée le rendent adapté à une large gamme d'utilisations. Il convient notamment pour la fabrication de menuiserie intérieure, de moulures, de lambris, ainsi qu'en ameublement.

OVENKOL

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Guibourtia ehie J. Léonard
Famille des Césalpiniacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Côte d'Ivoire : Amazakoué
Ghana : Hyeduanini, Ehie, Anokye
Gabon : Ovèngkol, Ovangkol
Guinée équatoriale : Palissandro
Allemagne, France, Italie, Royaume-Uni : Ovèngkol, Ovangkol
Pays-Bas : Ovangkol
Sous forme de placages, on l'appelle parfois " Mongoy" ou " Noyer Mongoy".

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait d'Ovengkol est brun jaunâtre à chocolat parcouru d'étroites veines grises à noirâtres, certaines étant plus larges, moins distinctes avec des reflets cuivrés. Son aspect est très voisin de celui du Mutenyé (*Guibourtia arnoldiana*) dont il se distingue par sa teinte tirant sur le jaune alors que le Mutenyé tire sur le rose. L'aubier est blanc jaunâtre à l'état frais et devient grisâtre en séchant. Certaines plages de bois présentent des vaisseaux qui renferment des dépôts blanchâtres sans incidence sur le comportement technologique du bois. Ces dépôts peuvent être éliminés superficiellement par lavage à l'eau très chaude. Le grain est fin. Le contrefil est assez fréquent, irrégulier et donne aux débits sur quartier un aspect moiré caractéristique. Les placages tranchés sur quartier présentent une maille très fine et abondante.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Ovengkol est un bois mi-lourd à lourd, dur à très dur. Ses retraits linéaires transverses sont faibles à moyens. Son retrait volumique est moyen à élevé. Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 700 à 900 kg/m³

Dureté Monnin* : 7,5

Point de saturation des fibres : 24 %

Retrait volumique total : 13,5 %

Retrait tangentiel total : 8 %

Retrait radial total : 3,8 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 69 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 141 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 17 300 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

L'Ovengkol présente une bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il peut être utilisé sans traitement de préservation dans tous les emplois où un risque de réhumidification peut survenir, mais il n'est pas conseillé dans les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 2) selon la norme NF EN 350-1.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une bonne durabilité vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1, ceci bien que des attaques limitées aient été constatées sur des ouvrages en place en zone tropicale.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme peu imprégnable (classe d'imprégnabilité : 3) selon la norme NF EN 350-2.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

L'Ovengkol se scie facilement mais nécessite des équipements adaptés aux bois durs. Le bois étant peu abrasif, le stellite des lames n'est pas nécessaire.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Malgré la densité élevée du bois, les rondins d'Ovengkol se déroulent sans difficulté. Les placages déroulés sont appréciés pour la fabrication de panneaux décoratifs et en ameublement.

Cependant, les placages décoratifs d'Ovengkol sont principalement obtenus par tranchage, le déroulage de cette essence étant peu développé. L'étuvage des rondins destinés au déroulage ou des quartelles de tranchage est indispensable. Un étuvage en eau chaude (à 90-95 °C) des quartelles pendant 48 heures ou un étuvage à la vapeur des rondins pendant 48 à 72 heures permet d'obtenir de bons résultats. Le tranchage permet fréquemment d'obtenir des placages moirés. Certains placages présentent parfois des veines blanchâtres qui peuvent être éliminées par lavage à l'eau très chaude. Les placages tranchés sur dosse sont particulièrement appréciés.

SÉCHAGE

A l'air libre, l'Ovengkol sèche facilement et assez rapidement. Des pièces de 53 à 80 mm d'épaisseur peuvent passer de l'état vert à 20% d'humidité en 8 à 9 mois. Durant le séchage artificiel, les pièces contrefilées ont tendance à se déformer d'où la nécessité d'appliquer une charge sur les piles de bois dans le séchoir.

USINAGE

Malgré sa dureté élevée et son contrefil assez fréquent, l'Ovengkol est un bois qui s'usine facilement avec des outils à mise rapportée de carbure de tungstène. Il est peu abrasif mais nécessite des équipements adaptés aux bois durs. Pour obtenir d'excellents états de surface, il est conseillé de réduire l'angle d'attaque des outils jusqu'à 20°. Lors du perçage et du mortaisage, le bois a parfois tendance à brûler en surface. Il se mouline, se toupille, se tourne et se sculpte

particulièrement bien. Le ponçage permet d'obtenir une excellente finition et un beau poli.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue. En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie. Il prend très bien les teintes.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Ses caractéristiques mécaniques et esthétiques, et sa bonne durabilité naturelle rendent cette essence adaptée à une large gamme d'emplois. Notamment en décoration, l'Ovengkol peut remplacer avantageusement le Teck et le Palissandre. Il est avant tout utilisé en ameublement et en décoration, aussi bien sous forme massive (meubles de style, lambris décoratifs, parquets, éléments d'agencement de haut de gamme) qu'en placages tranchés ou déroulés (meubles modernes, panneaux muraux, etc). Sa bonne durabilité naturelle permet de l'employer dans les aménagements de cuisine et de salles de bains. Il peut être également utilisé en tournerie, en coutellerie, pour la fabrication de manches d'ustensiles, d'instruments de musique, et de crosses de fusils. Il convient aussi pour la fabrication de menuiseries extérieures et intérieures.

OZIGO

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Dacryodes buettneri H.J. Lam
Famille des Burseracées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Gabon : Assia, Ozigo, Mossigon
Guinée équatoriale : Assia

DESCRIPTION DU BOIS

L'Ozigo est un bois beige grisâtre à rose grisâtre, à éclat lustré, dont l'aspect se rapproche beaucoup de celui de l'Okoumé, en plus grisâtre. L'aubier, généralement de faible largeur et peu distinct du duramen, est gris rosé pâle. Le grain est moyen à grossier. Le fil est généralement droit, parfois légèrement contrarié. Le contrefil est très fréquent, accusé et souvent irrégulier. Les débits sur plein quartier sont rubanés, parfois moirés.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

L'Ozigo est un bois léger à mi-lourd, tendre à mi-dur. Ses retraits linéaires transverses et son retrait volumique sont moyens. Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à moyennes.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 500 à 700 kg/m³

Dureté Monnin* : 2,8

Point de saturation des fibres : 35 %

Retrait volumique total : 13,3 %

Retrait tangentiel total : 7,4 %

Retrait radial total : 5,3 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : moyenne

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 52 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 101 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 11 200 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

L'Ozigo présente une faible résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Sachant qu'il est difficilement imprégnable et que l'aubier est peu distinct du bois parfait, son utilisation est déconseillée dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait n'est pas résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très faible durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*.

IMPRÉGNABILITÉ

L'Ozigo est difficilement imprégnable par les produits de préservation.

RÉSISTANCE NATURELLE VIS-À-VIS DES FOREURS MARINS

L'Ozigo présente une bonne résistance naturelle aux tarets ce qui permet son utilisation pour la fabrication de coques de navires.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

L'Ozigo est abrasif et présente un fort caractère désaffûtant du fait de sa teneur élevée en silice (0,1 à 0,5%). Son sciage dans des conditions industrielles nécessite l'emploi de lames stellitées.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

L'Ozigo convient très bien à la fabrication de placages et de panneaux de contreplaqués. Il est uniquement déroulé car les placages tranchés n'offrent qu'un intérêt très limité. Les rondins frais de coupe peuvent se dérouler sans étuvage préalable. Cependant, l'étuvage des bois facilite toujours la production et améliore la qualité du placage. Un étuvage en vapeur détendue pendant 48 à 72 heures donne des résultats

satisfaisants. Le déroulage se conduit de façon identique à celui de l'Okoumé (taux de compression, cote verticale et passage identiques). Cependant, les meilleurs résultats sont obtenus en faisant varier l'angle de dépouille en cours de déroulage de + 3° au début à + 0°30' en fin de déroulage. Le rendement matière et le rendement qualité sont très comparables à ceux de l'Okoumé. Les placages d'Ozigo se sèchent dans les mêmes conditions que ceux d'Okoumé, mais plus lentement, avec de faibles risques d'ondulations ou de fentes de retrait. Le collage des placages peut présenter quelques difficultés, d'où la nécessité de sécher parfaitement les bois et d'augmenter légèrement le grammage de colle.

SÉCHAGE

L'Ozigo présente très souvent un contrefil important. De ce fait, le séchage doit être mené lentement afin de limiter les risques de déformations.

USINAGE

Du fait de sa forte teneur en silice et de son contrefil fréquemment accusé, l'Ozigo est un bois assez difficile à usiner et qui ne permet pas d'obtenir d'excellents états de surface, ceci aussi bien au dégauchissage et au rabotage qu'au moulurage. Les meilleurs résultats sont obtenus en utilisant des outils à mise rapportée de carbure de tungstène et en réduisant autant que possible l'angle d'attaque des outils (jusqu'à environ 15°). Les débits sur dosse donnent les meilleurs états de surface après usinage.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

Le collage présente certaines difficultés, notamment avec les colles phénol-formol.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie. Lorsqu'un parfait état de surface est recherché, l'application d'un fond dur ou un bouche-porage est conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

L'Ozigo est principalement utilisé en déroulage pour la fabrication de panneaux de contreplaqués destinés au coffrage ou la fabrication de meubles peints. Son comportement est voisin de celui de l'Okoumé, mais il nécessite un étuvage plus soutenu et son séchage est plus long et plus délicat. Il est peu utilisé sous forme massive du fait de son manque de stabilité, de son contrefil fréquemment accusé et de sa teneur élevée en silice. Il peut être cependant utilisé en menuiserie intérieure, pour la fabrication d'ossatures ou d'éléments de meubles, éventuellement pour la fabrication de lambris et parquet. L'Ozigo présente une bonne résistance naturelle aux tarets ce qui permet de l'utiliser pour la fabrication de coques de navires.

PADOUK

DÉNOMINATIONS

BOTANIQUE

Pterocarpus soyauxii Taub.
Famille des Fabacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Angola : Tacula
Cameroun, Gabon : M'Bel
Congo : Kisésé
Nigéria : Osun
République Démocratique du Congo : N'Gula, Mukula, Mongola
Allemagne : Afrikanisches Padouk
Belgique : Corail
Pays-Bas : Afukaans, Padock
Royaume Uni : Padouk, Barwood, Camwood

DESCRIPTION DU BOIS

Le bois parfait de Padouk est rouge corail lorsqu'il est frais de sciage, puis devient en quelques jours brun-mauve foncé après exposition à l'air. Il prend par la suite une teinte de plus en plus brun gris violacé. Le bois est parfois parcouru de veines brunâtres peu délimitées. L'aubier est bien différencié, de teinte blanchâtre. Le grain est plutôt grossier. Le contrefil est occasionnel, régulier et peu accusé, donnant aux débits sur quartier un aspect finement rubané. Le fil est assez droit. Les cernes d'accroissement sont visibles et donnent aux débits sur dosse un aspect figuré.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Padouk est un bois mi-lourd à lourd, mi-dur à très dur. Ses retraits linéaires transverses sont particulièrement faibles par rapport à sa densité. Son retrait volumique est moyen. Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 650 à 900 kg/m³

Dureté Monnin* : 8

Point de saturation des fibres : 22 %

Retrait volumique total : 8 %

Retrait tangentiel total : 5 %

Retrait radial total : 3,2 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : faible

Stabilité en service : très bonne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 64 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 126 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 12 600 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Padouk présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il est préconisé et conseillé dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente ou prolongée. Cette essence est considérée comme très durable vis à vis des champignons lignivores (classe de durabilité : 1) selon la norme NF EN 350-1. Elle couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très bonne durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*. Cette essence est considérée comme durable vis à vis des termites (classe de durabilité : D) selon la norme NF EN 350-1.

IMPRÉGNABILITÉ

Cette essence est considérée comme moyennement imprégnable (classe d'imprégnabilité : 2) selon la norme NF EN 350-2. Sous climat tropical, elle peut être utilisée en contact permanent et direct avec le sol après traitement à la créosote, et peut être utilisée en milieu marin

après traitement contre les foreurs marins (tarets).

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Padouk se scie facilement à l'aide d'équipements adaptés au sciage des bois durs. Son taux de silice est négligeable et sa dureté élevée lui confèrent un caractère abrasif modéré. Cependant, dans des conditions de transformation industrielle, le stellitage des lames est conseillé. Certaines grumes présentent des roulures.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Padouk n'est pas utilisé en déroulage. Il se tranche facilement et donne des placages de qualité esthétique recherchée, mais dont la couleur est peu stable. Un étuvage des quartelles de tranchage est indispensable car les bois sont très denses (vapeur détendue pendant environ 48 heures). La qualité des placages n'est pas très constante (noeuds et fil irrégulier chez certaines grumes).

SÉCHAGE

Le Padouk se sèche sans difficulté et relativement rapidement, avec de faibles risques de fentes ou de déformations. Le séchage à l'air permet d'abaisser rapidement le taux d'humidité des bois jusqu'à environ 15%. Par la suite, un séchage artificiel en séchoir traditionnel permet d'atteindre rapidement des taux d'humidité du bois inférieurs à 10%.

USINAGE

Du fait de son fil généralement régulier, du contrefil peu accusé et de son faible taux de silice, le Padouk s'usine facilement malgré sa dureté élevée. L'emploi d'outils à mise rapportée de carbure de tungstène n'est pas nécessaire, mais son usinage nécessite des équipements adaptés aux bois durs. Il se dégauchit, se rabote, se mouline, se tenonne, se mortaise et se perce sans difficulté. Pour les pièces contrefilées, l'angle d'attaque des outils doit être réduit.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes, chevilles métalliques et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue.

En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés. Le collage ne présente aucune difficulté particulière et donne de bons résultats avec toutes les colles utilisées couramment dans l'industrie sous

réserve que les conditions de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient parfaitement respectées compte tenu de la densité élevée du bois.

FINITION

Le bois se peint et se vernit généralement sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie, bien que certains bois soient comme l'Iroko réfractaires aux produits qui contiennent des huiles siccatives libres et qui séchent par oxydation. Il est de ce fait conseillé d'utiliser des peintures ou vernis à base de résines synthétiques (cellulosiques, vinyliques ou polyuréthanes) qui séchent par polymérisation. Ces produits peuvent servir de couche d'impression et constituer le support de base pour les autres catégories de produits de finition. Lorsqu'un excellent état de surface est recherché, un bouche-porage préalable est conseillé.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Padouk présente d'intéressantes qualités technologiques : très bonne durabilité naturelle (couverture de la classe de risque biologique 4 sans traitement de préservation), bonne stabilité, faible abrasivité malgré une dureté élevée, séchage facile et rapide, usinage facile. Sa couleur rouge vif à l'état frais le rend très attractif, mais elle évolue et passe avec le temps ; il n'existe aucun produit de finition qui permette réellement de la stabiliser de façon durable.

Ce bois convient pour la fabrication de menuiseries extérieures, portes d'entrée, fermetures extérieures, fenêtres, portes-fenêtres, parquets de haut de gamme ou à usage intensif. Il convient aussi comme bois d'environnement (passerelles, mobilier et aménagement urbain, murs anti-bruit, abris, cabines, etc) et en aménagement extérieur (portails, vérandas, pergolas). Son excellente durabilité le rend adapté à tous les emplois présentant un risque d'humidification permanente et pour les ouvrages soumis aux intempéries : installations portuaires, jetées, estacades, constructions hydrauliques en eau douce (écluses). Il est aussi apprécié en construction navale. Il est utilisé pour de nombreux emplois intérieurs : charpente apparente, menuiserie, agencement, escalier, ameublement. Il convient aussi en tournerie ainsi qu'en coutellerie.

TALI

DENOMINATIONS

BOTANIQUES

Erythrophleum ivorense A. Chev. (= *E. micranthum* G. Don)

Erythrophleum suaveolens Brenan (= *E. guineense* Harms)

Famille des Césalpiniacées

VERNACULAIRES ET COMMERCIALES

Cameroun, Gabon : Eloun, Elone

Congo, République Démocratique du Congo : N'Kassa

Côte d'Ivoire : Alui, Tali

Ghana : Potrodon

Guinée Bissau : Mancone

Guinée équatoriale : Elondo

Mozambique : Missanda

Nigeria : Erun, Sasswood

Sénégal : Tali

Sierra Leone : Gogbei

Tanzanie : Mwawi

Allemagne, France, Pays-Bas : Tali

Royaume-Uni : Missanda

DESCRIPTION DU BOIS

A l'état frais, le bois parfait de Tali est brun-jaune, nuancé de reflets cuivrés. Après séchage, il prend une couleur brun-roux avec quelques veines peu apparentes plus sombres apparaissant en bois de bout comme des cernes concentriques. L'aubier bien différencié est de couleur blanc crème. Les cernes d'accroissement sont peu visibles ; lorsqu'ils sont larges, ils sont soulignés par une fine veine brune. Le grain est plutôt grossier. Les nombreux pores et les traces vasculaires sont très apparents, de diamètre assez important, et présentent fréquemment des dépôts jaunâtres. Le contrefil est fréquent, plutôt irrégulier et accusé. Le fil est souvent ondulé ou irrégulier.

PRINCIPALES PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES

Le Tali est un bois lourd à très lourd, dur à très dur. Ses retraits linéaires transverses et son retrait volumique sont moyens à élevés.

Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées.

Nota : les valeurs ci-après précédées d'un astérisque correspondent à un taux d'humidité du bois de 12 % (norme française NF B 51-002).

Masse volumique à l'état sec* : de 800 à 1050 kg/m³

Dureté Monnin* : 9,5

Point de saturation des fibres : 26 %

Retrait volumique total : 14,5 %

Retrait tangentiel total : 8,5 %

Retrait radial total : 5,2 %

Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : élevée

Stabilité en service : moyenne

Contrainte de rupture en compression parallèle* : 79 MPa

Contrainte de rupture en flexion statique* : 142 MPa

Module d'élasticité longitudinal* : 15 600 Mpa

DURABILITE ET IMPREGNABILITE

Remarque : les caractéristiques indiquées ci-après concernent celles du bois parfait. L'aubier doit toujours être considéré comme présentant une durabilité inférieure à celle du duramen vis-à-vis des insectes et des champignons.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX CHAMPIGNONS

Le Tali présente une très bonne résistance vis-à-vis des champignons de pourriture. Il est préconisé dans tous les emplois exposés à un risque d'humidification permanente (constructions lourdes et ouvrages exposés aux intempéries). Il couvre naturellement (sans traitement de préservation) la classe 4 de risque biologique.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX LYCTUS

Le bois parfait est résistant aux attaques de Lyctus.

RÉSISTANCE NATURELLE AUX TERMITES

Le bois présente une très bonne durabilité naturelle vis-à-vis des termites de l'espèce *Reticulitermes santonensis*.

IMPRÉGNABILITÉ

Le Tali est très difficilement imprégnable par les produits de préservation.

Remarque : Le Tali peut être attaqué par les xylophages marins dans les constructions hydrauliques en eaux marines, ou saumâtres, en particulier dans les régions tropicales.

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

SCIAGE

Le Tali est un bois souvent très dur dont le sciage nécessite des équipements adaptés à ce type de bois. Son taux de silice est négligeable mais son effet désaffûtant est assez élevé. Son sciage nécessite une vitesse d'amenage assez faible et l'utilisation de lames épaisses stellitées.

DÉROULAGE ET TRANCHAGE

Le Tali n'est pas une essence déroulable. Il est très difficile à trancher, les placages tranchés n'ayant de plus que très peu d'intérêt commercial.

SÉCHAGE

En raison du contrefil fréquent et accusé, les sciages de Tali ont tendance à se déformer au séchage (voilement, gauchissement, tuilage). Un ressuyage à l'air de quelques mois est recommandé avant le séchage artificiel.

USINAGE

Malgré son contrefil accusé et son grain plutôt grossier, le Tali est un bois qui s'usine relativement bien et qui peut prendre un beau poli. Durant le rabotage, le moulurage et le tenonnage, il est conseillé de réduire l'angle d'attaque des outils jusqu'à 10 à 15° (angle de bec voisin de 40-45°) et de diminuer les vitesses d'avance des machines afin de limiter les risques d'éclats. Le Tali se tourne bien et se perce sans difficulté bien que le bois ait tendance à carboniser légèrement en surface. Un système d'aspiration efficace est nécessaire car les poussières produites peuvent être parfois légèrement irritantes pour les voies respiratoires.

ASSEMBLAGE

Les clous, agrafes et vis se fixent sans difficulté et ont une bonne tenue. En conditions industrielles, des avant-trous sont indispensables compte tenu de la dureté élevée du bois et des risques de fente. Les organes d'assemblages métalliques (boulons, vis) peuvent être attaqués par le bois. La conception des assemblages et des fixations

doit être prévue en conséquence. Comme pour tous les bois très durs, le collage est délicat mais donne de bons résultats à condition que les modalités de mise en oeuvre requises (température et humidité relative dans l'atelier de collage, humidité du bois, qualité des états de surface, grammage préconisé, etc.) soient parfaitement respectées.

FINITION

Le bois se peint et se vernit sans difficulté avec les principaux produits de finition utilisés dans l'industrie.

CONCLUSIONS ET UTILISATIONS

Le Tali est un bois très lourd et très dur, d'une excellente durabilité naturelle qui permet de l'utiliser sans traitement de préservation dans tous les emplois exposés en cas d'humidification permanente, y compris au contact du sol. Il couvre naturellement la classe 4 de risque biologique. Il est adapté pour les constructions lourdes, pour les ouvrages en milieu exposé (installations portuaires, estacades, jetées, écluses), pour les charpentes lourdes exposées aux intempéries, pour les constructions rurales (écuries, étables, hangars), ainsi que pour la fabrication de ponts (éléments porteurs et répartiteurs de charge), de traverses de chemin de fer et de fonds de véhicule.

Il peut être utilisé en menuiserie extérieure (croisées, portes croisées, portes d'entrée, fermetures extérieures, portes de garages). Sa résistance à l'usure et aux produits chimiques (acides minéraux dilués) lui permet d'être utilisé pour la fabrication de planchers industriels et de ponts de bateaux de pêche. Il se tourne bien et peut convenir pour la fabrication de manches d'outils.

