

**UNIVERSITE DE DSCHANG**  
*THE UNIVERSITY OF DSCHANG*



**FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES**  
*FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES*

**DEPARTEMENT DE FORESTERIE**  
*DEPARTMENT OF FORESTRY*

**EVALUATION DE LA PRODUCTIVITE DES PARCELLES DE  
*Pericopsis elata* (Assamela) ET TEST DE VALIDITE DES TARIFS DE  
CUBAGE DES UNITES FORESTIERES D'AMENAGEMENT 10.021 ET  
10.001-2-3-4**

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DES  
EAUX, FORETS ET CHASSES

**Par :**  
**AMBARA Joseph**  
MATRICULE : 05A112

Décembre 2009

**UNIVERSITE DE DSCHANG**  
*THE UNIVERSITY OF DSCHANG*



**FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES**  
*FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES*

**DEPARTEMENT DE FORESTERIE**  
*DEPARTMENT OF FORESTRY*

**EVALUATION DE LA PRODUCTIVITE DES PARCELLES DE  
*Pericopsis elata* (Assamela) ET TEST DE VALIDITE DES TARIFS DE  
CUBAGE DES UNITES FORESTIERES D'AMENAGEMENT 10.021 ET  
10.001-2-3-4**

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DES  
EAUX, FORETS ET CHASSES

**Par :**

**AMBARA Joseph**  
MATRICULE : 05A112

**Co-superviseur**  
**Dr. BOBO KADIRI Serge**  
Assistant/FASA/UDs

**Superviseur**  
**Dr. MOULENDE Thérèse épouse FOUDA**  
Chargé de cours/FASA/UDs

**Encadreurs**  
**Dr. Jean Lagarde BETTI**  
Coordonnateur Régional du projet OIBT /CITES

**M. Jules romain NGUEGUIM**  
Chercheur IRAD de Kribi

Décembre 2009

## **FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL**

Je soussigné **AMBARA Joseph**, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux effectués à l'**ANAFOR** à Yaoundé dans le cadre du projet **OIBT/CITES** sur la gestion durable de *Pericopsis elata* (Assamela) dans le bassin du Congo sous la supervision du **Dr. MOULENDE Thérèse FOUDA**, la co-supervision du **Dr. BOBO KADIRI Serge** et l'encadrement de **Dr. BETTI Jean Lagarde** et **M. NGUEGUIM Jules Romain**.

Ce mémoire est authentique et n'a pas été antérieurement présenté pour l'acquisition de quelque grade universitaire que ce soit.

**Visa du Superviseur**

**Nom et visa de l'auteur**

**AMBARA Joseph**

Date :

Date :

**Visa du co-superviseur**

Date :

**Visa du Chef de Département**

Date :

## **FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE**

Le présent mémoire a été revu et corrigé conformément aux observations du jury.

**Visa du Superviseur**

**Visa du Président du Jury**

Date :

Date :

**Visa du co-superviseur**

Date :

**Visa du Chef de Département**

Date :

## **DEDICACE**

**Je dédie ce mémoire à mes deux reines :**

- **NDOUM NG'OWONA Marcelle Flore**
- **AMBARA EWOLO Marilyn**

## AVANT –PROPOS

Les résultats contenus dans ce document ont été récoltés dans le cadre du stage de fin de formation du cycle d'ingénieur de conception des eaux, forêts et chasses. Pendant les six mois que dure celui-ci, l'étudiant doit effectuer un travail de recherche à l'issue duquel il doit soumettre un mémoire qui sera défendu publiquement devant un jury.

C'est dans cette optique que nous avons effectué notre stage d'insertion professionnelle dans le cadre du projet OIBT/CITES sur la gestion durable de *Pericopsis elata* dans le bassin du Congo.