TROISIÈME PARTIE

PROPOSITIONS D' ACTIONS DE RECHERCHE

PROPOSITIONS D' ACTIONS DE RECHERCHE EN VUE D'UN DÉVELOPPEMENT DES PLANTATIONS FORESTIÈRES AU GABON

Avertissement

La réflexion présentée ici sur les axes de recherches à développer au Gabon sur les plantations forestières repose essentiellement sur l'analyse de documents et sur des contacts avec des collègues forestiers et chercheurs. Peut-être n'y trouverez-vous rien de nouveau. Auquel cas, ces propositions ne viennent que renforcer celles faites antérieurement. Si, par contre, certaines sont innovantes, il conviendra d'accorder une attention toute particulière à leur faisabilité.

Introduction

Le Gabon compte environ 30.000 ha de plantations forestières, essentiellement réalisées entre 1960 et 1985. L'essence principale et pratiquement exclusive, est l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre).

Un millier d'hectares supplémentaires, à vocation pilote et de recherche, ont été plantés à Ekouk entre 1985 et 1990. Ces plantations testent une quinzaine d'essences autochtones différentes ainsi que du Framiré (*Terminalia ivorensis*) originaire de Côte d'Ivoire.

Bien souvent, pour diverses raisons, le suivi de ces plantations n'a pas été mené selon les règles de l'Art et notamment les éclaircies n'ont pas été faites ou l'on été mais avec beaucoup de retard si l'on se réfère aux travaux menés en Côte d'Ivoire.

Les premières éclaircies sont en cours dans les parcelles expérimentales de Limba et de Framiré d'Ekouk. Eclaircies bien tardives car les peuplements ont déjà plus de 10 ans et les surfaces terrières dépassent, dans certaines parcelles, les 20 m² à l'hectare.

La nouvelle politique forestière s'axe essentiellement sur l'aménagement durable des forêts naturelles dans des délais très courts. Néanmoins, le gouvernement prévoit que, d'ici 2025, la superficie des plantations d'Etat passera à 100.000 ha, tout comme celles du secteur privé qui, aujourd'hui, sont encore inexistantes.

Il y a donc urgence dans deux domaines :

- la mise au point de techniques sylvicoles et de gestion (éclaircies, estimation de l'accroissement et de la productivité, mesure de la qualité du bois) pour la reprise en main des vieilles plantations et pour leur redonner leur objectif initial qui était principalement la production intensive de bois d'Okoumé de haute qualité.

- la mise au point des techniques de pépinière et de plantation pour une gamme croissante d'essences locales de bois nobles ainsi que la définition de règles sylvicoles adaptées à la production de bois de qualité.

Cette recherche "de terrain" ne doit pas être déconnectée de celle sur la technologie des bois car l'objectif final est l'alimentation¹ en matière première de l'industrie locale qui devrait avoir, en 2025, une capacité de transformation de 5,8 millions de m³ grume par an.

Ces propositions seront scindées en quatre grandes parties :

- La première partie concernera les dispositifs déjà en place à Ekouk. Elle proposera les travaux de recherche à y mener pour optimiser l'important investissement scientifique et financier que représentent ces dispositifs d'un très grand intérêt notamment pour la restauration de la productivité des écosystèmes dégradés et secondarisés.
- La seconde concernera les essences diverses dont beaucoup n'ont jamais été plantées ou presque. Elle vise à accroître les connaissances sylvicoles sur un maximum d'essences diverses dont nombre possèdent certainement des potentialités encore insoupçonnées aujourd'hui.
- La troisième partie traitera essentiellement de l'Okoumé, espèce phare de l'économie nationale, dont les règles de sylviculture sont déjà fortement dégrossies, bien qu'à ma connaissance, il n'existe pas encore de tables de production. Ces travaux permettront d'améliorer la gestion des anciennes plantations et d'en accroître la productivité. Ces résultats pourront également servir à l'amélioration de la gestion des formations naturelles jeunes d'Okoumé.
- La dernière partie, présentera une première ébauche de programme de recherche sur les caractéristiques technologiques et potentialités d'emploi des bois de plantation, essentiellement l'Okoumé dans un premier temps afin de valoriser au mieux les productions des vieilles plantations.

Ces propositions peuvent peut-être sembler disproportionnées par rapport à l'équipe IRAF en place, mais elles représentent ce qu'il serait souhaitable d'entreprendre. Ceci peut se faire en collaboration avec d'autres structures gabonaises telles que l'ENEF (Ecole nationale des Eaux et Forêts), des ONGs ou des organismes extérieurs.

¹ L'objectif n'est pas de remplacer la forêt naturelle bien gérée dans son rôle de production. Les plantations à créer serviront de tampon, de réserve de matière première, pour l'industrie au cas où les potentialités des formations naturelles auraient été surestimées notamment en ce qui concerne la production potentielle des espèces nobles à croissance lente.

Propositions de recherches sur les dispositifs en place à Ekouk

Celles-ci concerneront tout d'abord les travaux urgents à mener dans les essais actuels puis proposeront de nouvelles actions pour la suite.

Essai 13 essences de bois d'oeuvre.

Cet essai est prioritaire dans la mesure où il permet d'acquérir des connaissances nouvelles sur une gamme d'essences locales jusqu'ici peu ou pas plantées.

Elimination et cubage des ligneux adventices

Cet essai, notamment les parcelles d'essences à croissance lente, est envahi par une régénération abondante et concurrentielle de ligneux divers. Voir à ce sujet le chapitre consacré à cet essai.

Il est urgent (à faire dans le courant de la prochaine saison sèche) d'éliminer cette végétation "parasite" afin de permettre aux essences testées et à croissance initiale lente de se développer normalement. C'est à cette seule condition que l'on pourra connaître le comportement de ces essences en plantation. Si rien n'est fait pour les dégager on conclura inévitablement que ces espèces sont peu intéressantes en plantation alors que ce n'est pas le cas (à titre de comparaison voir les résultats des essais similaires menés sur *Azelia africana* en Côte d'Ivoire).

Avant d'éliminer les plants issus de régénération naturelle il est indispensable de mesurer chaque individu en circonférence à 1,30 m et d'en identifier l'espèce. Un tarif de cubage toutes espèces, ou des tarifs par regroupement d'espèces à comportement similaire, devront être établis à cette occasion. Il est indispensable de connaître la surface terrière et le volume de bois produit en dehors des essences testées pour estimer la concurrence à laquelle ces dernières ont été soumises.

Eclaircie et cubage des essences principales

L'état visuel des peuplements ainsi que les indices d'espacement et de stabilité montrent que, pour plusieurs espèces, il est impératif de passer en éclaircie au plus tôt.

Cette éclaircie se fera après l'élimination des espèces indésirables (cf. supra).

Avant d'intervenir il faut faire une nouvelle mesure des parcelles en circonférence et en hauteur dominante. Ceci permettra d'estimer le nombre d'arbres à garder - parcelle par parcelle - en fonction de l'indice d'espacement que l'on se fixe après éclaircie² (Voir chapitre éclaircie). Ces mesures permettront d'avoir l'état du peuplement juste avant éclaircie pour estimer sa réponse à l'intervention. Il n'est pas nécessaire de conserver des parcelles non éclaircies comme témoins, les arbres ayant été maintenus

² L'estimation de l'indice d'espacement conduira certainement à considérer qu'il n'y a aucune éclaircie à faire dans certaines parcelles. Celles-ci seront donc laissées telles qu'elles.

très serrés, la réaction devrait se marquer rapidement sur les courbes de croissance en surface terrière individuelles.

Lors de l'éclaircie, il faut en profiter pour mesurer tous les arbres abattus en hauteur totale et en circonférence tous les mètres. Il sera ainsi possible d'établir des tarifs de cubage provisoires permettant le cubage du peuplement actuel restant sur pied après l'éclaircie et aussi, de connaître avec précision le volume enlevé.

Ces tarifs seront complétés au fur et à mesure d'acquisitions de données sur ces essences : une base de donnée "cubage" par essences doit donc être créée pour le stockage et l'utilisation de ces informations essentielles. Tous les résultats acquis serviront à terme à la construction de tables de production pour chacune de ces essences.

Plantations d'Okoumé, de Limba, de Framiré et de Bilinga

De grandes superficies de ces essences ont été plantées. Jusqu'à ce jour seul le Bilinga a fait l'objet d'éclaircies en 1996. Celles dans le Limba et le Framiré sont en cours.

Les parcelles les plus jeunes ont aujourd'hui 10 ans, les plus vieilles 14. A 8 ans, les indices d'espacement et de stabilité indiquaient que les éclaircies auraient déjà dû être faites. Les dernières analyses montrent un ralentissement marqué de la croissance en diamètre et en surface terrière à l'hectare.

Il semble indispensable de profiter fait que ces éclaircies sont en cours pour mettre en place un dispositif expérimental sur l'éclaircie de ces quatre essences.

La hauteur dominante est voisine de 25 m chez l'Okoumé, de 30 m chez le Framiré et le Limba et de 22 m chez le Bilinga. Ces 4 essences sont des espèces pionnières de plein ensoleillement. A priori, elles doivent réagir rapidement à des éclaircies fortes. Le protocole expérimental proposé est le suivant :

- 12 parcelles par essence - parcelles de 0,5 ha chacune (soit 70,7 x 70,7 m) car les arbres sont déjà grands. Vu les superficies plantées, il ne devrait pas être impossible d'installer le dispositif dans une seule classe d'âge. On essayera de mettre chaque parcelle sur un sol homogène : les parcelles ne présenteront pas de zone à croissance nettement différente du reste. Les 3 meilleures parcelles (le H_0 le plus élevé) constitueront le premier bloc. Celui-ci peut être constitué de parcelles distantes les unes des autres. Les moins bonnes formeront le bloc 4, les 2 autres blocs seront intermédiaires. Les traitements seront disposés aléatoirement au sein de chaque bloc.
- Trois traitements sont proposés : une éclaircie modérée : S% après éclaircie = 30, une éclaircie forte S% = 35 et une éclaircie "timide" S% = 25. Ce qui donne, en moyenne, les densités suivantes à conserver :

Nombre d'individus à conserver après éclaircie.

S%	Bilinga Ho = 22 m	Okoumé Ho = 25 m	Terminalia sp Ho = 30 m
25	382	296	205
30	265	205	142
35	195	151	105

Il n'est pas nécessaire de conserver des parcelles témoins, les parcelles S% = 25 jouent ce rôle car l'éclaircie y est déjà considérée comme trop faible pour des espèces héliophiles.

Tous les arbres seront mesurés en circonférence avant abattage et les arbres dominants mesurés en hauteur au Blume-Leiss. Après abattage, 100 tiges par espèce, réparties en 10 classes d'égale surface terrière entre le plus gros et le plus petit arbre abattu, seront mesurés à raison de 10 arbres par classe. Les tarifs de cubage à une entrée et à deux entrées (2 types de tarifs à deux entrées : tarif classique C^2H et tarif Ho : C^2Ho) seront calculés par régression pondérée (Voir chapitre cubage). Les volumes abattus et laissés sur pied seront cubés à l'aide de ces différents tarifs.

Une base de données sera construite pour le stockage de l'ensemble des informations recueillies afin de construire à terme des tables de production.

Propositions de recherches sur les essences diverses

Il est important d'accumuler un maximum de connaissances sylvicoles sur un maximum d'espèces, ne fût-ce que pour pouvoir conserver leur biodiversité en plantations type arboretum. Les informations acquises en plantation permettent également une meilleure compréhension du comportement des espèces, donc, à terme, une meilleure gestion des formations naturelles.

Phénologie et semences

Pour pouvoir organiser des récoltes de graines, il est indispensable d'avoir un minimum d'informations sur la phénologie des essences diverses dans les différentes régions du Gabon. Les informations les plus importantes sont l'époque de floraison et de fructification. Comme les arbres sont grands, il est parfois difficile d'observer les floraisons : il serait donc également souhaitable de déterminer le laps de temps qui sépare la chute des fleurs (observable au sol pour certaines espèces tout au moins) de la maturité des fruits. Cette étude, déjà en cours (IRET, ENEF, ECOFAC, etc.) mériterait d'être poursuivie et, surtout, les résultats acquis devraient être facilement accessibles aux utilisateurs potentiels.

Le stade idéal de maturation des fruits à la récolte doit être déterminé. En effet, pour certaines essences à graines oléagineuses comme le *Khaya*, si on récolte les graines à l'ouverture du fruit, il est généralement trop tard car beaucoup de graines sont déjà piquées par des insectes. Il faut donc récolter les fruits quelques jours avant maturation complète et les laisser ouvrir naturellement au séchage.

Le taux de germination des semences doit être contrôlé, par semis en milieu contrôlé, dès la récolte. Comme la conservation de ce pouvoir germinatif est inconnu pour de nombreuses essences, il conviendra, au début, de contrôler l'évolution de ce pouvoir germinatif en effectuant des tests chaque mois pendant 6 mois puis tous les six mois ensuite. Ces tests doivent concerner des graines maintenues à température ambiante et en chambre froide. Comme pour beaucoup d'espèces la conservation des semences est meilleure pour un taux d'humidité inférieur à 7 ou 8 %, ce taux d'humidité sera abaissé rapidement pour descendre en dessous de ce seuil. L'humidité sera mesurée au cours du séchage. Il existe des humidimètres électroniques permettant une mesure non destructrice des semences. Le taux sera à nouveau mesuré avant les tests de germination. De tels travaux pourraient être réalisés par des élèves de l'ENEF réalisant leurs travaux de fin d'études, ou même dans le cadre des travaux pratiques réalisés à l'école.

Techniques de pépinières

Chaque essence, pour laquelle des semences auront été récoltées, sera testée en pépinière, en planches et en pots plastiques. La période de germination et les quelques jours suivants, les plants seront soit sous ombrière, soit en plein ensoleillement (comparaison des deux techniques sur la germination et sur la croissance initiale). Un certain nombre de plants de chaque espèce sera déterré soigneusement tous les 15 jours pour description et mesure (dont le poids sec) des parties aériennes et souterraines des plants. Cette étude permettra de déterminer la durée idéale du séjour en pépinière de chaque espèce. Ces recherches pourraient être réalisées conjointement par l'ENEF et l'IRAF pour un transfert rapide - dans le cadre des travaux pratiques - des résultats aux enseignants et aux étudiants.

Etude du comportement en plantation

Une fois les plants produits en pépinière, il est indispensable de les installer sur le terrain. Ces tests de comportement en plantation pourraient se faire en deux étapes :

- Introduction en arboretum : au fur et à mesure de la production de plants en pépinière et si le nombre de plants le permet, chaque essence sera installée en arboretum dans deux parcelles distinctes : l'une réalisée par la méthode de la coupe à blanc, l'autre par la méthode du sous-bois. Les parcelles individuelles seront plantées à 4 m x 4 m et compteront 64 plants (8 x 8). Cette première étude permettra de déterminer le comportement héliophile ou sciophile strict ou non des espèces. Si les plants sont en nombre insuffisant, même s'il n'y en a qu'un seul, ils seront installés dans des micro-parcelles d'arboretum. Dans ce cas, on veillera à laisser une bande de 10 m non plantée entre deux espèces afin de limiter au maximum la concurrence interspécifique.

- Introduction en grandes parcelles : après 3 années de plantation en arboretum au minimum, les essences présentant le meilleur comportement en plantation seront introduites en grandes parcelles : 2 ha (142 m x 142 m). Pour accélérer l'acquisition de connaissances sylvicoles, la parcelle sera divisée en 4 sous-parcelles, chacune traitée avec un régime d'éclaircie différent : 1) éclaircie quand l'indice d'espacement est de 20 pour ramener le peuplement à $S\% = 25$, 2) de $S\% = 25$ à $S\% = 30$, 3) $S\% = 30$ à $S\% = 35$, $S\% = 35$ à $S\% = 40$. Ces traitements permettront de récolter des renseignements sur la vitesse de croissance selon le niveau de concurrence, l'influence de la densité du peuplement sur la qualité de forme et d'élagage de l'espèce, etc. Ces travaux doivent être menés directement avec les Eaux et Forêts. Ces parcelles serviront de vitrine, de démonstration, pour les futurs reboiseurs privés (100 000 ha de plantations privées prévues pour 2025).

Propositions de recherches sur l'Okoumé en plantation

L'Okoumé est une espèce endémique au Gabon. Elle est pionnière et peut recoloniser assez aisément des friches pour peu que celles-ci soient bien ensoleillées et que la concurrence, notamment celle des Parasoliers, ne soit pas trop intense.

L'Okoumé montre, en plantation, des attaques de chancre noir. Il ne semble pas prouvé que celui-ci ralentisse la croissance de l'espèce ni qu'il ait une influence sur la qualité du bois. Par contre, la forme relativement flexueuse des fûts dans les plantations inquiète forestiers et industriels. Ces arbres n'ayant pas encore atteint leur dimension d'exploitabilité, il n'est pas interdit de penser que ces défauts vont se résorber avec l'âge.

Génétique de l'Okoumé

L'amélioration génétique classique, pour peu de la variabilité intra-spécifique soit suffisante³, devrait permettre d'améliorer la croissance, la forme et la résistance de l'espèce aux maladies.

Les deux essais de provenances⁴ installés à Ekouk et analysés par Deleporte en 1996, ne montrent pas de variations notables entre les origines : une seule provenance est un peu moins performante que les autres.

Etude de la variabilité génétique de l'espèce

Avant d'entreprendre toute nouvelle expérimentation sur la comparaison de provenances au champ, essais toujours onéreux et de longues durées, il serait bon de

³ L'étude préliminaire de Muloko-Ntoutoume N., Petit R., White L. & Abernethy K. : "Chloroplast DNA variation in a rainforest tree (*Aucoumea klaineana*, Burseraceae) in Gabon" semble montrer peu de variabilité.

⁴ Une provenance est un peuplement forestier, généralement retenu pour ses qualités dendrologiques, servant de source de semences.

tester la variabilité génétique de l'espèce par des techniques de laboratoire comme l'étude des iso-enzymes⁵, les RAPD, les micro-satellites, etc. Ces techniques peuvent donner des indications précieuses pour orienter les travaux de terrain, réduire leurs coûts et améliorer leur efficacité.

En fonction des résultats, on testera en plantation les provenances présentant les plus grandes distances génétiques. Il y aura ainsi une plus grande probabilité de mettre en évidence des différences entre provenances et d'identifier des caractères intéressants: meilleure forme et croissance ou plus grande résistance au chancre...

Mise au point de la multiplication végétative

S'il n'est pas possible, au stade actuel, d'obtenir des graines améliorées à partir d'un programme d'amélioration génétique classique, rien n'empêche d'identifier des individus présentant des caractéristiques intéressantes de croissance, de forme et de résistance aux maladies. Ces individus pourront être multipliés pour constituer des peuplements semenciers.

Les essais entrepris dans les années 70 sur le bouturage de l'espèce doivent être repris, ce qui pourrait être fait en collaboration avec l'ENEF.

Etablissement de critères sylvicoles

A propos des anastomoses racinaires

Les anastomoses racinaires de l'Okoumé, décrites par Leroy-Duval, font de cet arbre une espèce très particulière. Ainsi, des souches d'arbres abattus ne dépérissent-elles pas et continuent à vivre⁶. Ces anastomoses semblent créer des "cellules familiales" avec un individu dominant régissant des co-dominants et des dominés qui n'attendent que la disparition du "chef" pour prendre sa place au soleil.

Dans un tel milieu, structuré et hiérarchisé très différemment des forêts tempérées où est née la sylviculture, les règles sylvicoles classiques ne semblent plus s'appliquer. Eclaircir dans l'étage dominé ne semble pas avantager l'étage dominant ; par contre, agir dans l'étage dominant semble favoriser très nettement les dominés et non les dominants voisins. Ceci n'est qu'une hypothèse à vérifier afin d'établir des règles d'éclaircie et de sylviculture de l'espèce.

Des recherches comparatives doivent être menées en peuplements naturels et en plantation pour déterminer l'étendue de ces réseaux anastomosés. Sont-ils limités dans l'espace à des cellules bien définies sans interactions entre elles ou concernent-elles

⁵ Cette technique utilisée par Mme Muloko-Ntoutoume n'a pas permis de déceler de variations importantes entre provenances : seuls deux groupes ont pu être définis. Des méthodes plus "puissantes" doivent donc être utilisées.

⁶ Au moins 42 ans ! A l'arboretum de Sibang, des souches, résultant de l'éclaircie de 1957 dans la parcelle A3, sont encore en vie en 1999.

l'ensemble d'une parcelle, voire d'un massif ? Il serait donc intéressant de déterrer l'ensemble du système racinaire d'une cellule pour déterminer son extension

En dehors des études proposées ci-dessus, il est important de mettre en place un dispositif expérimental - qui sera certainement complexe - pour étudier la réaction des Okoumés à l'éclaircie en fonction des "cellules racinaires". L'élaboration d'un tel protocole nécessite les réponses à une partie des questions ci-dessus et une mûre réflexion.

Eclaircies

Actuellement, les études proposées ci-dessus n'ayant pas été menées, on peut prendre comme hypothèse, proposée par Leroy-Duval, que l'éclaircie des Okoumés doit se faire par le haut.

Pour le vérifier, un dispositif expérimental adapté devrait être mis en place, couvrant la variabilité des plantations existantes. Une dizaine de parcelles dans 5 classes d'âges (10 - 20 - 30 - 40 et 50 ans) pourraient être éclaircies par le haut et autant par le bas et en "mode mixte". Le dispositif est lourd mais devrait être "payant" à relativement court terme : le type d'éclaircie optimal serait ainsi défini par classe d'âge.

Tarifs de cubage

L'objectif du sylviculteur est de produire du bois de qualité en quantité. La mesure de l'accroissement des arbres en volume est essentiel à une bonne gestion des peuplements tant artificiels que naturels.

L'établissement de tarifs de cubage fiables et d'utilisation multi-locale est un travail ardu, mais indispensable.