Notre travail sur le terrain a été émaillé d'énormes difficultés de plusieurs ordres. Ces multiples entraves ont été surmontées grâce à l'opiniâtreté de tous ceux qui y étaient impliqués de près ou de loin. Nous en profitons donc pour signifier notre sincère gratitude aux hommes et femmes qui ont apporté leur appui financier, moral, technique et scientifique à l'aboutissement de ce stage. Nous pensons notamment à :

- Tous les enseignants de la FASA en général et ceux du département de Foresterie en particulier pour leur disponibilité, leur bienveillance et surtout pour les enseignements reçus durant les quatre années de ma formation.
- Dr TOMEDI EYANGO Minette épouse TABI, Chef de département de foresterie pour ses multiples conseils.
- Dr MOULENDE Thérèse épouse FOUDA, Chargée de Cours à la FASA Université de Dschang, qui, malgré ses multiples occupations a accepté de superviser notre travail.
- Dr BETTI Jean Lagarde, Coordonnateur Régional du projet OIBT/CITES qui a mis à notre disposition tout le nécessaire pour le bon déroulement de ce stage et aussi pour sa contribution scientifique.
- Dr BOBO KADIRI Serge, Enseignant/Chercheur, Département de Foresterie Université de Dschang, qui n'a ménagé aucun effort pour Co-superviser ce travail.
- M. NGUEGUIM Jules Romain, chercheur à l'IRAD pour le suivi du travail sur le terrain.

- M. CHOULA Fridolin, aménagiste du groupe Decolvenaere pour sa précieuse collaboration.
- L'Organisation International des Bois Tropicaux (OIBT) pour le financement accordé pour la réalisation de ce travail.
- Monsieur NGUELE NTOLO Dieudonné Roland, Directeur de l'Agence National d'Appui au développement Forestier (ANAFOR) pour sa disponibilité et toutes les facilités a nous accordé pour la réalisation de ce stage.
- Tous les personnels de l'Agence National d' Appui au développement Forestier (ANAFOR) pour leur serviabilité.
- Mes parents, Monsieur NDONGO BENGONO Germain Joseph, et Madame NDONGO née ATANGANA Elisabeth et Mme veuve NGOMO née BETSI Rufine, pour les énormes sacrifices consentis pour ma réussite.
- Tous mes frères, sœurs, et ami(e)s sincères que j'estime et que je respecte énormément.
- Aux chefs de troisième degré des villages BIDOU et YEBI, ainsi qu'à leurs vaillantes populations pour l'accueil chaleureux et l'hospitalité qu'ils ont témoigné à mon égards pendant le stage.
- Tous les camarades de l'option Foresterie et particulièrement ONANA Martin Hilaire, YAKO Stéphane, HEUYA Donald et TADJUIDJE Eric pour leur soutien moral.

La mémoire peut parfois se jouer de nous. C'est pour cette raison que nous adressons également notre sincère gratitude à ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et qui, par omission ne trouvent pas leurs noms sur ce document. Ce mémoire qui n'a pas la prétention d'être parfait est soumis à l'appréciation des éventuels lecteurs dont nous implorons déjà l'extrême indulgence.

## **TABLE DES MATIERES**

DEDICACE .....	i
AVANT – PROPOS.....	ii
TABLE DES MATIERES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES PHOTOS ET FIGURES .....	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>CHAPITRE I : INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTE.....	1
1.2 PROBLEMATIQUE.....	2
1.3 OBJECTIFS .....	4
1.4 IMPORTANCE ET JUSTIFICATION DE L’ETUDE.....	5
<b>CHAPITRE II : DEFINITION DES CONCEPTS ET REVUE DE LITTERATURE.....</b>	<b>6</b>
2.1 DEFINITION DES CONCEPTS.....	6
2.1.1 Notion de gestion et aménagement durable.....	6
2.1.2 Unité forestière d’aménagement et plantation forestière .....	6
2.1.3 Productivité et biomasse.....	7
2.2 REVUE DE LITTERATURE.....	8
2.2.1 Description de l’Assamela.....	9
2.2.2 Brève présentation des plantations de Deng-Deng et de Bidou.....	10
2.2.3 Relation entre la biomasse et le stock de carbone.....	11
2.2.4 Généralités sur les tarifs de cubage.....	12
<b>CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>15</b>
3.1 PRESENTATION DES ZONES D’ETUDE.....	15
3.1.1 Réserve forestière de la Kienké-sud.....	15
3.1.2 Réserve de Deng-Deng.....	18

3.2	COLLECTE DES DONNEES.....	21
3.2.1	Données secondaires.....	21
3.2.2	Collecte des données primaires en plantation.....	23
3.2.3	Echantillonnage.....	23
3.2.4	Limites de l'étude.....	24
3.3	TECHNIQUES D'ANALYSE DES DONNEES.....	25
3.3.1	Estimation des volumes.....	25
3.3.2	Calcul de la biomasse et du stock de carbone.....	25
3.3.3	Construction des tarifs de cubage.....	25
3.3.4	Test de validité des tarifs de cubage.....	25
3.3.5	Estimation des valeurs commerciales et écologiques des parcelles.....	28
	<b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>29</b>
4.1	RESULTATS.....	29
4.1.1	Etat des parcelles.....	29
4.1.2	Caractéristiques dendrologiques des parcelles.....	34
4.1.3	Structures diamétriques des parcelles.....	35
4.1.4	Densité actuelle et taux de survie.....	37
4.1.5	Estimation de la production et du stock de carbone.....	37
4.1.6	Construction des tarifs de cubage en plantation.....	38
4.1.7	Estimation des valeurs écologique et commerciale des parcelles.....	41
4.2	DISCUSSION.....	43
4.2.1	Structure diamétrique et diamètre moyen.....	43
4.2.2	Accroissement diamétrique et surface terrière.....	43
4.2.3	Densité et taux de survie.....	45
4.2.4	Surface terrière et volumes.....	45
4.2.5	Valeurs commerciale et écologique des parcelles.....	46
	<b>CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>47</b>
5.1	CONCLUSION.....	47

5.2 RECOMMANDATIONS.....	48
BIBLIOGRAPHIE.....	48
ANNEXES.....	62
<b>ANNEXE 1</b> : Tarif de peuplement de la parcelle 745 du bloc Kébé.....	63
<b>ANNEXE 2</b> : Tarif de peuplement de la parcelle 746 du bloc Kébé.....	64
<b>ANNEXE 3</b> : Tarif de peuplement de la parcelle 72 de la Kienké-sud.....	65
<b>ANNEXE 4</b> : Tarif de peuplement de la parcelle 75 de la Kienké-sud.....	66
<b>ANNEXE 5</b> : Tarif de peuplement de la parcelle 741 du bloc Kébé.....	67
<b>ANNEXE 6</b> : Tarif de cubage de l’UFA 10.001-2-3-4 de la CFC.....	68
<b>ANNEXE 7</b> : Tarif de cubage de l’UFA 10.021 de la GVI.....	69
<b>ANNEXE 8</b> : Fiche d’inventaire des arbres plantés dans les plantations de <i>P. elata</i> .....	70
<b>ANNEXE 9</b> : Fiche de cubage des arbres en forêt naturelle.....	71
<b>ANNEXE 10</b> : Nombre d’arbres à supprimer par parcelle à la première éclaircie.....	72

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b> : Nombre de placettes et leur superficie respective par parcelle.....	29
<b>Tableau II</b> : Nombre d'arbres cubés par zone d'inventaire.....	29
<b>Tableau III</b> : Nombre de tiges malades par parcelle.....	35
<b>Tableau IV</b> : Hauteur moyenne, surface terrière, diamètre moyen et âge des cinq parcelles.....	40
<b>Tableau V</b> : Densité actuelle et taux de survie.....	43
<b>Tableau VI</b> : Productivité, accroissements moyens annuels et stock de carbone par parcelle.....	44
<b>Tableau VII</b> : Appréciation des quatre modèles de régression.....	45
<b>Tableau VIII</b> : Tarif de peuplement par plantation.....	45
<b>Tableau IX</b> : Appréciation des trois modèles de régression.....	46
<b>Tableau X</b> : Tarif de cubage individuel par parcelle.....	46
<b>Tableau XI</b> : Paramètres statistiques des trois modèles de régression.....	47
<b>Tableau XII</b> : Nouveaux tarifs de cubage.....	47
<b>Tableau XIII</b> : Test de validité des tarifs utilisés.....	48
<b>Tableau XIV</b> : Valeur commerciale de chaque parcelle.....	49
<b>Tableau XV</b> : Stock de carbone séquestré et valeur écologique des plantations.....	50
<b>Tableau XVI</b> : Comparaison des valeurs économique et écologique par parcelle.....	50