Généralement, en forêt naturelle, on s'est contenté de tarifs à une seule entrée ⁷, comme le tarif pour l'Okoumé au Gabon, tarif très simple, qui estimait le volume grume qualité exportation de l'Okoumé en multipliant la surface terrière par 10. Quand on sait que la hauteur d'élagage des vieux Okoumés dépasse largement 20 m, on se doute que ce tarif sous-estimait la production ou que la majorité du bois produit était laissé en forêt.

Le service forestier a besoin de tarifs fiables pour contrôler l'exploitation, les exploitants qui doivent aménager leur forêt, en ont tout aussi besoin pour estimer la possibilité. Les planteurs ne peuvent appréhender l'accroissement de leurs plantations sans cet outil. Avec un capital sur pied estimé à 130 millions de m³ grumes, il est étonnant que des tarifs de cubage plus sophistiqués que les "barèmes de cubage" d'arbres abattus élaborés par l'ex CTFT - et toujours d'actualité sur les parterres de

⁷ On s'est généralement contenté d'appliquer ces tarifs aux peuplements artificiels, par facilité, tout en sachant pertinemment bien qu'ils donnaient une mauvaise estimation du capital sur pied. Dans ce domaine, tout reste donc à faire.

coupe où ils restent très précis - n'aient pas été remplacés par un outil performant d'estimation du capital sur pied et de son accroissement.

Il est donc urgent d'établir ces tarifs de cubage. Comme l'Okoumé, espèce pionnière, croît généralement plus vite que les autres espèces, il n'est peut-être pas nécessaire d'élaborer des tarifs "forêts naturelle" et "plantations". Dans les deux cas, c'est l'Okoumé qui déterminera généralement la hauteur dominante du peuplement et aussi la classe de fertilité qui lui est intimement liée.

S'il est difficile de mesurer la hauteur de chaque arbre, il est déjà plus simple de mesurer la hauteur dominante. Néanmoins, avec des arbres de plus de 40 m de haut, en peuplements serrés et à cimes denses, la hauteur est généralement impossible à mesurer même avec un écart de 10 %.

Pour des plantations, jusqu'à une hauteur de 25 à 30 m, il est possible de mesurer la hauteur dominante. Dans ce cas, il sera possible d'utiliser des tarifs de cubage à deux entrées, hauteur dominante et circonférence. Ces tarifs sont en réalité une série de tarifs à une entrée, le tarif à une entrée adéquat étant choisi en fonction de la hauteur dominante. Ces tarifs sont indispensables à la recherche et à la quantification des accroissements.

Pour le gestionnaire et l'exploitant, c'est le volume grume qui est important. Des tarifs pourront alors être établis en fonction de la circonférence de référence (à 1,30 m ou au dessus des contreforts) et de la longueur de la grume. Ces deux mesures sont aisément mesurables.

Tables de production

L'ensemble des travaux sur les éclaircies et l'estimation des volumes sur pied et des productions, permettra, à terme l'élaboration de tables de production spécifiques à l'Okoumé. Les tables de production sont des outils de gestion définissant les règles sylvicoles (éclaircies) à appliquer en fonction de classes de fertilité et les volumes de bois que l'on peut récolter à chaque éclaircie et lors de l'exploitation finale.

Compte-tenu de l'importance du travail déjà réalisé sur cette essence, tant en plantations qu'en formations naturelles, il est vraisemblablement possible, si une majorité des données est accessible, d'entreprendre dès à présent l'élaboration d'une table de production préliminaire qui sera amendée au fur et à mesure de l'acquisition des résultats des dispositifs expérimentaux en cours ou à installer.

Propositions de recherches sur la technologie du bois des Okoumés de plantation

Ces propositions sont faites dans le cadre de la préparation d'un projet : « Propriétés technologiques et utilisation des okoumés de plantation »

Proposition pour la formulation du projet

Les grandes lignes de ce projet, dont le titre reste provisoire, ont été définies par l'IRAF en concertation avec la DIARF. Conformément aux termes de références de la présente mission d'assistance technique, il a été demandé au CIRAD-Forêt d'apporter des remarques constructives et ainsi de contribuer à sa formulation définitive avant soumission à l'OIBT.

Des discussions ont été conduites à Libreville avec Monsieur Paul Koumba Zaou puis à Montpellier entre messieurs Henri Baillères et Philippe Vigneron (Cirad-Forêt)

Opportunité du Projet

L'Okoumé représente 70 % du volume des exportations de bois du Gabon. Les réserves sur pied sont estimées à plus de 100 millions de mètres cubes. C'est donc l'espèce phare de la filière.

Le Gabon dispose d'environ 30 000 ha de plantations d'Okoumé qui représentent à terme un potentiel de production de l'ordre de 200 à 300 000 m³ de bois par an.

L'utilisation de ces bois de plantation en complément de ceux provenant de forêt naturelle est technologiquement possible moyennant la connaissance des propriétés de ces nouveaux bois d'une part, la promotion d'outils de transformation adaptés (techniques d'abattage, de conditionnement des grumes et des produits semi-finis, outils de sciage, de déroulage ...) d'autre part. Enfin, les connaissances acquises doivent aussi permettre d'orienter les pratiques forestières pour le présent et l'avenir.

Si l'âge d'exploitabilité en forêt naturelle est estimé à environ 80 ans, les rotations en plantation seront probablement inférieures à 45 ans, la croissance y étant favorisée par des entretiens et des éclaircies.

Pour de nombreuses espèces, des conditions de croissance accélérée peuvent conduire à la modification d'un certain nombre de propriétés technologiques. L'importance des volumes attendus et la volonté de valoriser au mieux les bois d'éclaircies conduisent à étudier ces éventuelles modifications.

L'objectif spécifique du projet est de déterminer les critères d'estimation de la qualité des bois d'okoumé sur pied à partir des caractéristiques visuelles des arbres d'une part et de cartographier voire de modéliser la distribution des propriétés technologique intra- et inter-arbre en fonction des conditions de croissance (sols et opérations sylvicoles).

Articulation du Projet

Le projet semble devoir s'articuler autour de quatre volets d'inégale importance.

Qualification de la ressource

La qualité des produits issus de plantations et la régularité de cette qualité dans les récoltes sont des critères de plus en plus importants. L'évolution des pratiques culturales et le choix du matériel végétal ont déjà permis et peuvent encore permettre des gains considérables de productivité et d'homogénéité des arbres récoltables. Par contre, il semblerait que ces gains soient souvent associés à une diminution de la qualité des bois : les bois de plantation sont susceptibles d'être différents du point de vue de leurs propriétés anatomiques, physiques et mécaniques..., de leurs homologues de forêt naturelle, ce qui pose des problèmes technologiques et commerciaux. En particulier, le gain sur l'homogénéité des arbres est en parti perdu du fait d'une plus forte variabilité de propriétés à l'intérieur du même arbre, qui se traduira par une hétérogénéité au sein des sciages et des placages. La différence essentielle entre les okoumés de forêt naturelle et ceux ayant crû en plantation porte sur la vitesse de croissance. Elle permet, à volume équivalent, de récolter des arbres plus jeunes ce qui peut avoir pour conséquence d'augmenter la proportion de bois juvénile dont les propriétés sont bien souvent médiocres.

Les caractéristiques technologiques des okoumés exploités en forêt naturelle sont bien connues. Elles serviront de référentiel. De nombreuses propriétés technologiques sont susceptibles de varier considérablement en fonction de divers facteurs tels que l'âge ou la vitesse de croissance.

On se propose donc d'étudier à la fois :

- la variabilité inter-arbre en fonction des conditions de croissance sur des arbres ayant poussé à des vitesses différentes soit du fait de la concurrence soit du fait de la qualité stationnelle ;
- la variabilité intra-tige sur des arbres dont la croissance peut être "reconstruite" par analyse de tige, ceci afin d'étudier l'effet de la position dans la tige sur les propriétés technologiques (trouve-t-on des différences entre bille de pied et de tête, du coeur vers la périphérie ?).

Cette variabilité du bois sera étudiée à la fois sur les produits d'éclaircie et sur le peuplement principal. Elle pourra aboutir à un premier classement de la bille sur pied.

Parallèlement à la description des propriétés technologiques, une description de la forme et une modélisation de la croissance seront effectuées.

Qualification des produits

Les principales utilisations du bois d'okoumé sont le sciage et le déroulage, avec une préférence pour ce dernier qui apporte la meilleure valeur ajoutée. La question se pose

alors de savoir si les modifications constatées dans le matériau bois induisent des transformations importantes de la qualité des produits. Par exemple, quel va être le comportement des placages après déroulage ? Quel est l'incidence sur la qualité du produit final (contreplaqué) ?

Les arbres qualifiés pour leur matériau seront transformés (sciage et déroulage) et les produits obtenus caractérisés.

Relation entre propriétés du bois et qualité des produits

Les résultats obtenus lors des deux volets précédents permettront de mettre en relation qualité du bois et comportement des produits. Les propriétés technologiques d'importance seront mise en évidence (et pourront donc être plus finement étudiées) et la valorisation optimale définie en fonction des caractéristiques de la bille.

Qualification et classement avant exploitation

Les résultats portant sur les aspects croissance, forme (critère très important pour les rendements matière au déroulage), propriétés du bois et qualité des produits seront regroupés afin d'être à même de qualifier un peuplement avant exploitation et de prédire sa valeur marchande.

Outils à mettre en oeuvre

Les outils à mettre en oeuvre sont de divers types :

Une première série d'outils doit concerner les paramètres géométriques de forme et de proportion aubier/duramen. Il s'agit de qualifier la forme des arbres à l'aide de mesures dendrométriques mais également d'utiliser des critères plus précis en calculant des surface et des facteurs de forme sur des rondelles à l'aide d'une table à digitaliser (format A3 ou A2) et d'un logiciel spécifique (logiciel simplifié d'analyse d'image du type "optimas"). Le critère de forme est essentiel pour la détermination des rendements matière en particulier pour le déroulage (la mise au rond induit beaucoup de déchets). Cet outil permettra également de suivre, à partir de la reconnaissance des cernes, l'évolution de la croissance de l'arbre (suivi de forme, de surface terrière, d'accroissement ...) et donc de confronter l'historique de la croissance à celle de l'évolution des propriétés technologiques dans la tige.

Une deuxième série d'outils concerne la caractérisation de certaines propriétés du bois, qui sont pertinentes pour l'utilisation ciblée (menuiseries, placages) :

- densité et/ou infradensité mesurée à l'aide d'une balance de précision équipée d'un système de double pesée (eau/air) afin de réaliser des mesures précises sur de très petits échantillons prélevés par fendage au ciseau à bois). En effet, il est important de connaître l'hétérogénéité de densité à l'échelle de l'épaisseur du placage afin de prédire les taux de fissuration et les risques de variations d'épaisseur. Il sera possible de confronter ces mesures à des mesures de

densité par tomographie aux rayons X réalisées à l'INRA d'Orléans (équipe de Philippe ROZENBERG).

- module d'élasticité longitudinal par analyses des vibrations transverses afin d'obtenir une mesure rhéologique (dispositif BING conçu par le CIRAD-forêt).
- mesure de retraits sur échantillons massifs et placages à l'aide de comparateurs électroniques disposés sur un bâti spécifique et d'une étuve sèche (le retrait est une caractéristique essentielle pour prédire la stabilité dimensionnelle des produits finaux).

Remarque : *en fonction du budget il pourrait être judicieux d'acquérir une dérouleuse de petite dimension d'occasion remise en service ou bien de faire construire par l'ENSAM de Cluny une microdérouleuse non instrumentée. Elle permettrait d'obtenir des placages très utiles pour la caractérisation technologique. Par ailleurs l'acquisition d'une petite machine d'essai mécanique multimatériaux permettrait de réaliser des mesures de taux de fissuration, de résistance et de ténacité (dureté, module statique ...).*

Une troisième série d'outils concerne la qualification des placages, contreplaqués et sciages. Il s'agit essentiellement d'appareils de mesure dimensionnelle, en particulier des jauges de déformation élaborées au CIRAD-forêt. Un autre type d'outil en cours de démocratisation dans les sciences du bois est le spectrocolorimètre pour la mesure de couleur. Des variations importantes de couleur sont à craindre, elles peuvent nuire à la qualité du bois destiné à la menuiserie.

Une quatrième série d'outils concerne l'équipement informatique :

- logiciels d'acquisition et de traitement des données (analyse d'image, acquisition de données, statistique).
- ordinateur
- connections informatiques et carte d'acquisition

En ce qui concerne le déroulage, toutes les observations seront confrontées à des caractérisation plus élaborées réalisées sur des microdérouleuses de laboratoire munies de capteurs à l'ENSAM de Cluny. Un chercheur pourra à cette occasion être formé par l'équipe de Rémy MARCHAL.

Mission de formulation

Ce programme assez ambitieux impose de nombreuses mesures. Il convient donc, en se basant sur la caractérisation des parcelles existantes (densité, âge, diamètres et hauteurs, itinéraires sylvicoles suivis etc) , de définir un échantillonnage permettant de répondre au mieux aux questions posées. Il devrait donc être proposé à l'OIBT la réalisation d'une mission de courte durée donc l'objectif serait la formulation définitive du projet.

Les termes de références d'une telle mission pourraient être les suivants :

- définition précise des objectifs en concertation avec l'IRAF, la DIARF et les industriels concernés ;
- recherche d'un partenaire industriel local pour la transformation et l'étude ultérieure du comportement des produits ;
- description générale de l'échantillonnage des tiges en se basant sur les données d'inventaires, la description des parcelles et leur visite ;
- description de la méthodologie de mesure des propriétés technologiques ;
- définition des besoins en matériel d'analyse et en locaux ;
- définition des besoins en formation ;
- estimation précise des coûts en matériel en fonction des options retenues, personnel et services (transport des échantillons et des billes par exemple).

Estimation préliminaire des coûts de l'étude technologique des bois

Les coûts estimés d'installation, mise en route et formation des chercheurs pour un laboratoire d'analyse de la qualité des bois d'okoumé pour sciage et déroulage

<u>MATERIEL</u>	<u>PRIX en Frs H.T.</u>
Balance (Sartorius) ; Logiciel Sartowedge ; Kit Densité	25 000
Instrumentation Mitutoyo (LSM) :	
(2 Comparateurs ; Pied à coulisse ; DMX2 ; Câbles ; Bâti)	12 000
Etuve ventilée	10 000
Table à digitaliser (TSM)	6 000
Dispositif BING	25 000
<u>INFORMATIQUE</u>	
PC Hewlett Packard (Infopoint)	10 000
Connectique	1 000
Logiciel Didger	1 000
Microsoft Office	3 500
Sartowedge	3 500
Logiciel statistique	3 000
<u>MACHINES A BOIS</u>	
Scie circulaire	5 000
Raboteuse	1 000
Dégauchisseuse	5 000
Ponceuse	1 000
Aspirateur	2 000
Transport du matériel	20 000
Mission d'installation et de formation	45 000
(voyage et coût expert, 2 semaines au total)	
<u>COUT TOTAL DE L'INSTALLATION</u>	179 000 FF HT
y compris la formation sur place des chercheurs	
<u>FORMATION ET MESURES COMPLÉMENTAIRES</u>	
(hors frais d'avion et de mission)	
ENSAM Cluny (déroulage) 4 mois	12 000
INRA Orléans (Rayons X) 2 mois	6 000
<u>Equipements complémentaires</u>	
Spectrocolorimètre	50 000
Microdérouleuse ou petite dérouleuse révisée	100 000
Machine d'essai multimatériaux	100 000

QUATRIÈME PARTIE

**RÉFLEXIONS
POUR UN SCHÉMA DIRECTEUR
DE REBOISEMENT**

RÉFLEXIONS POUR L'ESQUISSE D'UN SCHÉMA DIRECTEUR DE REBOISEMENT AU GABON

Introduction

Il est illusoire de penser qu'un plan directeur de reboisement du Gabon pourrait être réalisé, ou même simplement ébauché, dans le laps de temps accordé à l'expert dans le cadre du projet. Il avait en effet comme mission principale de faire le bilan des connaissances et de dépouiller les résultats des mesures des dispositifs expérimentaux existants, d'apporter un appui méthodologique et de contribuer à la réflexion sur les besoins de recherche dans le domaine des plantations forestières.

Si le Gouvernement Gabonais a entrepris des reboisements depuis plus de 50 ans et s'il prévoit d'en multiplier par sept l'extension d'ici l'an 2025, c'est qu'il souhaite garantir la pérennité de sa ressource en bois bien qu'il soit tout à fait raisonnable de penser que la forêt naturelle pourra approvisionner durablement l'industrie en aval même avec la croissance prévue. L'expérience vécue par différents pays forestiers qui ont vu leur ressource, apparemment inépuisable, se tarir en quelques décennies, montre que le Gouvernement Gabonais a toutes les raisons d'être prudent en cherchant à résoudre le problème avant même qu'il ne soit perceptible.

En conséquence, il ne semble pas inutile d'avoir une réflexion sur le reboisement dans un pays par excellence forestier. Cette réflexion devra se poursuivre dans les prochaines années pour aboutir à un équilibre entre forêt naturelle et forêt artificielle, pour garantir la pérennité des écosystèmes, le maintien de la biodiversité, des différents rôles environnementaux et sociaux de la forêt, pour une production soutenue et durable, non seulement de bois mais aussi de tous les produits forestiers non ligneux.

Les pages qui suivent sont une contribution à cette réflexion. Elles ne se veulent donc être qu'une amorce au débat qui doit se développer sur ce sujet important.

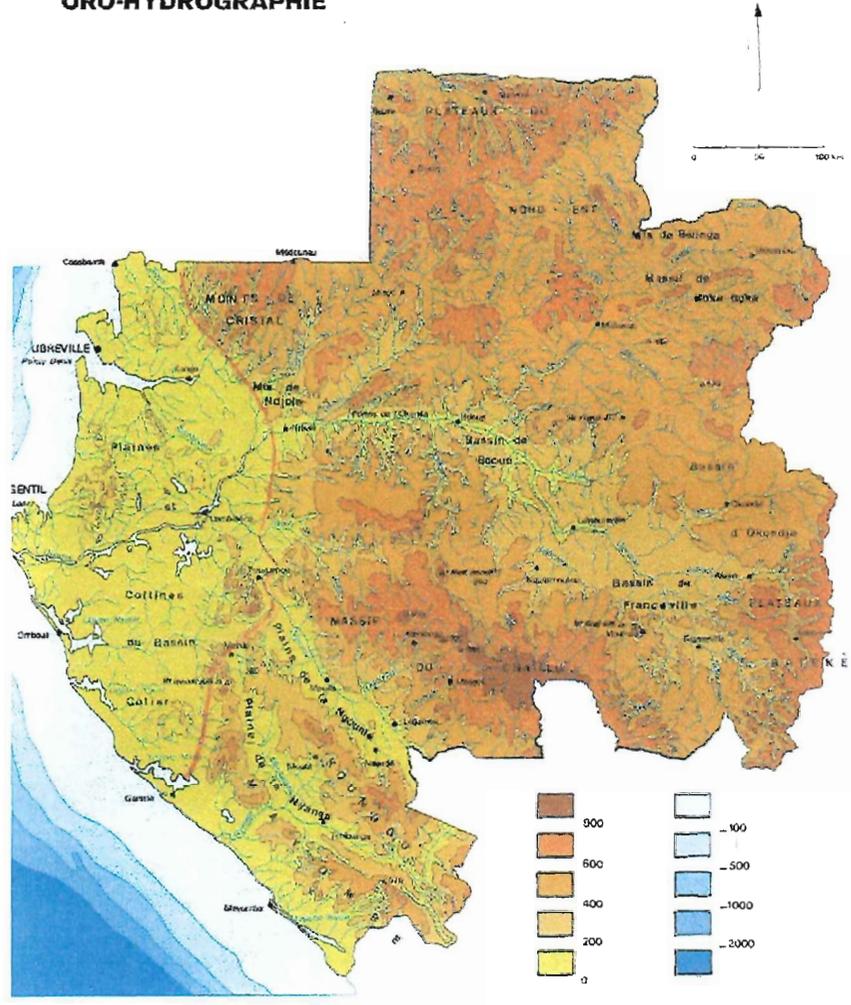
La forêt au Gabon

Le Gabon couvre une superficie de 267 667 km². Il s'étend de 2°12 de latitude Nord à 3°55 de latitude sud. Son littoral atlantique s'étire sur 750 km. (Cartes page 172).

Le climat est de type équatorial humide. La pluviosité est toujours supérieure à 1.500 mm/an et dépasse par endroits les 3.000 mm. Les maxima de précipitations se situent en octobre-novembre et mars-avril avec une saison sèche marquée de mi-juin à mi-septembre et un ralentissement des pluies en janvier-février.