## LISTE DES PHOTOS ET FIGURES

<b>Photo 1</b> : Identification (comptage) d'un arbre fourchu.....	27
<b>Figure 1</b> : Localisation de la réserve de la Kiéunké-sud.....	16
<b>Figure 2</b> : Courbe ombrothermique de la zone de Kribi.....	17
<b>Figure 3</b> : Localisation du bloc Kébé dans la réserve de Deng-Deng.....	19
<b>Figure 4</b> : Diagramme ombrothermique de la zone de Yokadouma.....	21
<b>Figure 5</b> : Plan de situation des arbres dans les plantations de <i>P. elata</i> de la réserve forestière de Kiéunké-sud.....	36
<b>Figure 6</b> : Plan parcellaire des plantations du bloc Kébé.....	37
<b>Figure 7</b> : Plan de situation des arbres dans la parcelle 741.....	38
<b>Figure 8</b> : Plan de situation des arbres dans les parcelles 745 et 746 du bloc Kébé.....	39
<b>Figure 9</b> : Distribution des effectifs par classe d'âges pour les cinq parcelles.....	41

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>CCNUCC:</b>	Convention – Cadre des Nations unies sur les changements climatiques.
<b>CENADEFOR:</b>	Centre National de Développement des Forêts.
<b>CFC:</b>	Compagnie Forestière du Cameroun.
<b>CITES:</b>	Convention sur le Commerce des Espèces de Flore et de Faune Sauvage menacées d’extinction.
<b>CTFT:</b>	Centre Technique Forestier Tropical.
<b>Dhp ; D<sub>1.30</sub> :</b>	Diamètre à hauteur de poitrine ; Diamètre à 1.30 mètre du sol.
<b>ETR:</b>	Ecart-Type Résiduel.
<b>FAO:</b>	« Food and Agricultural Organisation ». Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture.
<b>FASA:</b>	Faculté d’Agronomie et des Sciences Agricoles.
<b>FOB:</b>	«Free on board. »
<b>GTZ:</b>	«Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit». Coopération Technique Allemande.
<b>GVI:</b>	«Green Valley Incorporation».
<b>IRAD:</b>	Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement.
<b>OIBT:</b>	Organisation Internationale des Bois Tropicaux.
<b>ONADEF :</b>	Office National de Développement des Forêts.
<b>P73:</b>	Parcelle 73 de la Kienké-sud.
<b>P741:</b>	Parcelle 741 du Bloc Kebe.
<b>P745:</b>	Parcelle 745 du Bloc Kebe.
<b>P746 :</b>	Parcelle 746 du Bloc Kebe.
<b>P75:</b>	Parcelle 75 de la Kienké-sud.
<b>TIAMA:</b>	Traitement Informatique Appliqué à la Modélisation des Aménagements.
<b>UFA :</b>	Unité Forestière d’Aménagement.
<b>UICN:</b>	Union Mondiale pour la Nature.