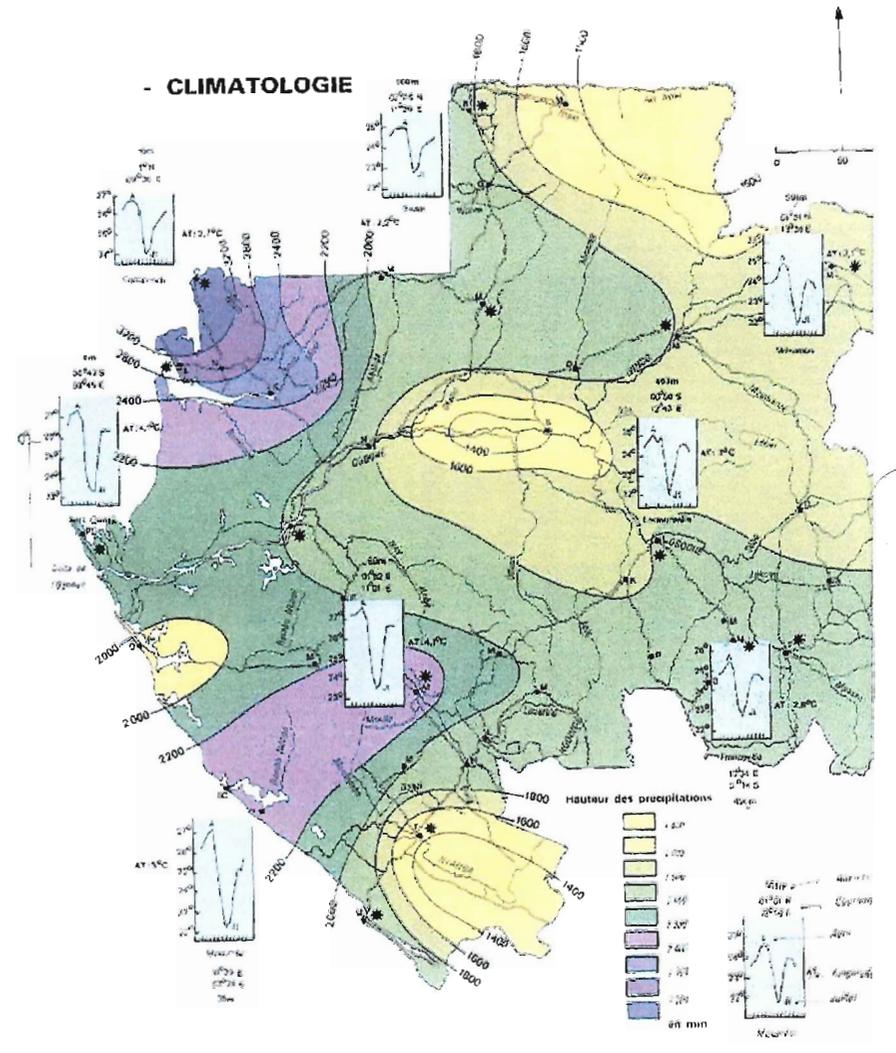
Environ 22 millions d'hectares seraient encore sous forêt, répartis dans deux zones (carte page 173) :

ORO-HYDROGRAPHIE

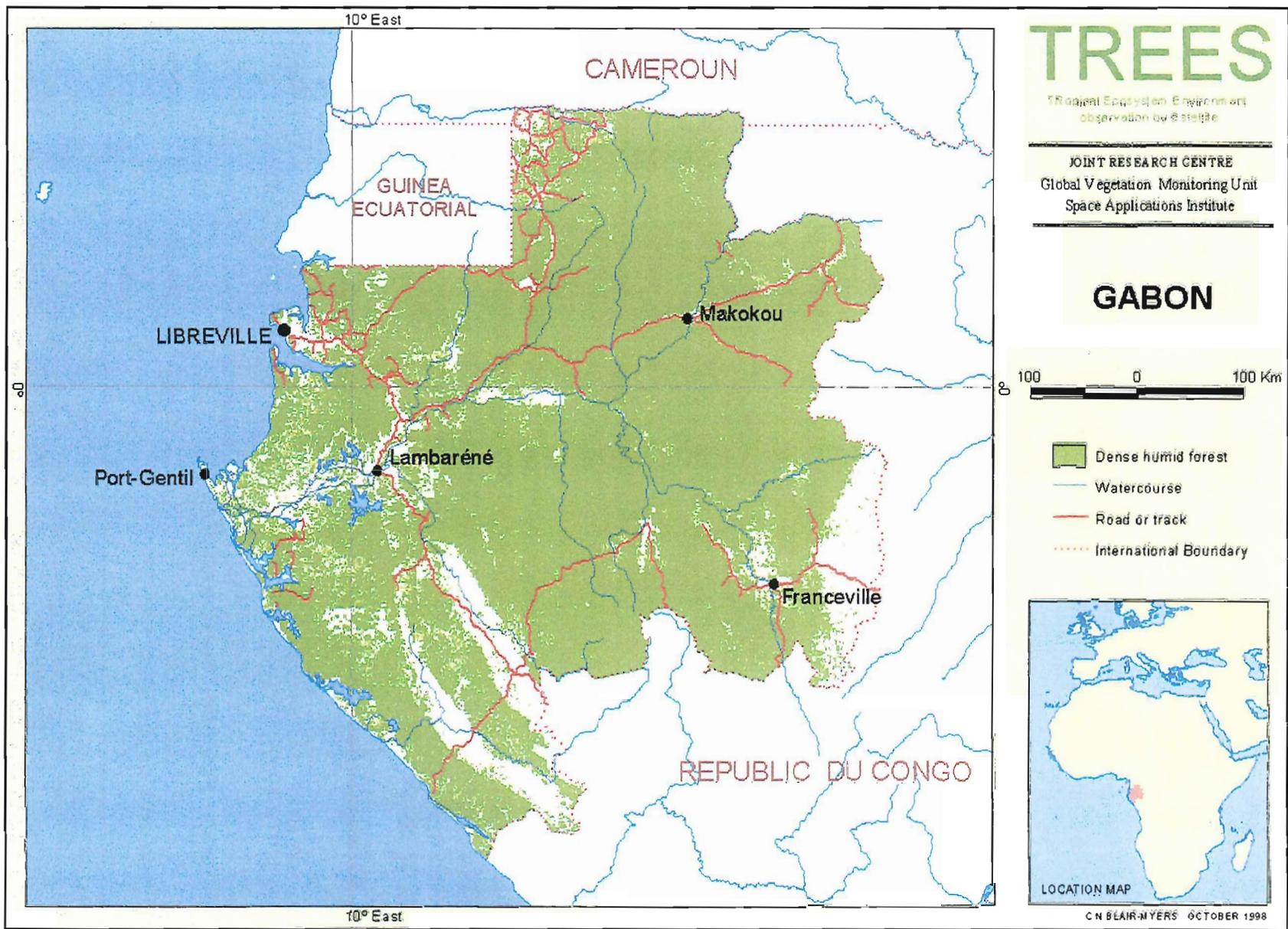


Échelle par J. DANRET Source : Ann. Map. Géogr. - US Army

- CLIMATOLOGIE



Établi par G. BARREI Source : Direction de la Météorologie Nationale / CIRAD - ASIEGUA



La première zone [forêt dense humide sempervirente du bassin sédimentaire côtier avec la forêt littorale à Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et Ozouga (*Sacoglottis gabonensis*) et plus à l'intérieur la forêt à Okoumé, Ozigo (*Dacryodes buttneri*) et Alep (*Desbordesia glaucescens*)] couvre environ 5 millions d'hectares. Facile d'accès, l'évacuation des grumes pouvant se faire par flottage, elle a été rapidement écrémée. Depuis 1962, l'exploitation de cette zone est réservée aux nationaux. Dans certains massifs les exploitants sont passés cinq fois en un siècle ; la rotation est donc rapide pour des formations naturelles. Quel en est l'impact sur l'écosystème ?

- La seconde zone, qui s'étend sur le reste du territoire national, est d'un relief plus marqué et d'une exploitation plus difficile. Elle est essentiellement exploitée par de grandes compagnies internationales. Elle comprend :
 - la forêt dense humide sempervirente des reliefs et plateaux de l'intérieur, environ 8 millions d'hectares, toujours riche en Okoumé. Elle présente deux types : le premier riche en *Caesalpinaceae*, essentiellement les Andoungs (*Monopetalanthus* sp.) et le second en espèces diverses parfois abondantes comme le Béli (*Paraberlinia bifoliolata*), l'Illomba (*Pycnanthus angolensis*), etc.
 - la forêt dense des plateaux de l'intérieur, représentée par deux types où l'Okoumé est absent : le premier sempervirent contenant notamment le Limbali (*Gilbertiodendron dewevrei*) et l'autre, semi-décidu, au Nord-Est où figurent l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), le Limba (*Terminalia superba*), le Kosipo (*Entandrophragma candollei*),...

L'ensemble de ces forêts est riche d'au moins 400 espèces d'arbres dont une quinzaine seulement sont régulièrement exploitées, Okoumé en tête avec 75% des volumes sortis de forêt. Néanmoins, fin 1998, plus de 45 espèces étaient exportées et on trouvait, en sciages, 37 essences différentes sur le marché de Libreville, dont certaines, rares, comme le Pao Rosa (*Swartzia fistuloides*) ou le Kevazingo (*Guibourtia tessmannii*) atteignent le prix de 350.000 FCFA/m³ ; 120.000 FCFA/m³ pour l'Okoumé.

La ressource disponible

Les dernières estimations de la DIARF (Direction des Inventaires, de l'Aménagement et de la Régénération des Forêts) 1999 sont présentées dans les tableaux 1 et 2 :

Tableau 1 : Potentiel forestier du Gabon

Volumes bruts sur pied (en m ³)		Possibilité annuelle (millions m ³)	Durée révolution (années)
Volume global (Diamètre > 10 cm)	2 600 000 000		
Essences commercialisables	1 500 000 000	12 - 15	100 - 125
Essences commerciales	400 000 000	3 - 5	80 - 130
dont Okoumé	130 000 000		

Tableau 2 : Réserves estimées (millions de m³) et exportations 1997 (m³) des bois de grande qualité marchande (DIARF, 1995, résultats des inventaires par sondage + ATIBT, 1999)

Noms pilotes	Noms scientifiques	Réserve estimée (M m ³)	Exportations 1997 (m ³ /an)
Okoumé	<i>Aucoumea klaineana</i>	130	1 900 743
Ozigo	<i>Dacryodes buttneri</i>	40	135 794
Andoung	<i>Monopetalanthus sp</i>	50	36 153
Azobé	<i>Lophira alata</i>	25	6 665
Bahia	<i>Hallea ciliata (Myrtragina)</i>	7	29 286
Douka	<i>Tieghemella africana</i>	6	14 631
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	25	30 861
Kevazingo	<i>Guibourtia tessmannii</i>	13	55 501
Kossipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	5	6 100
Limba	<i>Terminalia superba</i>	30	2 121
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>	11	35 242
Niové	<i>Staudtia gabonensis</i>	10	500
Olon	<i>Fagara heitzii</i>	10	2 651
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	15	57 291
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>	40	19 041
Autres essences commerciales (Acajou, etc.)		37	386 940
Acajou			8 012
Agba			20 300
Aiele			28 174
Alone			15 873
Beli			11 687
Bilinga			45 394
Dibétou			7 971
Doussié			7 030
Fromager			10 299
Gombe			25 057
Igaganga			46 442
Iroko			17 849
Movingui			20 832
Niangon			14 359
Oveng-kol			9 593
Autres			98 068
TOTAUX		454	2 719 520

Le volume sur pied des arbres de plus de 10 cm de diamètre est estimé à 250 m³ par hectare (dont 55 m³ de bois d'oeuvre commercialisable) dans les forêts encore vierges et 220 m³/ha dans celles ayant déjà été exploitées (42 m³ commercialisable) avec 10 m³/ha d'Okoumé dans 80% des forêts.

Si l'on compte qu'il faut 75 ans pour produire un Okoumé moyen de 70 cm de diamètre (Nasi, 1997), ce qui pourrait être considéré comme la révolution de l'espèce, la production annuelle de cette essence pourrait être de 1 730 000 m³/an sans risque d'entamer le capital. Déjà, en 1972, la production d'Okoumé avait atteint 1 867 000 m³ et dépassé la possibilité de renouvellement des forêts. Ce volume de 1,7 millions de m³ a également été atteint par les exportations en 1996 et dépassé en 1997. Par contre, les exportations de 1998 sont restées bien en deçà de cette valeur critique ¹.

Le maintien de la production de l'Okoumé présuppose le maintien de la superficie actuelle des écosystèmes forestiers ce qui n'est pas certain même avec un taux de déforestation relativement bas comme celui du Gabon (inférieur à 1 %) ².

La volonté politique

Le Gouvernement du Gabon a présenté en mai 1996 une lettre de politique forestière visant le développement économique de la filière bois tout en garantissant le maintien de la ressource par l'aménagement durable des massifs forestiers.

Schématiquement, les grandes lignes de cette politique sont

- aménagement des forêts, nouvelle réglementation de l'exploitation assortie d'un meilleur contrôle
- réforme de l'attribution des permis pour que l'exploitation alimente l'industrie locale
- transformation locale de 90% des grumes en 2025
- renforcement de la formation et de la recherche
- prise de dispositions législatives et fiscales incitatives
- amélioration des infrastructures économiques

Le projet 1998 de révision de la loi 1/82 d'orientation en matière des eaux et forêts propose :

- constitution d'un domaine permanent à vocation forestière de 12 millions d'hectare dont 8 à vocation de production et 4 d'aires protégées. Ce domaine sera soumis à l'aménagement
- les permis d'exploitation :
 - ▶ les CFAD (concessions forestières sous aménagement durables, de 50 à 600 000 ha) seront subordonnées à la préparation et à la mise en oeuvre de plans d'aménagement et d'industrialisation et seront d'une durée de 20 à 40 ans
 - ▶ les permis forestiers associés (< 15 000 ha) réservés aux nationaux et obligatoirement rattachés à une CFAD

¹ Entre 1996 et 1998, les exportations d'Okoumé/Ozigo ont chuté de 40%, les exportations globales ont baissé de 23 % alors que celles des "bois divers" ont augmenté de 54 % (ATIBT)

² Avec un taux annuel de déforestation de 1%, il suffirait de 70 ans pour faire disparaître 50% de la superficie forestière du pays.

- possibilité de création de forêts communautaires au sein de l'espace forestier rural dotées d'un plan simple de gestion afin de remplacer les permis de coupes familiales.

L'aménagement durable des forêts

Un schéma directeur d'aménagement durable des forêts gabonaises a été élaboré en 1997. Il souhaite impliquer d'avantage les différents acteurs de la filière (cf. supra).

L'ensemble des plans d'aménagement durable des forêts devraient être effectifs d'ici 2010.

Tableau 3 : Prévisions en matière d'aménagement forestier

Indicateurs	Situation actuelle	Résultats 2010	Résultats 2025
Niveau de récolte (m ³ grumes)	2 500 000	5 000 000	6 500 000
Nombre d'essences exploitées	15	30	60
Récolte à l'hectare (m ³)	0,62	0,83	0,87
Superficies exploitées (ha)	3 600 000	6 000 000	7 500 000
Plantations d'Etat (ha)	30 000	50 000	100 000
Plantations privées (ha)			100 000
Aménagements privés (ha)	2 320 000 *	4 000 000	4 000 000
Aménagement Etat (ha)	2 300 000 **	4 000 000	6 000 000
Aires protégées (ha)	3 000 000	4 000 000	4 000 000

* Concessions forestières actuellement concédées sous réserve d'élaboration d'un plan d'aménagement durable

** Superficies dotées récemment de plans d'aménagement dans le cadre de projets financés par des bailleurs de fonds extérieurs

Remarque : en 2010 et 2025, il existe un décalage entre les superficies aménagées et exploitées. Le niveau de récolte, de plus, ne tient pas compte de la productivité des plantations. Ceci est lié à la volonté de réduire drastiquement l'exportation de grumes tout en développant la transformation locale des bois. Un niveau de récolte supérieur à celui prévu ne peut être envisageable car pour déjà atteindre l'objectif fixé, l'industrialisation doit être à même de passer de 205 000 m³ grumes transformées localement en 1996 à près de 6 millions de m³ en 2025 (voir ci-après).

Le plan directeur d'industrialisation de la filière bois

Ce plan, qui est en concordance avec le plan d'aménagement des massifs forestiers, considère avec raisons que :

- 80 % de la récolte est basée sur une seule essence, l'Okoumé
- le nombre d'essences généralement exploitées est trop restreint
- la récolte par hectare peut augmenter sans hypothéquer le capital forestier
- l'exportation de grumes représente un manque à gagner pour le pays
- l'Etat a été dans l'incapacité de faire appliquer la législation (loi 1/82) qui

- prévoyait déjà il y a près de 20 ans 75% de transformation locale
- l'outil industriel actuel est insuffisant et désuet, souvent peu concurrentiel sur les marchés internationaux alors que le marché local reste fort étroit
 - la "rente forestière" n'a pas été suffisamment réinvestie dans l'amélioration de la filière
 - il existe un manque de connaissances sur la sylviculture et la transformation de nombreuses essences forestières
 - la formation, à tous les niveaux de la filière, doit être améliorée

Les objectifs d'industrialisation sont présentés schématiquement dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Prévisions en matière d'industrialisation de la filière bois (première transformation)

Echéances	Sciages		Déroutage / tranchage		Total transformé (x 1000 m ³ grumes)
	Unités industrielles	Capacité (x 1000 m ³ grumes)	Unités industrielles	Capacité (x 1000 m ³ grumes)	
1998	10	165	3	155	320
2005	30	900	9	650	1550
2010	50	2 000	21	1 500	3500
2015	60	2 300	26	1 750	4050
2025	72	3 500	35	2 300	5800

Corrélativement à l'industrialisation, le rendement de la transformation devra atteindre 50% alors, qu'aujourd'hui, il est environ de 35 % pour les sciages et de 43 % pour le déroulage/tranchage. Le traitement et le séchage des produits, leur classement par choix et leur conditionnement devront être généralisés pour mieux conquérir les marchés internationaux qui exigent de la qualité.

Tableau 5 : Plan d'industrialisation : prévisions de l'évolution de la commercialisation des grumes et des produits transformés

Echéances	1998	2010	2025
Exploitation (m ³ grumes)	2 500 000	5 000 000	6 500 000
Exportation de grumes	2 295 000	1 500 000	700 000
▶ Okoumé / Ozigo	1 850 000	1 200 000	500 000
▶ bois divers	445 000	300 000	200 000
Transformation locale (m ³ grumes)	205 000	3 500 000	5 800 000
▶ déroulage / tranchage	75 000	1 500 000	2 300 000
▶ sciage	130 000	2 000 000	3 500 000
Volumes de produits transformés (m ³)	78 000	1 575 000	2 900 000
▶ déroulage / tranchage : local	8 000	25 000	100 000
▶ déroulage / tranchage : export	25 000	650 000	1 050 000
▶ sciage : marché local	41 000	175 000	425 000
▶ sciage : export	5 000	725 000	1 325 000

En fin de plan, 2,9 millions de m³ équivalent grume de déchets (dosses, copeaux, sciures,...) seront générés chaque année. Une partie servira à la fourniture énergétique des industries et des unités de séchage. Le reste pourrait avantageusement être utilisé pour la production de panneaux de fibres et de particules ou de pâte à papier.

Les grands axes du programme d'action sont présentés au tableau 6 :

Tableau 6 : Schéma de programme d'action du plan d'industrialisation de la filière bois au Gabon

Objectifs		Stratégies
1	Développer le marché des bois transformés en mettant en valeur l'ensemble des ressources forestières disponibles	Conquête de parts de marché durable au niveau international Développer un marché national Exporter des grumes en échange de garanties d'achat de produits transformés
2	Augmenter progressivement le taux de transformation des grumes	Imposer à chaque détenteur de permis d'exploitation un quota minimum de transformation ou un contrat d'approvisionnement d'une usine locale S'assurer que les grumes sont traitées par le processus offrant la meilleure valeur ajoutée
3	Favoriser l'avancement technologique et l'intégration des outils moderne de transformation et de gestion	Favoriser la modernisation des moyens de production Réaliser des études/diagnostics des usines de transformation
4	Créer un environnement favorisant la recherche et le transfert des résultats aux entreprises	Favoriser l'optimisation de l'utilisation des ressources et la promotion des produits du bois
5	Contribuer au développement des ressources humaines nécessaires aux besoins d'industrialisation de la filière	Former la main d'oeuvre professionnelle et technique Favoriser le développement des infrastructures nécessaires à la formation
6	Favoriser le développement de structures de transport adaptées	Garantir la participation du gouvernement au développement des facilités de transport des bois et des produits transformés
7	Mise en place d'un cadre législatif clair et d'une fiscalité compétitive	Mesures incitatives au développement de la filière bois
8	Garantir que toutes les actions posées sont en conformité avec les critères de gestion durable des forêts	Contrôler l'application de la nouvelle politique forestière d'aménagement durable des forêts

Le bois énergie

Bien que le gaz se soit fortement développé dans de nombreuses familles des centres urbains, le bois reste une source d'énergie importante, surtout en zone rurale où la population n'est en moyenne que de deux habitants au kilomètre carré.

D'après la DIARF le bois de feu est disponible en quantité suffisante pour répondre à la demande dans un futur prévisible.

Risques et incertitudes

Des terres neuves !

La forêt gabonaise, pour les agriculteurs, petit paysan ou cultivateur industriel, est un réservoir de terres neuves et fertiles. Le système d'agriculture itinérante sur brûlis est largement pratiqué ainsi qu'on peut le constater le long des axes routiers. Cependant, du fait de la faible densité de population rurale, le taux de déboisement reste faible. Or, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, un très faible taux de défrichement (0,7 % par an) peut faire disparaître 50 % des forêts en moins d'un siècle.

Vers une simplification de la flore ?

Si dans l'immédiat, en raison de la faible densité de population au Gabon, le couvert forestier n'est pas menacé par l'agriculture itinérante sur brûlis, comme c'est le cas dans beaucoup d'autres forêts tropicales, il y a néanmoins un risque de voir la composition floristique de ces forêts évoluer vers une simplification. Après l'abandon des cultures, les terres sont recolonisées par des espèces pionnières sous lesquelles s'installent les essences sciaphiles. White et al. (1996) signalent que le passage d'une savane à une forêt "monodominante" pionnière prendrait une centaine d'années et que le retour à la forêt mature, dominée par les *Caesalpinaceae*, pourrait demander 3 à 5 siècles. Il est donc vraisemblable que, vu le cycle cultures/jachères, l'évolution de la reconstitution forestière s'arrête au stade de forêt pionnière dont les forêts paucispécifiques à Okoumés sont le plus bel exemple.

De même, l'exploitation forestière ouvre des trouées dans la grande forêt. Celles-ci sont également recolonisées par des espèces pionnières. En supposant un cycle de passage en exploitation de 30 ans, au quatrième passage, on exploitera les essences pionnières issues de la première exploitation, causant des dégâts aux régénérations d'essences sciaphiles encore fragiles car de croissance lente. Il y a donc là aussi un risque de voir disparaître les gros arbres de ces essences car le taux de renouvellement ne sera pas assuré.

Un manque de connaissances sylvicoles !