## RESUME

La présente étude dont le sujet s'intitule évaluation de la productivité des parcelles de *Pericopsis elata* (Assamela) et test de validité des tarifs de cubage des unités forestières d'aménagement 10.021 et 10.001-2-3-4, s'est déroulée dans les régions de l'Est et du Sud-Cameroun, notamment dans la réserve de Deng-Deng, les UFA 10.021 et 10.001-2-3-4 situées à l'Est –Cameroun, d'une part et dans la réserve de la Kiénnké-sud située au Sud-Cameroun d'autre part. Cette étude qui s'est déroulée du 12 avril au 23 octobre 2009, avait pour objectifs d'évaluer la productivité des parcelles de *Pericopsis elata* et de valider les tarifs de cubage existant de cette essence en forêt naturelle. Pour atteindre ces objectifs, nous avons effectué un inventaire dans chacune des parcelles. Au cours de cet inventaire, des mesures de diamètre et de hauteur ont été effectuées sur chaque tige d'Assamela au moyen d'un ruban dendrologique, d'un Blum Leiss et d'un Relascope de Bitterlich. De ces données, les volumes de bois fort et la biomasse de chaque arbre ont été déduits, par suite, le stock de carbone séquestré a été estimé. La somme des volumes et de la biomasse individuels de chaque arbre nous ont permis d'estimer la productivité et le stock de carbone de chaque parcelle. Les méthodes de régression linéaire et non linéaire ont été utilisées pour la construction des tarifs de peuplements et des tarifs de cubages individuels pour chaque plantation. En forêt naturelle, nous avons cubé au total 202 tiges d'Assamela dans les deux sites. Les volumes de chaque arbre ont été déterminés par la formule du Relascope. Le test par paire de Student a été utilisé pour tester la validité des tarifs préétablis. Au terme de nos travaux de terrain, nous avons dégagé les paramètres dendrométriques propres à chaque parcelle. La production moyenne de matière ligneuse des cinq parcelles est estimée à 265,31 m<sup>3</sup>/ha pour une production totale de 1326,59 m<sup>3</sup>. Le stock de carbone séquestré s'élève à 349 514,32 t de carbone/ha. La production ligneuse et les services écologiques sont estimés à 1 370 786 700 FCFA. La comparaison des tarifs utilisés à ceux nouvellement construits en forêt naturelle révèle qu'il n'ya pas de différences significatives entre ceux-ci. Dans le souci de garantir et surtout de maintenir l'important potentiel ligneux des plantations de *Pericopsis elata*, il est impératif de réhabiliter celles-ci. Cela passe par la rédaction des plans simples de gestion spécifiques pour chaque parcelle d'une part, et leurs mises en application d'autre part.

**Mots-clés : *Pericopsis elata* ; Productivité ; Valeur commerciale ; Valeur écologique ; Tarif de peuplement ; Tarif de cubage.**

## ABSTRACT

The objective of our study was to evaluate the productivity of forest plantation in Deng-Deng and Kiénké-sud reserves. To accomplish our purposes, we have realised a 100% sampling in each plantation. Diameter and height measurements were carried out on each standing stem with the aid of a wide band Relaskop, a Blum Leiss and dendrologic ruban. With these data, the volume and biomass of each Assamela stem was determined. The carbon stock was also determined. The sum of the unitary volume and biomass of each tree permit us to deduct the productivity of carbon stock of each plantation. Non linear regression equations were constructed to determine the volume for each plantation. In the natural forest, a total of 202 diameter measurements were carried out on standing tree, with the help of the wide band Relaskop. The volume of each tree was determined. The student's *t*-test was used to validate the old volume equations. Results of our 63 days field work (from April 12 to June 2009) show that, the timber mean production is estimated at 265 m<sup>3</sup>/ha, and the global production was estimated at 1326, 59 m<sup>3</sup>. The carbon stock was estimated at 349 514,32 t/ha. Results also indicated that timber production and ecologic services was estimated at 1 370 786 700 CFAF. A comparison was carried out between the newly constructed volumes equations and those that are currently used by the two companies (G.V.I and CFC). This comparison reveals that there is no significant difference among them. To guarantee and keep the capacity of timber in the Assamela plantations, it is imperative to write a simple management plan of each plantation and implement them.

**Key words:** Commercial value; Ecologic value; *Pericopsis elata*; Productivity; Stand volume tables; Volume tables.

# CHAPITRE I : INTRODUCTION

## 1.1 CONTEXTE

Le premier des quatre objectifs mondiaux des Nations Unies relatifs aux forêts est de renverser la tendance de perte du couvert forestier dans le monde en pratiquant une gestion forestière durable et en ayant notamment recours à la protection, à la restauration de paysages forestiers, à la création des forêts et au reboisement (GTZ, 2008).

Selon l'OIBT cité par la (GTZ, 2008), la proportion des forêts de production sous gestion durable dans le monde est passée d'un million d'hectares en 1988 à 25 millions d'hectares en 2005. Mais seulement 14,3 millions d'ha (32 % de toutes les plantations du domaine forestier permanent mondiale) sont couverts par des plans d'aménagement.