Malgré de nombreuses études, les données ne permettent pas d'envisager des méthodes d'aménagement qui garantiraient une production durable et soutenue des essences les plus nobles (catégorie A). A titre d'exemple, citons un extrait du document de Bedel et al. (1998) "Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Le dispositif de M'Baïki en République Centrafricaine (1982 - 1995)" : voir encadré page suivante.

Concernant les essences commerciales, ils montrent que la régénération naturelle des espèces de la catégorie A n'est pas aussi abondante que souhaitée après exploitation. Pour obtenir une régénération d'essences plus héliophiles, une éclaircie du peuplement encore sur pied doit suivre l'exploitation.

En résumé ...*parcelles exploitées*

Les essences de catégorie B (espèces commerciales de deuxième importance) montrent des effectifs de régénération plus forts qu'en témoin, mais la tendance marquante est une augmentation de l'abondance des lianes.

Une meilleure régénération de l'Eyong (*Eribroma oblonga*), de l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*) et de l'Aniégré blanc (*Anigeria altissima*) en zone exploitée est constatée sur la période d'étude.

Aucune différence entre les parcelles exploitées et les parcelles témoins n'est discernable pour les autres espèces de catégorie A.

parcelles exploitées et éclaircies

La régénération des essences commerciales de catégorie A (espèces commerciales les plus recherchées), neuf à onze ans après traitement, apparaît plus abondante en parcelles exploitées et éclaircies qu'en témoin.

Une meilleure régénération du Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) et du Dibétou (*Lovoa trichilioides*) en zone exploitée et éclaircie est constatée sur la période d'étude.

Aucune différence entre les parcelles exploitées puis éclaircies et les parcelles témoins n'est discernable pour les autres espèces de catégories A ou B.

La reconstitution du capital sur pied après l'exploitation demande du temps. Les simulations (encadré ci-dessous) montrent que plus de 50 années sont nécessaires pour reconstituer le capital - en nombre - des essences de grande valeur. Pour les essences de la catégorie B, 30 à 50 ans sont nécessaires. Toutefois, si l'on souhaite reconstituer la surface terrière existant avant exploitation, le temps nécessaire est beaucoup plus long.

RECONSTITUTION DES EFFECTIFS D'ESSENCES COMMERCIALES EN FONCTION DES TRAITEMENTS, EN % DE L'EFFECTIF AVANT EXPLOITATION (N 1984)

Catégorie	Diamètres	Traitement	N 1984 (tiges/ha)	Pourcentage de reconstitution			
				20 ans	30 ans	40 ans	50 ans
A	60 - 80 cm	Exploitation	1,00	42	42	67	75
		Exp.- éclaircie	1,25	80	85	85	95
	+ de 80 cm	Exploitation	2,75	39	45	45	45
		Exp.- éclaircie	2,00	41	47	59	66
B	60 - 80 cm	Exploitation	3,33	95	95	117	135
		Exp.- éclaircie	3,19	96	112	141	174
	+ de 80 cm	Exploitation	4,33	69	83	94	106
		Exp.- éclaircie	3,56	95	109	125	140

Ainsi, la croissance en forêt naturelle apparaît-elle faible, bien plus qu'il ne serait souhaitable pour travailler avec une rotation économique de 20 à 30 ans. Les données ci-dessus laissent penser que des rotations aussi courtes vont appauvrir botaniquement les formations naturelles.

Le tableau 7 ci-après reprend quelques données existantes sur les croissances en diamètre.

Tableau 7 : accroissement en diamètre (en mm) de différentes essences de bois d'oeuvre

Espèces	Forêt naturelle		Arboretum de Sibang		Durée de la révolution **	
	Minimum	Maximum	Moyenne	Maximum *	Forêt naturelle	Plantations
Acajou	3,4	10,3			175 à 60	
Aniégré blanc		3,2			190 ans	
Ayous	4,8	10	-	-	150 à 60	
Azobé			5,8	8,7		100 à 70
Bilinga			6,6	9,3		90 à 65
Bossé	2	3			300 à 200	
Dibetou		4,9			125	
Douka			4,2	8,6		145 à 70
Iroko	3,1	5,9	-	-	200 à 100	
Kossipo	1,6	5			375 à 120	
Kotibé	2	3,2			300 à 190	
Limba	6,4	10	11,9	17,6	95 à 60	50 à 35
Longhi		3,6			170	
Miama			5,4	9,8		110 à 65
Moabi		4,5	3,5	9,4	135	170 à 65
Niové		1,3	3,6	6,3	450	170 à 95
Okoumé	7	9	8,3	16	90 à 70	75 à 40
Sapelli	3,3	5			180 à 120	
Sipo	4	5	7,6	11,9	150 à 120	80 à 50
Tali	4,5	7			135 à 85	
Tiama	2,5	5	3,9	9,1	240 à 120	160 à 70

* Plus gros arbre de la parcelle

** pour un arbre de 60 cm de diamètre (en années)

Ces valeurs confirment le fait que la croissance des essences commerciales, en forêt naturelle, est relativement lente. En plantations, l'âge d'exploitabilité est nettement plus précoce bien que descendant rarement en dessous de 50 ans même pour les essences les plus productives.

Dans les forêts naturelles, le processus de régénération des essences pionnières est assez bien connu, notamment pour l'Okoumé, et une sylviculture adéquate pourrait être envisagée pour favoriser leur multiplication. Par contre, pour les essences sciaphiles à croissance lente, même si les grands processus de régénération (espèces animales

disséminatrices, attente d'une trouée dans le couvert pour émerger, etc.) sont connus, on ignore souvent encore quel laps de temps sépare le stade semis de ceux de gaulis et baliveaux. On ignore encore plus quelle sylviculture appliquer pour raccourcir le temps d'émergence de ces essences de valeur. Dans sa thèse (17/12/1999), M. Fuhr conclut que "la superficie forestière en Okoumé diminuera de manière très importante dès le premier passage en exploitation". Il se pose alors la question de savoir si ces peuplements seront remplacés compte tenu de la réduction des superficies des friches agricoles où l'Okoumé se régénère abondamment et si l'exploitation forestière permettra de maintenir les peuplements existants.

L'homme ne maîtrise donc pas suffisamment les connaissances et les processus biologiques pour aménager le milieu naturel à son profit sans risque de le voir se simplifier et de voir disparaître des espèces dont l'intérêt est encore, aujourd'hui, inconnu.

Par contre, il semble que la croissance des arbres en plantation soit plus rapide qu'en milieu naturel, même modifié par des actions sylvicoles au profit des essences d'intérêt économique. En plantations, la différence de croissance entre la moyenne du peuplement et celle de l'arbre le plus vigoureux (Arboretum de Sibang : 60 années de recul) montre qu'une bonne sylviculture pourrait permettre d'améliorer significativement la production de grumes de taille commerciale d'une plantation. Si on ajoute à cela le gain que l'on peut escompter de l'amélioration génétique, les plantations permettraient de réduire le cycle de production des essences nobles.

Proposition d'axes de réflexion pour l'élaboration d'un plan directeur de reboisement au Gabon

Définitions

Le **reboisement** peut se définir comme la création ou la restauration d'un milieu forestier par plantation d'arbres ou par toute autre méthode favorisant l'installation des ligneux (semis direct, régénération naturelle assistée, etc.).

La **plantation** consiste à mettre en terre des plants préalablement éduqués en pépinière.

Le **semis direct** est la mise en place, directement sur le terrain, des graines des espèces que l'on souhaite multiplier.

La **régénération naturelle assistée** comprend les opérations sylvicoles qui permettent d'offrir aux jeunes plants que l'on souhaite voir s'installer, des conditions optimales de germination (labour,...) et de croissance (dégagements,...).

La **restauration** d'un milieu peu dégradé (par exemple une forêt exploitée) par voie naturelle sous le simple effet d'une protection n'est pas un reboisement. Par contre, l'**enrichissement** (action volontariste visant à augmenter la densité d'une ou de plusieurs essences, généralement par plantation) peut-être considéré comme un reboisement.

Evolution récente du concept de reboisement

L'ère des grands chantiers de plantation où l'on remplaçait la forêt naturelle par des peuplements équiennes d'une seule essence est complètement révolue.

Actuellement, la priorité est donnée à une gestion rationnelle et durable des ressources naturelles. Le Gabon, comme les autres pays forestiers, s'est donc lancé dans un vaste programme d'aménagement de ses formations naturelles.

Néanmoins, comme nous l'avons vu plus haut, le reboisement a sa place dans le cadre de l'aménagement du territoire et du maintien de la productivité forestière nationale à long terme.

Le reboisement au Gabon peut se décliner en fonction des objectifs que les différents acteurs lui assignent et des conditions de milieu dans lequel on souhaite le mettre en oeuvre. Le tableau 8 ci-dessous essaie de synthétiser ces interactions.

Tableau 8 : relations entre acteurs, objectifs du reboisement et milieux

Objectifs du reboisement	Milieux						
	Savanes	Forêt aménagée			Zones rurales	Zones urbaines et péri-urbaines	Terrains miniers
		Forêt exploitée	Parcs à bois, pistes	Forêt dégradée			
Bois d'oeuvre	Industriels	Industriels	Industriels	Industriels Etat	Populations		
Bois de service	Populations				Populations		
Bois de feu	Populations						
Autres productions	Populations Industriels				Populations	Populations	
Agroforesterie					Populations ONG	Populations	
Protection des sols	ONG Populations Etat		Industriels	ONG Etat	ONG Etat	ONG Etat	Industriels ONG
Stockage du carbone	Industriels du Nord			Industriels du Nord			Industriels
Maintien de la biodiversité		Industriels Etat		Etat			
Certification Label vert		Industriels ONG	Industriels			ONG	Industriels

Objectifs assignés au reboisement

Les objectifs que l'on assigne classiquement au reboisement est la production intensive de bois d'oeuvre, de service ou de feu ainsi que la revégétalisation des sites fragiles (sensibles à l'érosion) et des terrains dégradés (sites miniers).

Le reboisement peut avoir d'autres objectifs de production : autres produits végétaux industriels (gommés, latex,...), alimentaires (fruits : Irvingia, Safoutier, Moabi,...), pharmacologiques voire artisanaux (fibres, feuilles,...). Il peut aussi jouer un rôle socio-économique notable notamment en agroforesterie en contribuant à la sécurisation des productions agricoles (lutte contre l'érosion, protection contre les vents, effets sur la fertilité des sols, délimitation foncière, diversification des revenus,...)

Depuis une dizaine d'années, d'autres objectifs sont ou peuvent être assignés au reboisement, notamment :

- la séquestration du carbone (voir encadré Mécanismes de Développement Propre)

- la protection de la biodiversité soit en réduisant la pression sur les formations naturelles par le reboisement, soit en plantant des espèces recherchées mais à croissance lente qui risquent de disparaître du fait d'une surexploitation ou d'une extension des défrichements à but agricole (voir encadrés CITES et Convention biodiversité)

Le recours, de plus en plus fréquents, aux Critères et indicateurs de gestion durable des forêts (voir encadré) facilitant la commercialisation des produits forestiers issus de forêts correctement aménagées peut être une motivation supplémentaire pour des actions de reboisement. Ces reboisements à objectifs de séquestration du carbone ou de maintien de la biodiversité faciliteront la "certification" des bois exploités et donneront un "label vert" aux entreprises forestières qui les réaliseront.

Séquestration du carbone

La négociation climat a mis en évidence l'importance, pour les pays du Sud, de s'engager sur la voie d'un "développement économe en émissions de Gaz à Effets de Serre (GES)" pour participer à la lutte contre le réchauffement climatique. C'est dans cet esprit que le Protocole de Kyoto a jeté les bases d'un Mécanisme de Développement Propre (MDP) destiné à faire financer, par les pays et entités industrielles du Nord, des actions de développement économe en émissions de GES dans les pays du Sud. En échange, ces investisseurs du Nord, recevront des crédits d'émission qui leur permettront d'atteindre leurs objectifs de réduction d'émissions.

Dans ce cadre entrent les projets de séquestration de CO₂ qui peuvent participer de deux manières distinctes et parfois complémentaires à la séquestration du carbone :

- En extrayant le gaz carbonique de l'atmosphère et en le stockant sous forme de biomasse aérienne et souterraine;
- En produisant des biomasses renouvelables supplémentaires dont la valorisation énergétique permet d'éviter le recours à des combustibles fossiles.

Relèvent de ces deux catégories :

- Les projets de préservation de forêts;
- Les projets de reforestation, en particulier les projets à vocation de production de bois d'œuvre ou de bois énergie.

Diversité biologique

La Convention sur la diversité biologique a pour objectifs « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques ».

La Convention est ainsi le premier accord mondial complet à s'attaquer à tous les aspects de la diversité biologique : les ressources génétiques, les espèces, les écosystèmes. Pour la première fois est reconnu le fait que la conservation de la diversité biologique est « une préoccupation commune à l'humanité » et fait partie intégrante du processus de développement. Afin d'atteindre ses objectifs, et conformément à l'esprit de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, la Convention favorise un partenariat renouvelé entre les pays. Ses dispositions sur la coopération scientifique et technique, sur l'accès aux ressources génétiques et sur le transfert de technologies sans danger pour l'environnement sont à la base de ce partenariat.

Le reboisement a au moins deux rôles à jouer dans le cadre de cette convention :

- conservation *ex-situ* d'espèces rares ou menacées (arboretum,...)
- réduction de la pression sur les formations naturelles : diminution de l'exploitation des forêts naturelles par production des produits recherchés dans des plantations intensives,

Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES).

Les instruments créés après la CNUED ont insufflé une nouvelle vigueur aux structures juridiques existantes et notamment à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). La CITES a établi un réseau mondial de contrôles du commerce international des espèces menacées et de leurs produits : des permis officiels sont requis pour couvrir ce commerce. Les espèces protégées sont réparties en deux catégories principales:

Les espèces les plus menacées : ces espèces menacées d'extinction, qui sont ou pourraient être affectées par le commerce, sont soumises à une réglementation particulièrement stricte afin de ne pas les mettre davantage en danger (Ces espèces sont inscrites à l'Annexe I).

Espèces courant un risque sérieux :

- toutes les espèces qui, bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement, pourraient le devenir si leur commerce n'était pas soumis à une réglementation stricte pour éviter une exploitation incompatible avec leur survie (Annexe II) ;
- certaines espèces qui doivent faire l'objet d'une réglementation afin de rendre efficace le contrôle du commerce des spécimens d'espèces inscrites à l'Annexe II (par ex. espèces d'apparence semblable).

Toutes les espèces qu'une Partie déclare soumises, dans les limites de sa compétence, à une réglementation ayant pour but d'empêcher ou de restreindre leur exploitation, et nécessitant la coopération des autres Parties pour le contrôle du commerce (Annexe III).

Critères et indicateurs

Les critères et indicateurs sont des instruments destinés à soutenir l'amélioration de la qualité de la gestion forestière comme partie intégrante du développement durable des nations. Ils fournissent une mesure de l'état des forêts et de leur gestion et, ainsi, ils peuvent être utilisés pour évaluer le progrès accompli vers une gestion durable de ces forêts.

Les avantages potentiels de l'utilisation des critères et indicateurs sont évidents : sur le plan international, en élargissant la base de l'information et la compréhension à l'égard de la quantité et de la qualité des forêts du monde; au niveau national, comme guide pour le développement ou la révision des politiques et de la législation et pour la formulation et l'amélioration des programmes forestiers nationaux; et au niveau de l'unité de gestion forestière, en évaluant le résultat de la gestion forestière et en fournissant une base pour son amélioration continue. Il existe entre ces niveaux des liens qu'il est bon d'examiner et de comprendre d'une manière plus complète.

L'élaboration et la mise en oeuvre des critères et indicateurs constituent un processus dynamique. Les indicateurs peuvent être continuellement améliorés pour répondre aux préférences changeantes du public, aux nouvelles informations scientifiques, à l'expérience croissante à l'intérieur des pays et à l'échange des expériences entre eux.

Les acteurs

L'Etat :

Depuis peu et de plus en plus, l'Etat est appelé à jouer un rôle d'incitateur, d'organisateur (législation adaptée), de régulateur et de contrôleur en lieu et place de celui de maître d'oeuvre des plantations forestières qu'il occupait jusqu'à présent. Néanmoins, l'Etat peut conserver un rôle direct pour des reboisements non économiquement rentables mais nécessaires au maintien de l'environnement : sur des sols fragiles, dans des écosystèmes menacés et dans des zones urbaines et péri-urbaines.

Les populations rurales :

Les populations sont appelées à jouer un rôle actif en matière de reboisement du fait de la constitution prochaine des forêts communautaires. Leur implication devrait principalement concerner la régénération assistée de l'Okoumé. En matière de plantations au sens strict, les agriculteurs seront certainement plus intéressés par des espèces comme l'Hévéa qui apportent plus rapidement des revenus. La plantation d'arbres fruitiers sauvages ou domestiques intervient aux abords des villes et des villages et dans les concessions. L'arbre planté peut jouer un rôle dans la diversification des revenus des agriculteurs ainsi que dans l'aménagement de l'espace agricole (agroforesterie).

Les exploitants forestiers et les industriels du bois

Actuellement dans le cadre de la nouvelle politique forestière, les exploitants sont tenus de s'associer avec des industriels afin d'assurer un maximum de transformation locale des bois exploités. Ils sont en outre tenus d'élaborer des plans d'aménagement durable des concessions forestières qui leur sont attribuées pour une longue durée. Dans le cadre de ces aménagements, les exploitants peuvent être tenus d'enrichir les parcelles exploitées avec des essences précieuses en voie de raréfaction et de favoriser la régénération d'espèces pionnières comme l'Okoumé dans les parcs à bois et sur les pistes de débardage. Ces reboisements pourraient contribuer, dans un premier temps, à la certification des forêts dans lesquelles ils sont établis et à la labellisation (incontournable dans un avenir plus ou moins proche) des produits issus de ces forêts.

Il semble également souhaitable que les industriels se constituent, par plantation dans les savanes ou les forêts dégradées proches des usines, des stocks de bois industriel. Ces plantations pourraient jouer un rôle de tampon permettant un approvisionnement régulier et continu des usines. Elles pourraient être principalement constituées d'essences héliophiles à croissance rapide.

Les sociétés minières

La revégétalisation des sites miniers et des terrils par plantation est une des préoccupations environnementales de ces sociétés. Leurs actions dans ce domaine devraient s'accroître au cours des prochaines décennies sous la pression des groupes écologiques.

Les pays et les groupes industriels du Nord

Dans le cadre des mécanismes de développement propre, les sociétés industrialisées du Nord pourraient être amenées à réaliser des reboisements, essentiellement dans des zones de savanes ou dans les défriches agricoles, avec des essences à croissance rapide, dans l'optique de séquestrer du carbone en échange de "crédits d'émission de CO₂" dans leurs pays.

Les Organismes non gouvernementaux écologistes

La pression pour la conservation, l'aménagement durable et l'amélioration des conditions environnementales, exercée par ces groupements écologistes sur l'ensemble des acteurs qui ont des activités à impact sur le milieu, va aller croissante dans les prochaines décennies. Ces organismes peuvent avoir un effet moteur pour promouvoir le reboisement par les autres acteurs en militant en faveur de la préservation de la biodiversité et en exigeant que le commerce des bois ne concerne que celui en provenance des forêts "certifiées".

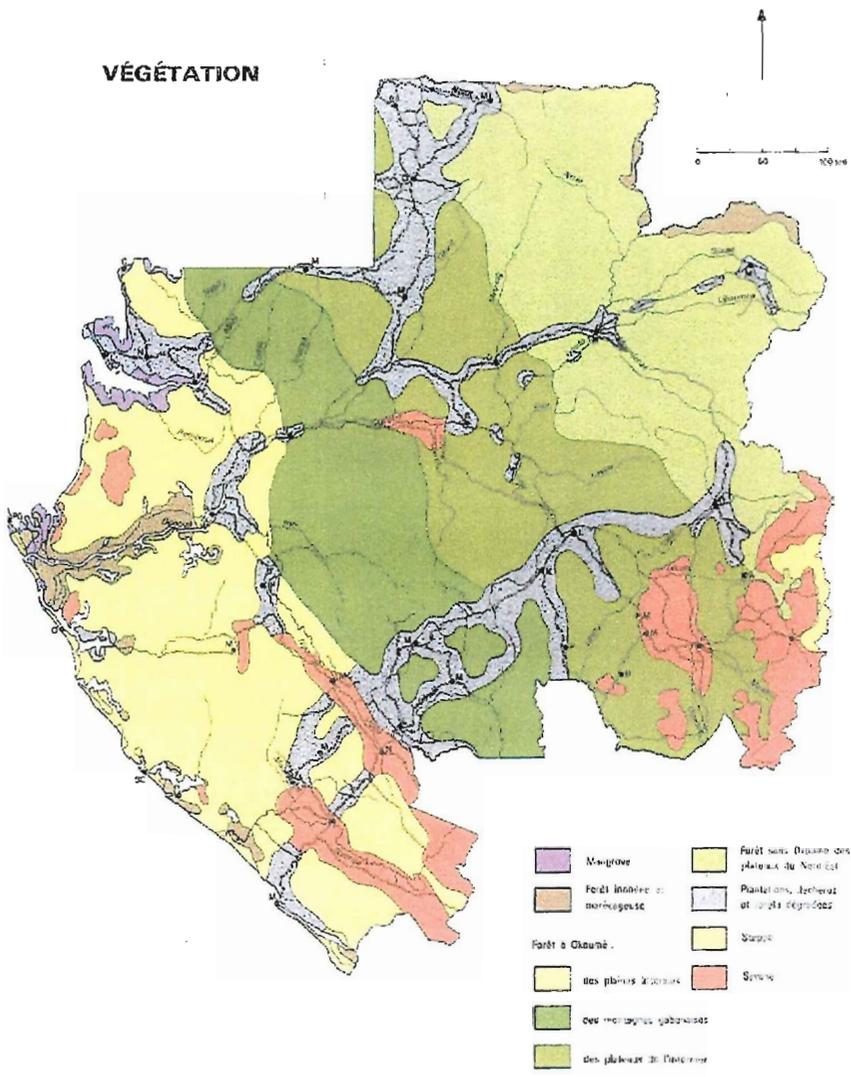
Ces ONGs mèneront directement des actions de reboisement pour améliorer l'environnement urbain et péri-urbain et pour la protection des zones sensibles (dégradées et susceptibles d'érosion). Dans ce cadre, elles favoriseront l'agroforesterie en zone rurale.

Les zones concernées par les opérations de reboisement

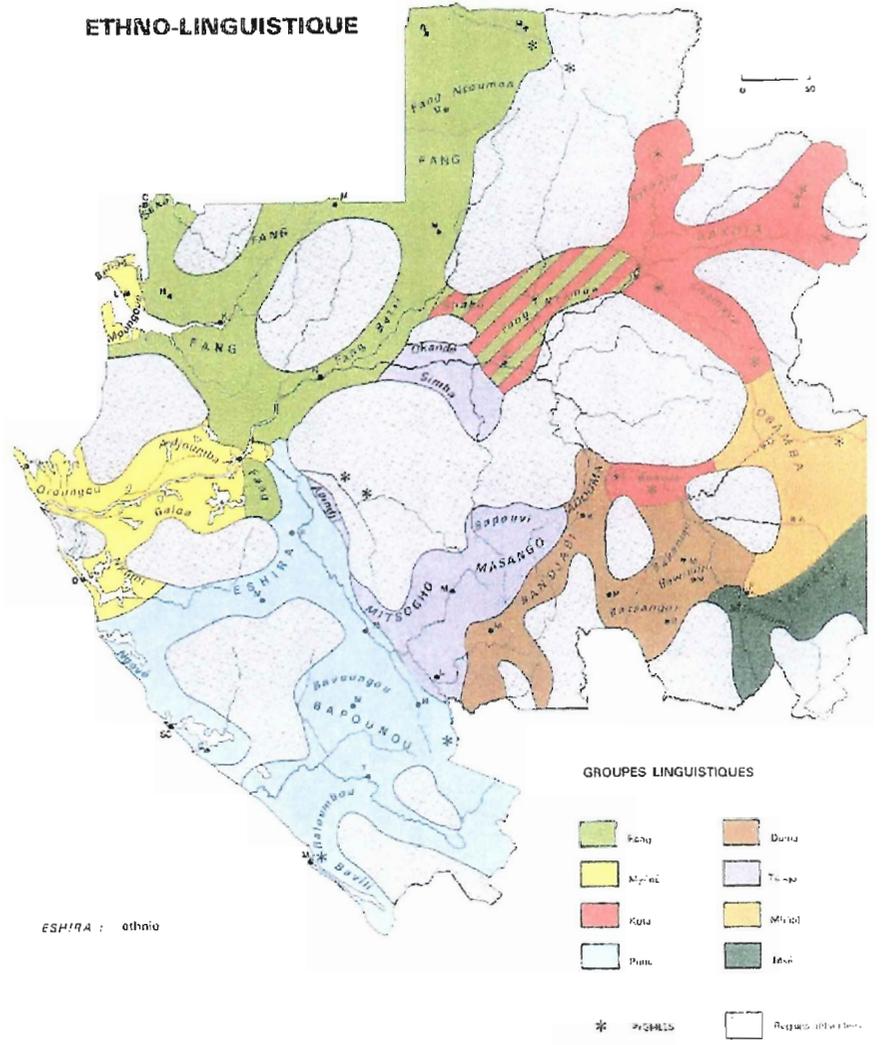
Les cartes de la page suivante présentent schématiquement la localisation des zones de savane et celle des principaux massifs reconvertis à l'agriculture ou en friches agricoles ainsi que les zones pratiquement inhabitées où la pression humaine ne peut se faire sentir sauf du fait de l'exploitation forestière.

Ces terrains (savane et forêts reconvertis à l'agriculture et friches agricoles) sont potentiellement concernés par les opérations de reboisement du fait du moindre coût de préparation des sols (absence de défrichement en savane) ou de la possibilité d'assister les régénérations naturelles pour reconstituer le couvert forestier (friches agricoles). La superficie des cultures, jachères et forêts dégradées est estimée à environ 3.000.000 ha.

Sont ensuite concernées les zones d'exploitations minières et pétrolières, les parcs à bois en forêt ainsi que les pistes d'exploitation. La superficie des terres à revégétaliser n'est pas connue.



Établi par G. CABALLE Document n° 01/95



Sources : A. G. ...

L'enrichissement en forêt exploitée (donc aménagée) mériterait d'être envisagé par les exploitants en vue de sécuriser la production des espèces de valeur à long terme. D'après la FAO, dans les forêts à Okoumé du Congo, les ouvertures créées dans la forêt pour l'exploitation d'un mètre cube grume correspondent à : 40 m² de pistes de débardage, 3 m² de parc à grume et 42 m² de dégâts d'abattage. Il y aurait donc, chaque année, plus de 20.000 ha d'ouvertures nouvelles dans les forêts gabonaises dont une partie pourrait faire l'objet de reboisement d'enrichissement.

En zones urbaines et péri-urbaines, la plantation d'arbres concernera essentiellement la création de parcs, de vergers et l'implantation d'arbres d'ombrage dans les concessions.

Cadre législatif et réglementaire

Afin de donner un certain élan au reboisement privé, il est indispensable d'avoir un cadre législatif adapté sécurisant le réalisateur des plantations (le foncier de l'arbre) et incitant au reboisement par des avantages fiscaux ou autres.

Propriété des arbres

La propriété des arbres et la garantie de pouvoir bénéficier des revenus de la vente du bois peut être un élément moteur pour la réalisation de petites plantations privées ou communautaires, notamment dans les zones fortement défrichées (région de l'estuaire) où les forêts naturelles ne sont plus à même de permettre l'exploitation des coupes familiales encore très longtemps.

Les exploitants et les industriels doivent également avoir la garantie de pouvoir bénéficier des arbres qu'ils auront plantés. Il faut donc prévoir un mécanisme législatif permettant l'usufruit des terres reboisées pendant une période assez longue pour pouvoir récolter les arbres en coupe finale.

Diamètre d'exploitabilité

Dans les peuplements artificiels, le raccourcissement de la révolution ne peut être obtenu, pour un même diamètre d'exploitabilité en coupe finale, que par le jeu des éclaircies. Celles-ci vont générer des bois qu'il est souhaitable de transformer pour obtenir des revenus intermédiaires et augmenter la rentabilité des plantations. Comme ces bois d'éclaircie sont de dimensions inférieures aux diamètres d'exploitabilité en forêt naturelles, divers amendements aux lois actuelles devront être proposés pour permettre l'exploitation et le transport de ces bois.

Incitations financières et/ou fiscales

Pour favoriser le reboisement, des incitations attractives doivent être proposées aux planteurs potentiels. En effet, la perspective de rentrées financières au moment de l'exploitation des arbres n'est pas suffisante aujourd'hui - car le pays est fortement boisé - pour engendrer des vocations de planteurs.

Des subventions pourraient être octroyées aux petits planteurs et aux communautés rurales qui planteront des essences précieuses à longue révolution. Ces subventions pourraient être variables en fonction des espèces plantées : plus importantes pour les espèces à longue révolution (Doussié, Moabi, Sapelli,...) que celles à moyenne révolution (Limba).

Des facilités fiscales peuvent être octroyées aux exploitants et industriels qui reboisent annuellement avec des essences de grande valeur.

Des facilités d'attribution de terres, dans des zones dégradées ou de savanes, à des distances relativement faibles par rapport aux implantations industrielles, pourraient être accordées aux industriels qui souhaiteraient se constituer une source privée de bois de qualité. Ces concessions - baux emphytéotiques - seraient assorties de l'obligation de reboiser annuellement entre 1/30 et 1/60 ème de la surface octroyée selon que les plantations sont réalisées avec des essences à croissance rapide (Fromager, Limba) ou lente (Acajou, Padouk, Doussié, Sipo, Okoumé, etc.)

Toutes ces aides et incitations doivent être subordonnées à la réussite des plantations et à l'existence, après plusieurs années, de peuplements bien installés et viables.

Des obligations ?

Obligation pourrait être faite aux exploitants de reboiser les grandes trouées qu'ils ont réalisées au cours de l'exploitation. Ils pourraient par exemple être tenus de planter à l'emplacement des parcs à grumes et d'entretenir ces plantations. Le fait de disposer de concessions de longue durée devrait inciter les exploitants à réaliser ces plantations qui contribueront à maintenir la productivité à long terme des concessions.

Comme dans certains pays, obligation pourrait être faite de reboiser au prorata du volume de bois exploité : par exemple reboiser un ha pour 300 m³ grume sortis de forêt. Ce reboisement devrait se faire sur des terres peu boisées (savanes ou friches agricoles) dont l'appropriation est possible et à une distance raisonnable des industries de transformation. Ces reboisements devront rester la propriété du planteur et représenter pour lui une source d'approvisionnement future de bois de haute qualité.

Cadre économique

Pour favoriser le reboisement, il convient d'avoir un tissu industriel capable d'acheter et de transformer les bois de petites dimensions. En effet, il est indispensable de pouvoir vendre les bois d'éclaircie, avant la coupe finale qui se situe vers 50 ans pour les espèces à croissance la plus rapide, afin de rentabiliser au mieux l'important investissement que représente une plantation forestière. Or, actuellement et vraisemblablement dans un proche avenir, l'industrie gabonaise n'est pas équipée pour scier, trancher et dérouler les arbres de faible diamètre et elle l'est encore moins pour la production de produits à bases de fibres ou de copeaux (chips) tels que les panneaux de particules ou de fibres.

Cette situation devrait néanmoins évoluer favorablement d'ici une dizaine d'années si le Plan directeur d'industrialisation de la filière bois est bien suivi.

La nécessaire diffusion des connaissances

La réussite des reboisements par des acteurs divers et principalement privés passe nécessairement par leur information et leur formation.

Information

Les acteurs potentiels des reboisements devront être informés des nouvelles dispositions en faveur du reboisement, en particulier :

- de la nouvelle politique forestière
- des dispositions légales et fiscales
- des possibilités d'appui
- des techniques et connaissances nouvelles acquises par la recherche, ...

Formation

Les acteurs du reboisement (agents forestiers, opérateurs, ...) devront être formés ou leurs connaissances remises à niveau concernant la nouvelle politique forestière, les démarches et l'évolution des techniques de reboisement.

Les méthodes pédagogiques et les contenus devront être différenciés selon le type d'acteur :

- recyclage pour les agents forestiers avec des modules sur la "participation"
- formation aux techniques et à la gestion pour des ruraux
- formations intensives courtes sur des thèmes bien ciblés pour les agents des sociétés privées ...

Organisation du Service forestier

Les agents du Service forestier devront impérativement devenir des conseillers pour les opérateurs du reboisement.

Cette reconversion demande qu'ils acquièrent une bonne maîtrise théorique et pratique des diverses techniques de reboisement. Peut-être serait-il souhaitable que le Service forestier central et décentralisé soit réorganisé pour accomplir cette nouvelle mission.

Approvisionnement en graines

La difficulté d'acquérir des graines de qualité en grande quantité est, actuellement, un des points faibles de la filière "reboisement" au Gabon.

La disponibilité, au moment idoine, des semences des espèces à planter conditionne non seulement la surface des reboisements mais aussi leur qualité future.

A l'instar de nombreux pays, il semble donc nécessaire de créer une structure spécialisée chargée de la récolte, de la conservation et de la commercialisation des graines forestières.

Cette structure, quel que soit son statut, doit être en liaison forte avec la recherche (CENAREST) pour profiter rapidement des acquis de la recherche ou pour lui sous-traiter des travaux de recherche sur la récolte, le conditionnement, le traitement des semences et pour la mise au point de techniques performantes de pépinière.

Propositions techniques d'action

Le reboisement et la plantation sont des actions qui engagent le long terme. Le choix d'une espèce engage le reboiseur jusqu'à la fin de la révolution, c'est pourquoi il faut tout mettre en oeuvre pour choisir la ou les bonne(s) espèce(s).

Aucune espèce ne pourra être proposée tant qu'aucune réponse n'aura été donnée aux questions suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques du site retenu : climat, topographie, sols, écologie,... ?
- Quels objectifs vise-t-on pour ces plantations ?
- Quelles sont les contraintes par rapport aux populations, aux autres objectifs d'aménagement de la zone, aux impacts écologiques,... ?
- Les connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces retenues sont-elles suffisantes pour limiter les risques d'erreur ?

Les considérations ci-dessous sont générales et ne peuvent être raisonnablement appliquées sans une étude de préfaisabilité.

L'Okoumé étant l'essence majeure exploitée au Gabon, un paragraphe spécial lui sera consacré. Les autres essences de valeur seront traitées ensemble.

Okoumé

L'Okoumé est une essence qui se régénère très bien dans les terres de cultures laissées à l'abandon ; en effet, l'arrachage du manioc, qui laisse un terrain propre, coïncide avec la période de fructification de l'Okoumé. La protection des savanes paléo-climatiques contre les feux permettrait l'avancée d'un front forestier pionnier essentiellement composé d'Okoumé ; ici aussi, le feu laisse un sol propre où les graines peuvent germer mais ensuite, l'absence de feux est nécessaire à la survie de l'espèce. Ces deux modes de régénération de l'Okoumé se rencontrent essentiellement dans la zone côtière où la concurrence du parasolier n'est pas à craindre. Par contre, l'Okoumé se régénérerait mal dans les trouées même si celles-ci sont conséquentes : des clairières d'au minimum un quart d'hectare sont nécessaires à la régénération naturelle de l'Okoumé. On note toutefois une régénération abondante le long des pistes de pénétration en forêt et dans les parcs à grumes. La régénération artificielle par

semis est une technique qui a fait ses preuves mais est confrontée au problème de l'indisponibilité de stocks importants de graines.

Les techniques de pépinière et de plantation sont parfaitement maîtrisées. Les techniques sylvicoles, éclaircies, sont connues mais le sylviculteur est actuellement confronté à la non demande de bois de petites dimensions par l'industrie gabonaise et donc à l'impossibilité de vendre le bois produit.

Le reboisement en Okoumé, tout au moins pour maintenir en l'état le capital productif actuel, peut reposer sur l'utilisation judicieuse d'aptitude pionnière de l'espèce.

Dans le cadre de la constitution de forêts villageoises - ou privées - en remplacement des coupes villageoises, il pourrait être envisageable de proposer un plan d'aménagement simple des terroirs en organisant la culture itinérante sur brûlis³ au sein des formations forestières déjà dégradées ou fortement écrémées. Cela permettrait la régénération de l'Okoumé qui ne sera conservé par les populations que si la propriété de l'arbre leur est garantie et si elles sont libres de vendre le bois. Il serait ainsi possible de créer progressivement des forêts villageoises d'Okoumés constituées des mosaïques de parcelles "équiennes" d'âges étagés. Ceci permettra, à terme, une production soutenue et durable garantissant des revenus forestiers aux populations villageoises.

Dans le cadre de l'extension des superficies d'Okoumés, ceci est possible dans les savanes côtières du Sud-estuaire⁴, dans les savanes des plaines de la Ngounié et de la Nyanga ainsi que dans celles proches de Franceville. Toutefois, ce reboisement ne doit pas entrer en conflit avec les autres usages que l'Aménagement du territoire pourrait attribuer à ces savanes : les rôles de conservations de la faune, cynégétiques et touristiques.

Le reboisement de ces zones pourrait se faire en favorisant la recolonisation pionnière des savanes par l'Okoumé. L'arrêt des feux est une condition indispensable à l'extension de la forêt. Le phénomène de recolonisation pourrait être accéléré par le labour de bandes de savanes à la lisière des forêts d'Okoumés au moment de la fructification de cette essence. La largeur de la bande à labourer sera de l'ordre de 50 m à partir de la limite des houppiers des semenciers potentiels du côté sous le vent dominant de la période de dissémination des graines. Ces labours ne doivent être faits que les années où la fructification de l'Okoumé est abondante, soit environ une année sur trois. Une fois les semis installés, un suivi est nécessaire pour dégager les jeunes plants au moins au cours de la première sinon des deux premières années. Cependant, comme l'Okoumé ne fructifie qu'à partir de la vingtième année, il ne sera guère possible d'étendre, en largeur, les bandes de régénération très rapidement. Si on veut aller plus vite, il est vraisemblable qu'il faille avoir recours au reboisement classique avec plantation de plants éduqués en pépinière.

³ Proposition déjà faite par G. Barret-Lefeuve et G. Dufoulon dans "La forêt gabonaise" p26 en 1979.

⁴ dans la mesure où la population de cette zone est en diminution

Autres espèces

Deux optiques peuvent être envisagées :

La première est la production intensive de bois pour alimenter l'industrie. Elle concerne la plantation en zone de savanes humides (à l'est de Franceville principalement) d'espèces de plein ensoleillement à croissance rapide comme l'Aïélé, le Framiré, le Fromager, l'Illomba, le Limba, le Niangon,... auxquels on pourrait ajouter des essences de valeur recherchées, à croissance légèrement plus lente, comme l'Acajou, le Bilinga, le Doussié, le Sipo,... Ces plantations devront être réalisées sur des surfaces suffisantes pour alimenter, à terme, des unités de transformation intégrée en aval.

La seconde est la constitution d'un "capital bois" d'essences de valeur dont le stock actuel sur pied ne peut garantir une exploitation durable à long terme ou dont la dispersion ne permet qu'une exploitation occasionnelle. L'objectif est de produire durablement des bois de grandes qualités que l'on risque de ne plus trouver en quantité suffisante dans les forêts naturelles d'ici quelques décennies, leur taux de renouvellement étant très faible. Dans cette catégorie, on peut classer le Moabi, le Tiama, l'Azobé, le Douka, le Niové, le Kossipo, l'Iroko,... Cette reconstitution et l'accroissement du capital bois peuvent s'envisager par l'enrichissement en forêt après passage de l'exploitation (résultats positifs obtenus en Côte d'Ivoire, 40 à 50 ans après ces enrichissements en lignes sous forêt exploitée) ou par plantation sur les parcs à bois.

Etudes complémentaires

Les réflexions et propositions en matière de reboisement au Gabon, présentées ci-dessus, ne sont que des axes que l'on peut envisager. Il n'est pas souhaitable de les mettre en oeuvre sans précautions préalables. Ainsi convient-il d'effectuer quelques études préalables et d'autres concomitantes à l'action :

- Identification des terres réellement disponibles pour le reboisement dont celles où le reboisement peut être effectué en assistant les régénérations naturelles et celles où le recours aux plantations est nécessaire
- Identification des essences utilisables en plantations sur les différents types de sol recensés à l'étape précédente
- Identifications des essences prioritaires en fonction des objectifs à atteindre selon les acteurs concernés et les types de sol recensés
- Etude de la rentabilité des plantations existantes dans la situation actuelle et selon divers scénarios d'évolution de l'industrialisation de la filière bois
- Faisabilité économique de nouvelles plantations forestières en fonction des divers scénarios évoqués ci-dessus.

- Faisabilité économique d'extension des parcelles d'Okoumé (et peut-être du Limba dans son aire naturelle) par régénération assistée, dans le cadre des forêts villageoises.
- Poursuite des recherches appliquées en vue de l'optimisation des opérations de reboisement et de gestion des peuplements artificiels :
 - ▶ récolte, conditionnement et conservation des semences
 - ▶ techniques de pépinière
 - ▶ techniques de plantation en plein découvert (savanes) ou en sous-bois (forêt dégradée, enrichissement)
 - ▶ techniques de régénération assistée des espèces pionnières
 - ▶ croissance en peuplements équiennes purs ou constitués d'un mélange d'espèces
 - ▶ itinéraires sylvicoles (éclaircies,...)
 - ▶ établissement de tables de production
 - ▶ impacts de l'âge et de la vitesse de croissance sur les qualités technologiques des bois
 - ▶ technologies permettant l'utilisation industrielle des bois de petites dimensions
- Impact de l'exploitation forestière sur la qualité de la ressource, (nombre, taille, forme, diversité génétique,...) notamment pour les essences à croissance lente et de grande valeur ⁵.

En guise de conclusion

Le Gabon est un grand pays forestier. L'aménagement rationnel de ses forêts peut garantir l'approvisionnement en bois des industries pour de nombreuses années encore. Cependant, ce riche capital forestier est constitué de plusieurs centaines d'essences différentes dont certaines, de grandes valeurs technologiques, esthétique et commerciale, sont peu abondantes, disséminées et de croissance particulièrement lente. Il y a donc là un risque de voir se dégrader la ressource que représentent ces espèces même si globalement la forêt gabonaise n'est pas menacée.

Même pour des essences plus abondantes et à croissance plus rapide, il pourrait y avoir un risque de ne pas pouvoir conserver une production soutenue et durable capable d'alimenter régulièrement l'industrie en aval, d'autant plus que celle-ci est appelée à une croissance rapide au cours des prochaines décennies.

⁵ Cette étude permettrait de mettre en évidence d'éventuels risques de dégradation de la ressource pour certaines espèces et donc de juger de l'opportunité de préserver cette ressource en recourant aux plantations

Pour maintenir intact le capital forestier, voire pour l'accroître, les plantations semblent avoir un rôle à jouer si pas dans l'immédiat, d'ici une ou deux décennies :

- sous forêt pour enrichir celle-ci en espèces sciaphiles de grande valeur
- en zones de savanes pour se constituer un stock de bois d'oeuvre industriel avec des essences pionnières à croissance rapide

Le maintien et l'extension des surfaces en Okoumé passeront très probablement plus par la régénération assistée dans les friches agricoles ou aux limites des savanes que par les plantations. Cette technique à faible niveau d'intrants permettra la (re)constitution des forêts villageoises prévues au plan sectoriel forestier.

Les plantations ont d'autres rôles à jouer :

- maintien de la biodiversité : constitution de collections vivantes d'espèces rares et menacées
- maintien de la diversité génétique au sein de la même espèce : collection de provenances
- sécurisation des productions agricoles
- protection des sols fragiles
- revégétalisation des sites miniers ou fortement dégradés
- séquestration du carbone

En conclusion, le reboisement ne peut être absent du plan d'aménagement du territoire du Gabon.