Au niveau de l'Afrique, et notamment en Afrique de l'Ouest et en Afrique du Centre, les surfaces plantées totalisent 1 678 000 et 612 000 hectares respectivement. Les plantations sont d'une très grande diversité, en termes d'espèces plantées, d'objectifs, d'acteurs impliqués et, par suite, des impacts sociaux, économiques et écologiques.

Au Cameroun, Les premières plantations forestières de bois d'œuvre furent réalisées au Sud du pays par les forestiers Allemands, il y a plus d'un siècle. Après 1918, ils furent relayés par leurs collègues Français, puis par les services Camerounais et par de nombreux projets. C'est concrètement depuis 1930 que le Cameroun s'est engagé dans une politique d'afforestation et de régénération. Cette politique visait plusieurs objectifs à savoir (1) la production ligneuse, (2) la production du charbon de bois, (3) la protection de l'environnement et (4) l'amélioration des connaissances écologiques sur la dynamique forestière, qui constitue encore de nos jours, une limite pour le développement de bons plans d'aménagement forestier (MINEF, 1995).

Ces objectifs étaient compatibles avec les différentes zones écologiques où elles (plantations) étaient installées. Un total de 35.000 ha de forêt ont ainsi été plantés dans le pays (MINEF, 1995) et distribués comme suit: 4.100 ha en zone de savane sèche (pour la production du charbon ou du bois de feu), 8.700 ha en zone de savane humide (même objectif) et 23.000 ha en zone de forêts (pour la production du bois d'œuvre). Les 23.000 ha plantés en zone forestière ont présenté une productivité d'environ 18 m<sup>3</sup>/ha/an, et leur potentiel de récolte est estimé à 200.000 m<sup>3</sup>, ce qui représente moins de 10% du volume de

bois fourni actuellement par les forêts naturelles (UFA), et seulement 6% du volume de bois qui est perdu par les défrichements agricoles (Anonyme, 2008). Des essais sylvicoles ont été testés sur de nombreuses espèces forestières telles que *Baillonella toxisperma* (Moabi), *Entandrophragma spp* (Sapelli, Sipo, Kossipo, ...), *Milicia excelsa* (Iroko), *Pericopsis elata* (Assamela), *Triplochyton scleroxylon*,.... Pour sa part, l'Assamela a été planté dans deux réserves forestières au Cameroun: la réserve forestière de Deng-Deng dans la province de l'Est et la réserve forestière de Kienké-sud dans la province du Sud (FAO, 2006 ; Betti, 2009).

Au cours des dix dernières années, pratiquement aucun boisement nouveau n'y a été mis en place (Owona Ndong et al. 2008). Une étude réalisée par Cirad-Coilte (2002) et rapportée par Owona Ndong et al. (2009), révèle que l'une des deux principales contraintes à l'émergence des plantations dans la sous région Afrique Centrale en général, et au Cameroun en particulier, est le manque de connaissances sur la productivité en bois d'œuvre exploitable. En effet, il existe beaucoup de données sur la croissance juvénile en diamètre et en hauteur mais peu sur la productivité des plantations en volume de fût d'arbres adultes.

Parmi les défis environnementaux auxquels la planète toute entière fera face au cours des prochaines décennies, et qui ont un impact immédiat sur les forêts, notamment la conservation et la protection de celles-ci, figure en bonne place celui lié aux changements climatiques. Une gestion durable des forêts peut contribuer à en diminuer les effets, à savoir la réduction de gaz à effet de serre par la fourniture de sources d'énergie et de matériaux de construction renouvelables comme alternatives aux combustibles fossiles et aux matériaux de construction à forte émission de carbone et la séquestration de carbone supplémentaire par le reboisement et la création des plantations forestières.