DOCUMENTS CONSULTÉS

- Anonyme. Non daté. Arboreum de Sibang, site scientifique international. CENAREST, Libreville, Gabon, 7p.
- Bedel F., Durrieu de Madron L., Dupuy B., Favrichon V., Maître H-F., Bar Hen A., & Narboni P. 1998. Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Le dispositif de M'Baïki en République Centrafricaine (1982 - 1995), Cirad-Forêt, Montpellier, 72p.
- Behaghel I. & Vigneron P. 1999. Projet : "Evaluation des essences indigènes de bois d'oeuvre en vue du développement des plantations forestières au Gabon". Seconde mission d'assistance technique au projet : première partie : 18 mai au 5 juin 1999. Cirad-Forêt - IRAF, Montpellier - Libreville, 29p + 7 annexes.
- Biraud J. & Catinot R. 1960. Les plantations artificielles d'Okoumé au Gabon. Bois et Forêts des tropiques, 73, 3-23.
- Brunk F. 1968. Compte-rendu d'un déplacement effectué au Gabon du 22 décembre 1967 au 10 février 1968. CTFT, Nogent-sur-Marne, France, > 31p.
- Brunck F., Grison F. & Maître H.F. 1990. L'Okoumé *Aucoumea klaineana* Pierre Monographie. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 102p.
- CTFT - Gabon, 1971. Activité 1970 *In* CTFT Rapport annuel d'activités, Nogent sur Marne, France, pp 32-42.
- DDICB, 1998. Horizon 2025 - Plan directeur en matière d'industrialisation. DDICB, DGEF, Libreville, Gabon, 78p + 2 annexes.
- Deleporte P. 1996. Première mission d'assistance technique au projet : "Evaluation des essences indigènes de bois d'oeuvre en vue du développement des plantations forestières au Gabon". Cirad-Forêt - IRAF, Montpellier - Libreville, 11p + 14 annexes.
- Detienne P., Oyono F., Durrieu de Madron L., Demarquez B. & Nasi R., 1998. L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. CIRAD-Forêt, Montpellier, France. 41p.
- DIARF, 1997. Schéma directeur d'aménagement durable des forêts gabonaises. DIARF, Intercoopération, Libreville, Gabon, 19p
- DIARF, 1999. L'aménagement durable des forêts au Gabon. Progrès réalisés en vue d'atteindre l'objectif an 2000 de l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux. DIARF, DGEF, Libreville, Gabon, 24p + cartes.
- Dupuy B., Gérard C., Maître H-F., Marti A. & Nasi R. 1998. Gestion des écosystèmes forestiers denses d'Afrique tropicale humide : 1. Gabon. Coll : Les bibliographies du Cirad, Montpellier, France, 207p.
- F.A.O. 1997. Forest harvesting in natural forests of the Republic of the Congo. FAO, Rome, 60p.
- Fuhr M., Nasi R. & Minkoué J-M. 1998. Les peuplements d'Okoumés éclaircis au Gabon. Bois et Forêts des tropiques, 256, 5-20.
- Fuhr M. 1999. Structure et dynamique de la forêt côtière du Gabon - Implications pour une succession secondaire dérivant de la forêt monodominante à okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre). Thèse de doctorat en Biologie de l'évolution et écologie, Université de Montpellier II. 149p + bibliographie.
- Kam (de) M. Contribution à la planification stratégique de la recherche forestière au Gabon, Rapport de la mission d'appui. Projet Forêt et Environnement - IBN-DLO, Libreville (Gabon) - Wageningen (Pays-Bas), 59p.
- Koumba Zaou P., Nzé Nguéma S., Mapaga D. & Deleporte P. 1998. Croissance de 13 essences de bois d'oeuvre plantées en forêt gabonaise. Bois et Forêt des tropiques : 256, 21-33.

- Kossy P. 1997. Contribution à la multiplication végétative d'essences forestières : essais de culture in vitro de l'Okoumé (*Auoumea klaineana* P.) - Premiers résultats. Mémoire de fin de cycle, E.N.E.F. Libreville, Gabon. 68p.
- Leroy-Deval J. 1975. Les possibilités du traitement de l'Okoumé en taillis pour la production de bois papetier. 161, 23-34.
- Le Ray J. 1947. Note sur la régénération artificielle et les méthodes d'enrichissement de la forêt dense en Okoumé. Bois et Forêts des tropiques, 4, 31-40.
- MEFR, 1998. L'aménagement durable des forêts au Gabon. 24^e session du Conseil International des Bois Tropicaux et ses Comités Associés, 28-28 mai 1998, Libreville, Gabon. Ministère des Eaux et Forêts et du Reboisement, Libreville, Gabon, 47p.
- Nasi R. 1997. Les peuplements d'Okoumé au Gabon. Leur dynamique et croissance en zone côtière. Bois et Forêts des tropiques, 251, 5-27.
- Ntchandi-Otimbo, P-A, 1999. Caractérisation des peuplements de quelques essences de bois d'oeuvre plantées dans l'arboretum de Sibang. Mémoire de fin de cycle, E.N.E.F. Libreville, Gabon. 38p + 4 annexes.
- N'Zabi T. 1997. L'histoire de la forêt de Sibang. Mémoire de fin de cycle, E.N.E.F. Libreville, Gabon. 16p + annexe.
- Nze Nguema S. 1998. Influence de la première éclaircie sur la croissance du Bilinga (*Nauclea diderrichii*; Rubiaceae) en plantation forestière (Ekouk, Gabon). Mémoire D.S.P.U. en Foresterie Rurale et tropicale, ENGREF, Montpellier, France, 33p + 12 annexes.
- Nze Nguema S. 1999. Mise en place d'un système d'information géographique pour le suivi des plantations forestières : cas du site d'Ekouk. Mémoire de Mastère spécialisé en sciences forestières, ENGREF, Montpellier, 69p + cartes.
- Saint Aubin (de) G. 1993. La forêt du Gabon. Cirad-Forêt, Montpellier France, Réimpression 1996, 208p + nombreuses planches photographiques.

PRINCIPALES PERSONNES RENCONTRÉES

Institut des Recherches Agronomiques et Forestières

M. Jean Daniel MBEGA, Directeur Général
M. Paul NGOUAHINGA, Chef du département des Sciences Forestières et responsable du laboratoire de technologie du bois
M. Paul KOUMBA ZAOU, chef de l'Unité de Sylviculture du département des Sciences Forestières
M. Sylvain NZE GUEMA, ingénieur
M. Nazaire MADAMBA, ingénieur stagiaire
M. David INGUEZA, ingénieur stagiaire
M. Etienne OSSINGA, informaticien
M. Pierre-André NTCHANDI, stagiaire (ENEF) arboretum de Sibang
M. Christophe IGABOUGH, stagiaire (ENEF) fiches espèces
M. Abraham Ndogou NDOGOU, chef de la station d'Ekouk
M. yangou YANGOU, chef assistant de la station d'Ekouk
M. Evariste ONDO ELLE, adjoint technique de la station d'Ekouk
M. Honoré Nguelet NGUELET, adjoint technique de la station d'Ekouk
M. Aibaradji El Moktar SIDI, technicien supérieur de la station d'Ekouk

Direction Générale des Eaux et Forêts

M. Faustin LEGAULT, Directeur Général des Eaux et Forêts
M. Joachim BILE ALLOGHO, Directeur des inventaires, des aménagements et de la régénération des forêts
M. Denis CABANA, responsable du Service Cartographie de la DGEF
M. Michel CAZET, assistant technique à la DGEF
M. Pierre SAMSON, responsable des Systèmes d'Information Géographique

Autres Services

M. Jean-Boniface MEMVIE, Directeur du Projet Forêt Environnement (PFE)
M. MADINGOU, Directeur Technique du PFE
M. Robert NASI, Chef du Projet FORAFRI
M. Jacques PLAN, représentant ONF International
M. Jean-Philippe JOREZ, Programme régional de gestion de l'information environnementale
M. Nicolas BORDIER, Syndicat des producteurs et industriels du bois au Gabon

Ainsi que les participants aux deux réunions suivantes :

- Atelier FORAFRI sur la "Gestion durable des forêts denses humides africaines aujourd'hui", Libreville 12 au 16 octobre 1998
- Atelier de "Validation du Plan Stratégique Sur la Recherche Forestière au Gabon", Libreville 11-12 novembre 1999

CINQUIÈME PARTIE

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

destinées à l'illustration

des fiches techniques

Dacryodes edulis
(Atangatier), feuilles
et fruits mûrs

Aucoumea
kleineana
(Okoumé),
plantation 1936 : 63
ans

Aucoumea
kleineana
(Okoumé),
plantation 1936 : 63
ans

Nazaire MADAMBA
(Responsable des
essais d'Ekouk) et
Guy Aimé
MOUSSAVOU
(Chauffeur)

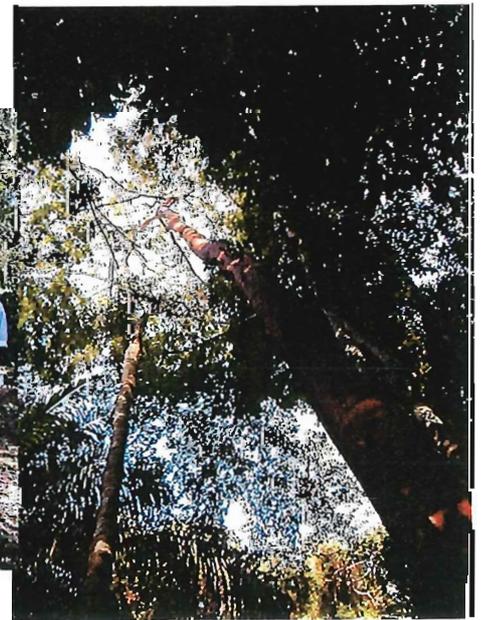
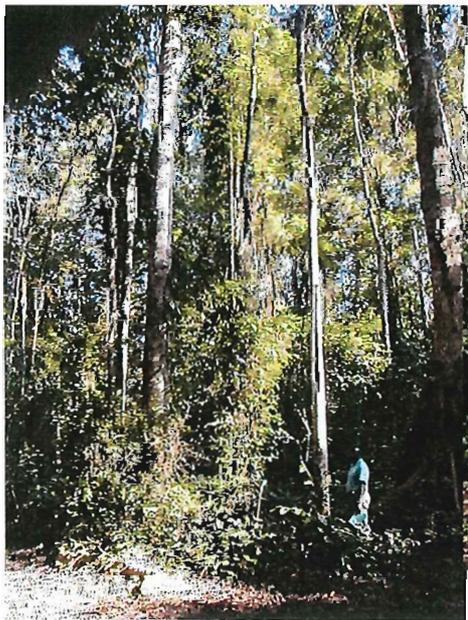
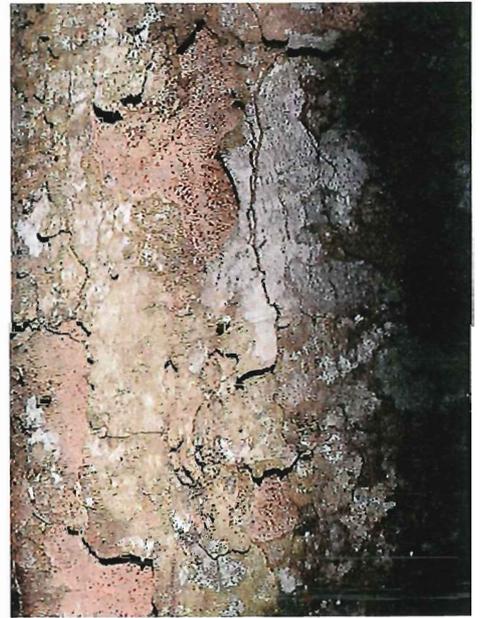
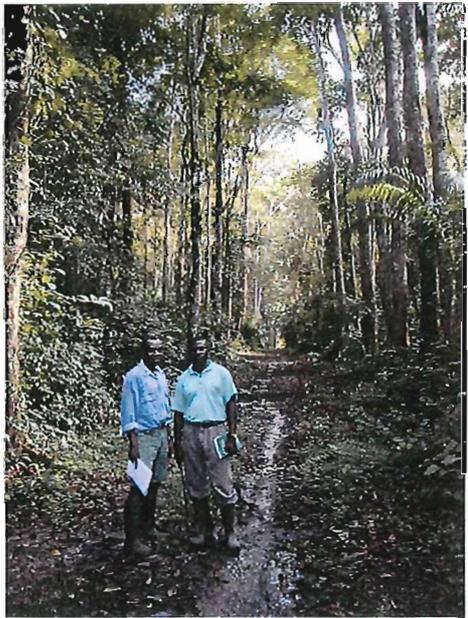
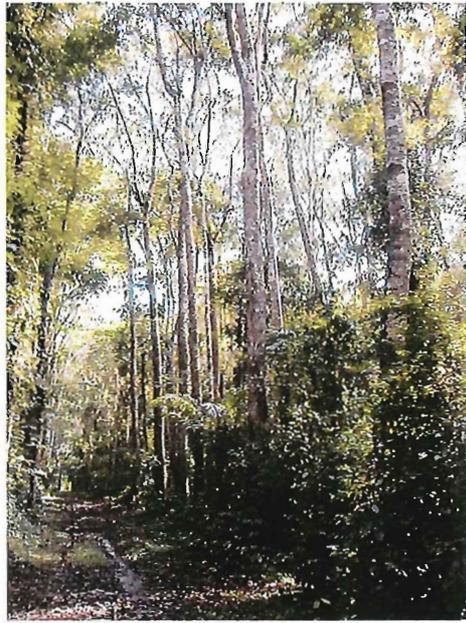
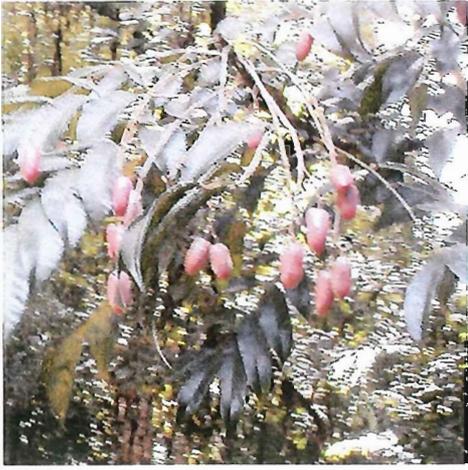
Fût de *Aucoumea*
kleineana
(Okoumé),
plantation 1936 : 63
ans

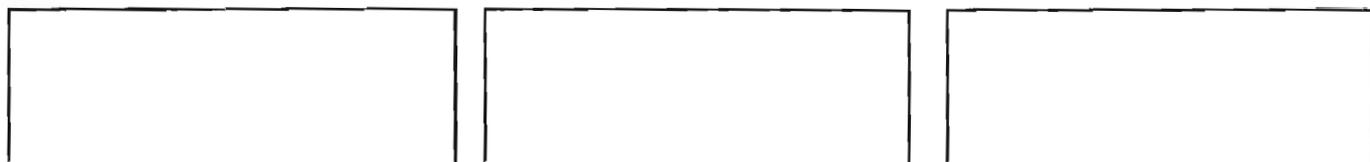
Ecorce de
Aucoumea
kleineana (Okoumé)

Entendrophragma
angolense (Tiama),
plantation 1936, 63
ans

Empattements de
Aucoumea
kleineana
(Okoumé),
suintement de
gomme blanche
utilisée pour les
torches

Disthemonanthus
benthamianus
(Movingui), noter la
couleur rouge brique
de l'écorce,





Thieghemella africana
(Douka), plantation
1933, 66 ans

Thieghemella
africana (Douka),
plantation 1933, 66
ans

Ecorce de
Thieghemella
africana (Douka)



Feuille de
Thieghemella africana
(Douka), jeune plant :
sans pétiole et
bordure non ondulée

Baillonella
toxisperma (Moabi),
plantation 1932, 67
ans

Feuilles de
Baillonella
toxisperma (Moabi)
vues du dessous

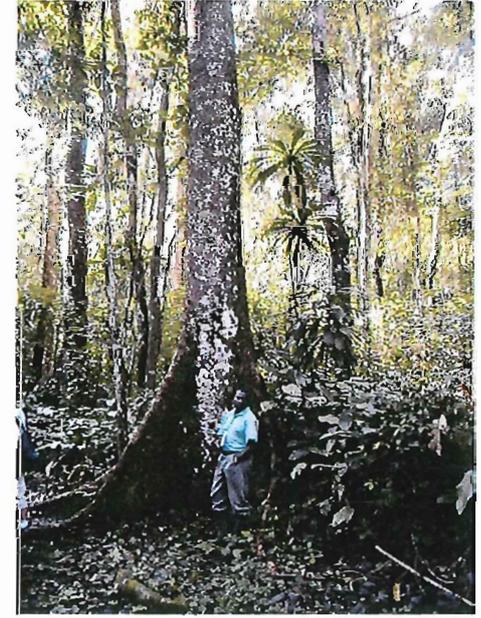
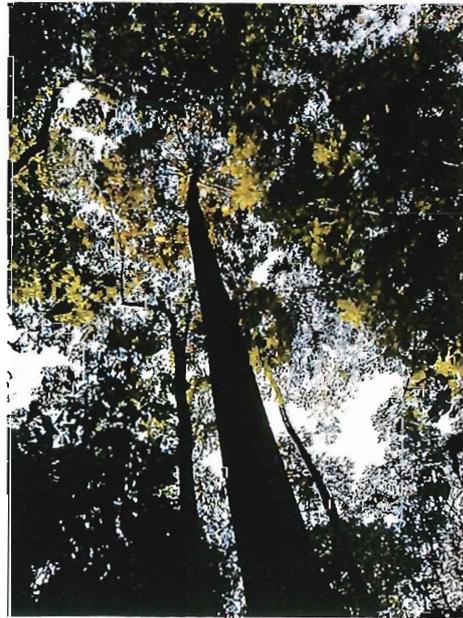
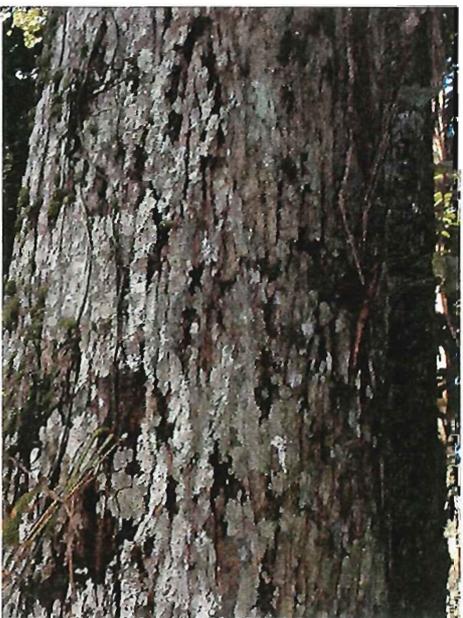
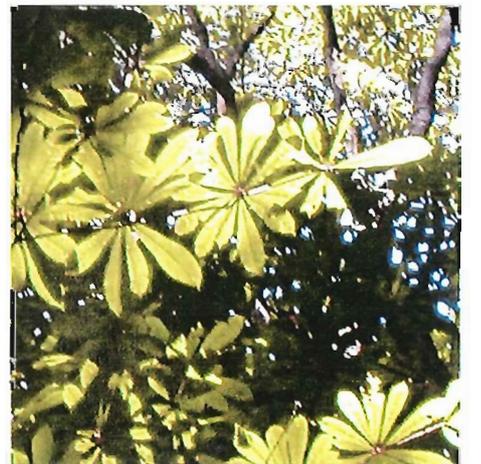
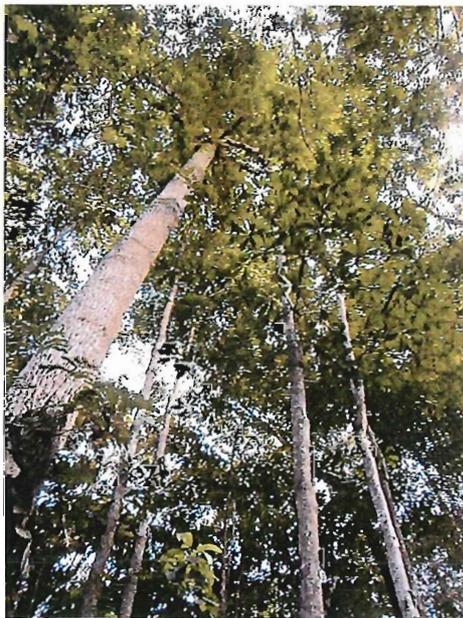
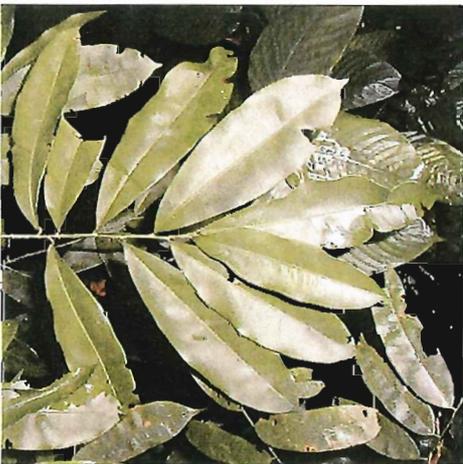
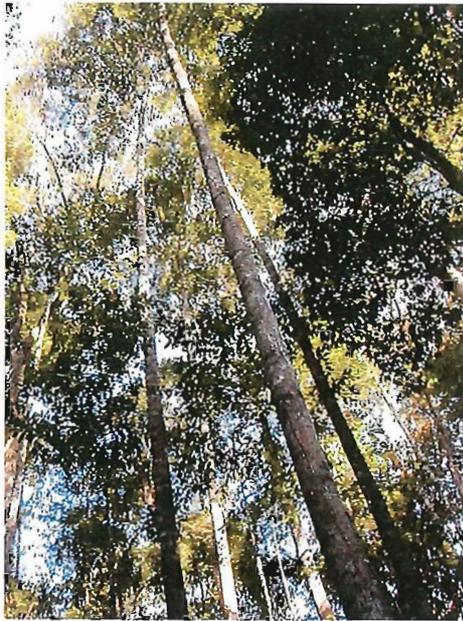
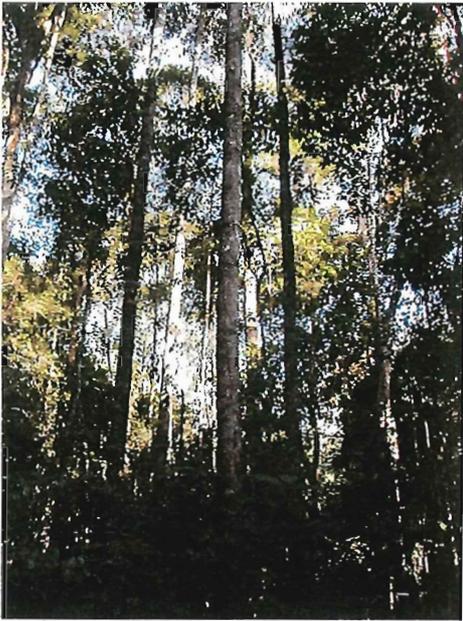


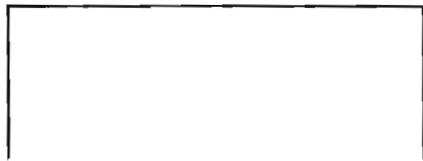
Ecorce de *Baillonella*
toxisperma (Moabi)

Pycnanthus
angolensis (Ilomba),

Khaya ivorensis
(Acajou), plantation
1932, 67 ans







Khaya ivorensis
(Acajou), plantation
1932, 67 ans

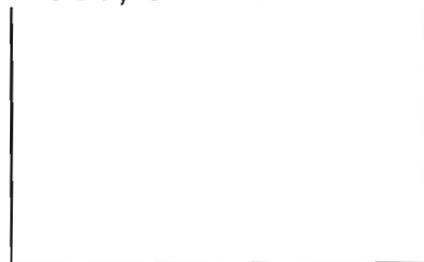
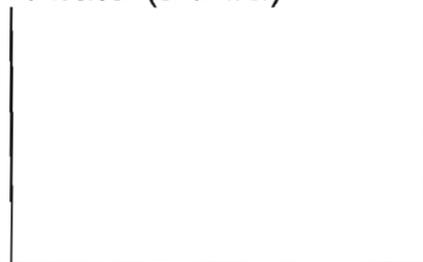
Nauclea diderrichii
(Bilinga), plantation
1935, 64 ans



Hallea ciliata
(Bahia), plantation
1932, 67 ans

Ecorce de *Hallea*
ciliata (Bahia)

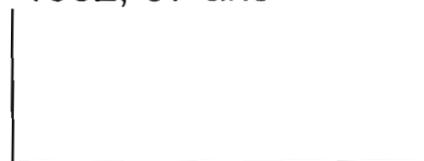
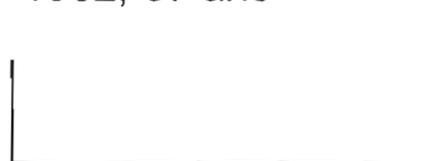
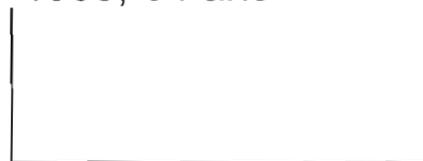
Staudtia stipitata
(Niové), plantation
1933, 66 ans

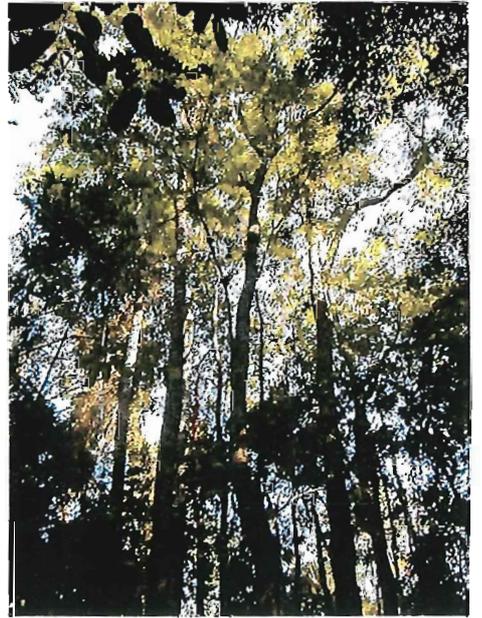
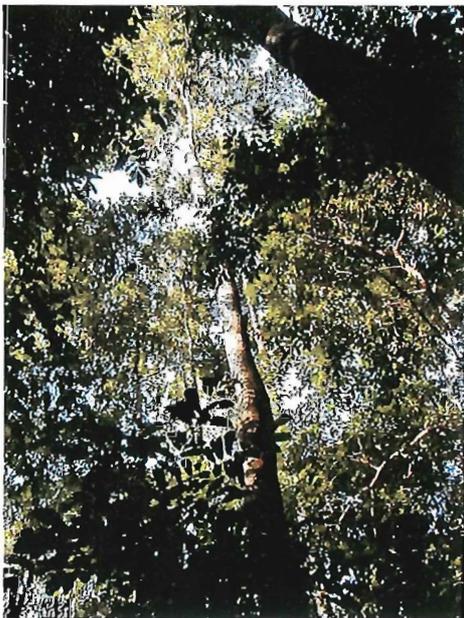
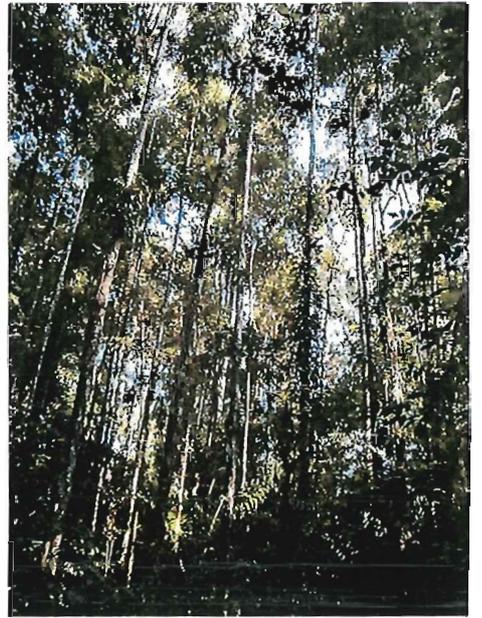
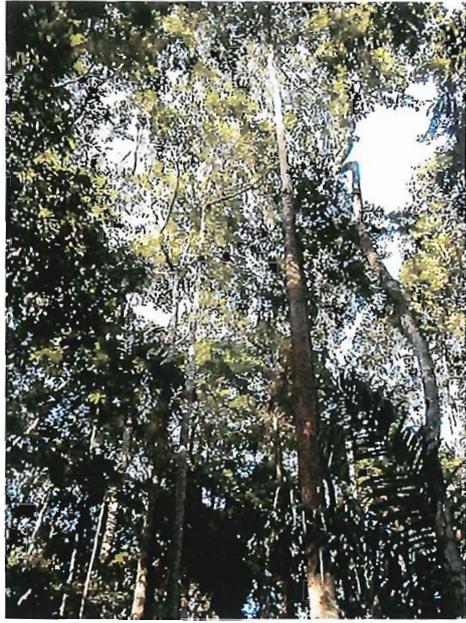


Lophira alata
(Azobé), plantation
1935, 64 ans

Calpocalyx heitzii
(Miama), plantation
1932, 67 ans

Calpocalyx heitzii
(Miama), plantation
1932, 67 ans





--	--	--

Ecorce de
Calpocalyx heitzii
(Miama)

Diospyros
crassiflora (Ebène),
plantation 1935, 64
ans

Ricinodendron
heudelotii
(Essessang),
plantation 1950 : 49
ans

--

--

--

--

--

--

Pycnanthus
angolensis
(Ilomba),

Andoung(s)
Monopetalanthus
sp., Plantation
1947, 52 ans

Piptadeniastrum
africanum
(Dabéma),
plantation 1934, 65
ans

--

--

--

--

--

--

Cime de
Pycnanthus
angolensis (Ilomba)

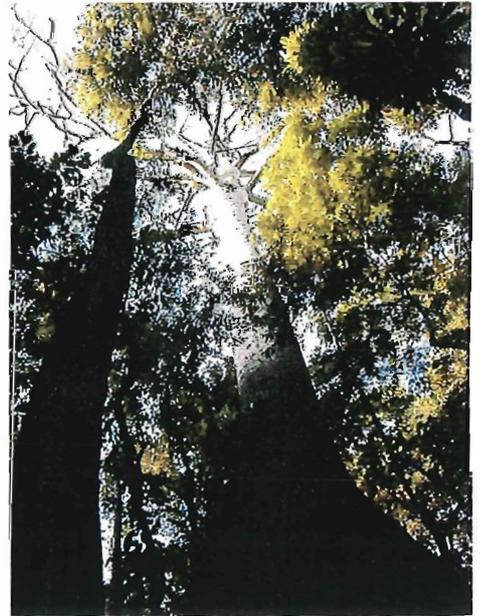
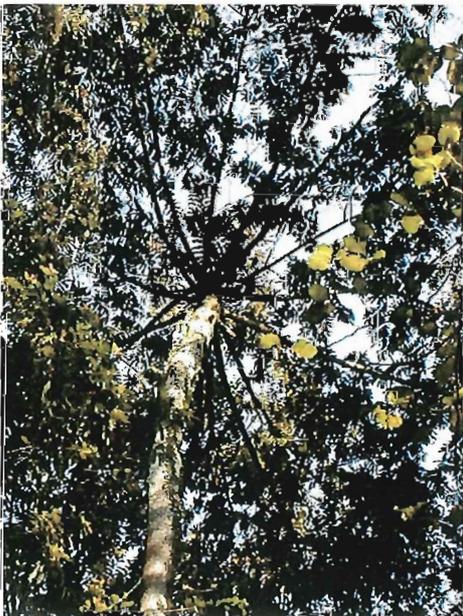
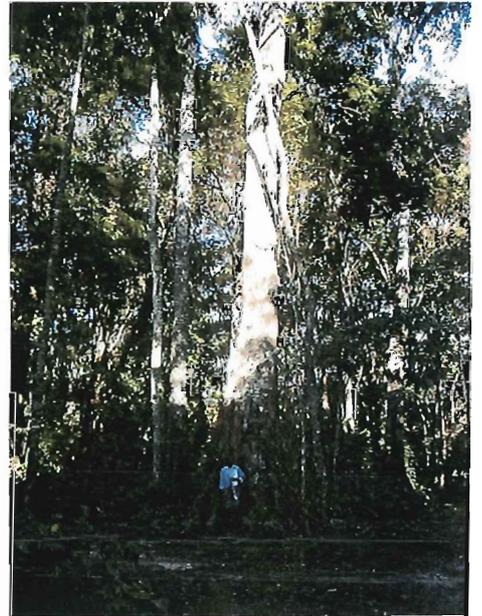
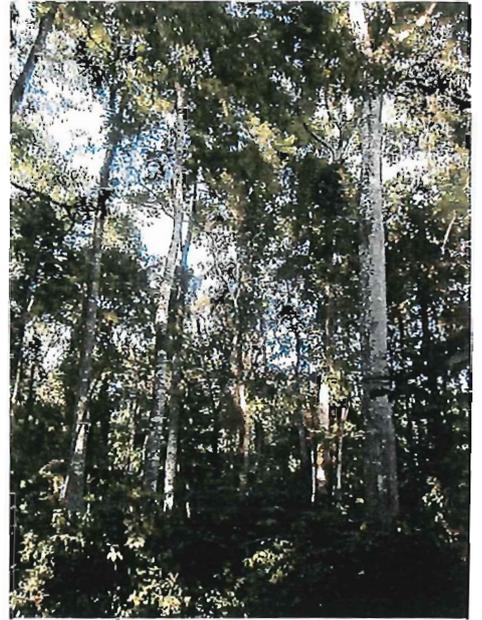
Ceiba pentandra
(Fromager),
contreforts montant
à environ 7 m

Ceiba pentandra
(Fromager) géant

--

--

--



[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

Terminalia superba
(Limba), plantation
1949 : 50 ans

Terminalia superba
(Limba), plantation
1949 : 50 ans

Terminalia superba
(Limba), plantation
1949 : 50 ans

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

Nauclea diderrichii
(Bilinga), plantation
1935, 64 ans ?

Entandrophragma
utile (Sipo),
plantation 1936, 63
ans

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

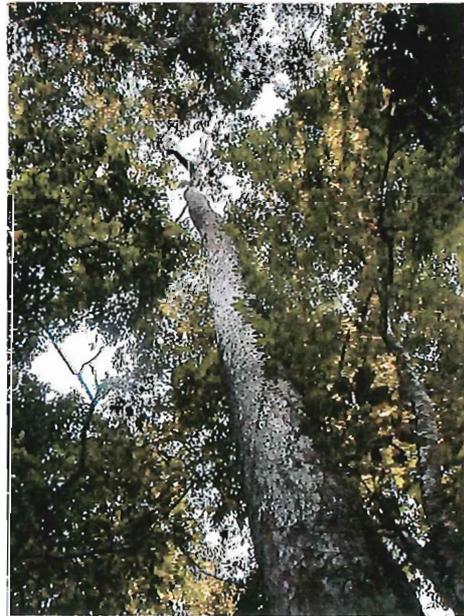
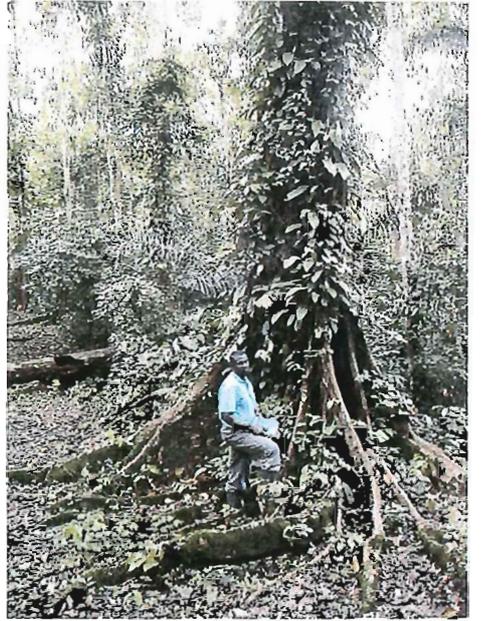
[Empty box]

Pterocarpus
soyauxii (Padouk)

[Empty box]

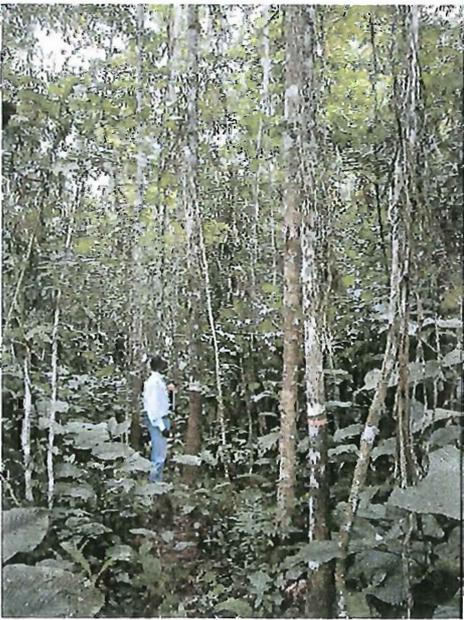
[Empty box]

[Empty box]



<p>Parcelle d'enrichissement en layon avec le Douka (<i>Thieghemella africana</i>) mais envahies par la régénération naturelle</p>	<p>Jeune plant de Dibétou (<i>Lovoa trichilioides</i>)</p>	<p>Afo (<i>Poga oleosa</i>)</p>
<p>Tige d'Afo (<i>Poga oleosa</i>)</p>	<p>Douka (<i>Thieghemella africana</i>)</p>	<p>Tige de Douka (<i>Thieghemella africana</i>)</p>
<p>Moabi (<i>Baillonella toxisperma</i>) envahi par les régénérations naturelles</p>	<p>Plant de Moabi (<i>Baillonella toxisperma</i>) dominé par une régénération naturelle</p>	<p>Tali (<i>Erythrophleum ivorense</i>)</p>

Parcelle 889B : plantation par la méthode du sous-bois



<p>Dibetou (<i>Lovoa trichilioides</i>) sous couvert : arbre conservé au déboisement à l'arrière plan</p>	<p>Dibetou (<i>Lovoa trichilioides</i>)</p>	<p>Tige de Dibetou (<i>Lovoa trichilioides</i>)</p>
<p>Tige d'Acajou (<i>Khaya ivorensis</i>)</p>	<p>Acajou (<i>Khaya ivorensis</i>)</p>	<p>Acajou (<i>Khaya ivorensis</i>) avec un Bilinga (<i>Nauclea diderrichii</i>) dominant issu de régénération naturelle</p>
<p>Niové (<i>Staudtia kamerunensis</i>) envahi par des régénérations naturelles d'autres espèces</p>	<p>Movingui (<i>Distemonanthus benthamianus</i>) : tige de qualité 3</p>	<p>Doussié (<i>Azelia bipindensis</i>)</p>

Parcelle 889B : plantation par la méthode du sous-bois



Doussié (*Azelia bipindensis*) envahi par des régénérations naturelles (Padouk, Kévazingo, Movingui, Oveng-kol)

Bilinga (*Nauclea diderrichii*)

Tige de Bilinga (*Nauclea diderrichii*)

Okoumé (*Aucoumea klaineana*)

Bilinga (*Nauclea diderrichii*)

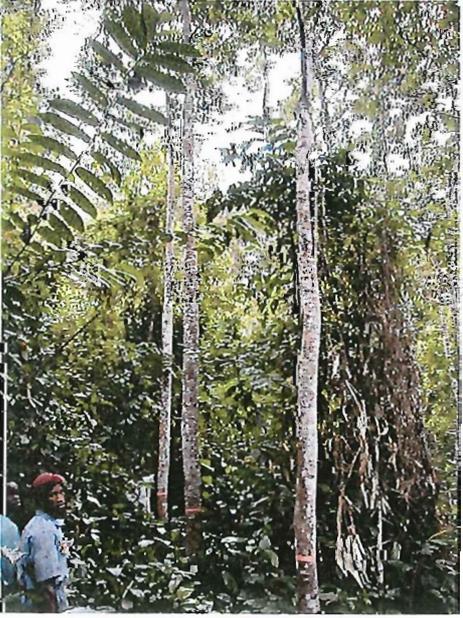
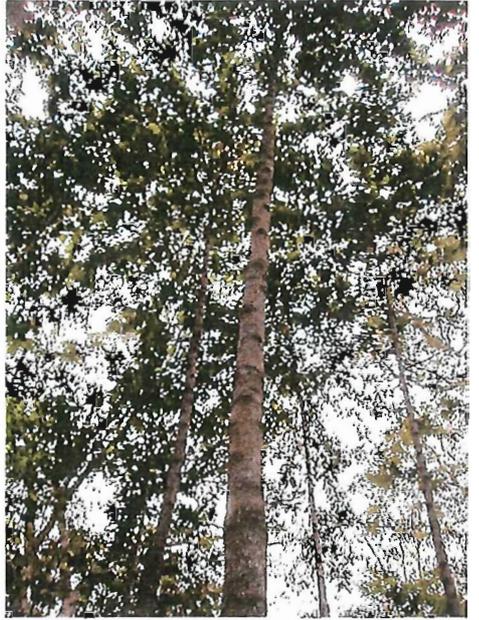
Okoumé (*Aucoumea klaineana*) : arbres avec des cotations de forme respectives de 3, 3, 4, 3

Okoumé (*Aucoumea klaineana*) : cotations de forme 2

Movingui (*Distemonanthus benthamianus*) fortement dominé par des régénérations naturelles

Oveng-kol (*Guibourtia ehie*), feuilles

Parcelle 889B : plantation par la méthode du sous-bois



--	--	--

Acajou (*Khaya
ivorensis*)

--

Dibetou (*Lovoa
trichilioides*)

--

Tali
(*Erythrophleum
ivorense*)

--

--

--

--

Moabi (*Baillonella
toxisperma*) envahi
par les
régénérations
naturelles

--

Douka
(*Thieghemella
africana*) avec
contreforts de Afo
(*Poga oleosa*)

--

Afo (*Poga
oleosa*) : vieil
individu conservé
lors du
défrichage

--

--

--

--

Afo (*Poga
oleosa*)

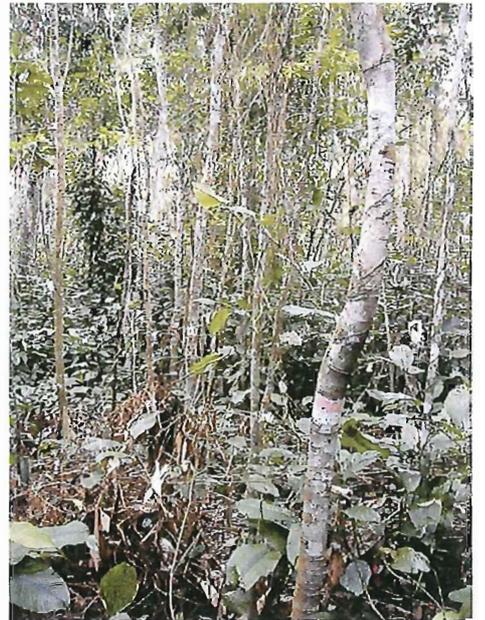
--

Oveng-kol
(*Guibourtia
ehie*)

--

--

Parcelle 889B : plantation par la méthode du sous-bois



Afo (*Poga oleosa*) isolé au milieu de régénérations naturelles dominées par *Nauclea diderrichii* (Bilinga)

Douka (*Thieghemella africana*) avec régénération de Bilinga, Tali, Oveng-kol,...

Moabi (*Baillonella toxisperma*) envahi et dominé par les régénérations naturelles

Tali (*Erythrophleum ivorense*)

Dibetou (*Lovoa trichilioides*)

Parasolier et bambous abattus par l'orage en travers de la piste

Rouler sous la pluie