## **1.2 PROBLEMATIQUE**

*Pericopsis elata* (Assamela) est classée par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), comme une espèce en danger. Ce qui a conduit à son classement à l'annexe II de la Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvage menacées d'Extinction (CITES). Le récent rapport publié par la FAO atteste que la densité de *Pericopsis elata* par hectare pour des tiges dont le DHP est supérieur ou égal à 10 cm est de 0, 03 tiges/ha (FAO, 2006), donc effectivement inférieure au seuil critique de 0,05 tiges/ha. C'est ce seuil critique qui marque la sous représentativité pour toutes les espèces végétales. En d'autres termes une espèce dont la densité est inférieure à celui-ci est considérée par le CITES comme espèce menacée (Betti, 2009). Cet état de fait impose qu'une attention

particulière soit portée à l'espèce *Pericopsis elata*, car son existence revêt un triple enjeu, à la fois économique, scientifique et environnemental. Ceci signifie que la gestion de *P. elata* dans les concessions forestières d'une part et dans les plantations doit, plus que dans le passé, prendre en compte ces trois principaux aspects. Autrement dit, les plantations de *P. elata* en particulier, doivent impérativement être soumises à un système de gestion durable. Cet impératif est d'une importance capitale lorsqu'on se rappelle que les plantations forestières mises en place au Cameroun en général, et celles d'Assamela en particulier, ont été pour la plupart abandonnées quelques années après leur mise en place (Anonyme, 2008).

Le manque d'un suivi régulier des plantations forestières en général, et celles d'Assamela en particulier, a fait perdre de vue l'objectif majeur qui a sous-tendu leur mise en place à savoir : la création des forêts de production et de protection et surtout, la mise sur pied d'un système de gestion durable des écosystèmes forestiers (MINEF, 1995). En d'autres termes, l'abandon des plantations forestières remet en cause la volonté du Cameroun à mettre en œuvre une politique d'aménagement durable des forêts dans ses aspects d'afforestation et régénération. Ainsi au moment où l'Assamela est classée espèce en danger, il est urgent, voire primordiale que les plantations mises en place soient, non seulement réhabilitées, mais également qu'elles s'intègrent dans le processus de gestion rationnelle et durable que défend le gouvernement du Cameroun. La gestion durable se traduit dans les faits par la rédaction et la mise en œuvre des plans simples de gestion ou alors des plans d'aménagement. Cependant, pour s'y prendre, l'on doit disposer d'un certain nombre d'informations relatives notamment aux performances sylvicoles, aux paramètres dendrologiques, à la production ligneuse et aussi à la valeur économique des plantations de *Pericopsis elata* pour ne citer que ces quelques aspects.

En outre, à l'heure où le marché de carbone, tel que prévu dans le protocole de Kyoto, et la taxe carbone, sont d'actualité sur le plan mondial, il est indispensable de connaître également la contribution des plantations d'Assamela à la réduction du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

En somme, Il s'agit concrètement de se poser la question de savoir quelles informations pratiques disposons nous en termes de croissance en diamètre et en hauteur, de productivité en bois d'œuvre, de paramètres dendrométriques, de valeurs économique et écologique et de taux de carbone séquestré par les plantations d'Assamela ?

Par ailleurs, il est également question de se demander si les outils de gestion durable que sont les tarifs de cubage utilisés pour l'estimation de la ressource ligneuse dans les concessions forestières demeurent encore valides ?

C'est donc dans le souci majeur d'apporter des réponses concrètes à ces deux préoccupations et à bien d'autres que l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT) en étroite collaboration avec la CITES, ont mis en œuvre un programme/projet sur la gestion durable de *Pericopsis elata* dans la sous- région Afrique Centrale en général, et au Cameroun en particulier.

### **1.3 OBJECTIFS**

L'objectif global de notre travail est double, évaluer la productivité des plantations de *Pericopsis elata* du bloc Kébé dans la région de l'Est et de la Kienké-sud dans la région du Sud d'une part et valider les tarifs de cubage existant de *Pericopsis elata* en forêt naturelle d'autre part.

### **OBJECTIFS SPECIFIQUES**

Cette étude se décline en cinq objectifs spécifiques :

- (1) Identifier les paramètres dendrométriques spécifiques à chacune des plantations d'Assamela étudiées notamment à Kienké-sud de Bidou et au bloc Kébé de Deng-Deng ;
- (2) Estimer la productivité de chacune de ces plantations ;
- (3) Etablir des tarifs de cubage pour chaque plantation, et des tarifs de cubage en forêt naturelle et les valider ;
- (4) Estimer le taux de séquestration de carbone par les plantations de *Pericopsis elata* ;
- (5) Estimer les valeurs économiques et écologiques de ces plantations.

### **1.4 IMPORTANCE DE L'ETUDE**

Sur le plan théorique, notre étude enrichira probablement la littérature sur les sujets portant sur l'évaluation de la productivité des plantations forestières en général, et celles de l'Assamela en particulier. En outre, à travers cette étude, nous fournissons également des informations sur les potentialités de séquestration de carbone par l'Assamela en plantation.

Sur le plan pratique, les résultats de nos travaux seront d'une très grande importance pour les responsables du projet OIBT/CITES dans la rédaction des plans de gestion des dites plantations. Par ailleurs, les tarifs de cubage établis pour les UFA 10.021, et 10.001 -2-3-4 seront précieux pour les départements d'aménagement de leur propriétaire respectif notamment la Green Valley Incorporation (GVI) et la Compagnie Forestière du Cameroun (CFC).

Dans le même ordre d'idée, concernant particulièrement les plantations de Kienké-sud et du bloc Kébé à Deng-Deng, qui ont un caractère unique dans la sous région, les résultats de notre étude se présentent comme des informations uniques et peuvent de ce fait être exploités par les professionnels forestiers des pays voisins dans la mise en place des projets similaires.

Notre étude s'inscrit en droite ligne dans le processus de gestion durable des plantations de *Pericopsis elata*, dans ce sens que toute gestion durable des ressources forestières passe inéluctablement par l'estimation de la ressource qui, elle-même est un préalable à toute planification des activités ou actions à y mener.

Cette étude vise également à fournir des informations fiables pouvant servir à la mise en place des programmes de suivi et de gestion rationnelle des plantations d'Assamela et de cette espèce dans le cadre de son exploitation.

## **CHAPITRE II : DEFINITIONS DES CONCEPTS ET REVUE DE LITTERATURE**

Pour mieux comprendre les différents axes de notre étude, nous avons dans ce chapitre défini entre autre les concepts de gestion et aménagement durable ainsi que les notions de productivité, d'unité forestière d'aménagement, de plantation forestière, de biomasse, et de valeur écologique. La revue de littérature quant à elle s'articule autour de six grands points notamment la description de *Pericopsis elata*, une brève présentation des réserves de Deng-Deng et de la Kiénnké-sud, la relation entre la biomasse et le stock de carbone, le marché du carbone, l'inventaire en foresterie et les généralités sur les tarifs de cubage.

### **2.1. DEFINITION DES CONCEPTS**

Nous entamons cette partie par la définition des concepts qui à eux seuls justifient l'entièreté de cette étude, à savoir la gestion et l'aménagement durable.

#### **2.1.1 Notion de gestion et d'aménagement durable en foresterie**

L'idée a toujours été en Foresterie, la recherche de la durabilité par un rendement soutenu. Le rendement soutenu recherché concernait simplement la production de bois et l'aménagement devait donc déterminer les règles de gestion qui assurent cette production soutenue. C'est ainsi qu'il fallait se concentrer non seulement sur le flux de bois récolté, mais aussi sur les peuplements jeunes qui doivent subir des améliorations. Au lieu de maintenir une production continue du bois, il faudrait plutôt maintenir la capacité productive de la matière ligneuse : c'est la base de la notion de gestion durable pour les forestiers. Cette notion s'est ensuite élargie pour inclure la notion d'usage multiple qui sous-tend la combinaison optimum d'un nombre plus grand de produits et de services forestiers de valeur pour la communauté (bois, production d'eau, récréation, l'air pure, la biodiversité, recherche...).(Notes de cours).

L'OIBT a défini l'Aménagement Forestier Durable (AFD) comme étant le processus consistant à aménager des terres forestières permanentes en vue d'un ou de plusieurs objectifs de gestion clairement définis concernant la production soutenue de produits et services forestiers désirés sans excessivement porter atteinte à leurs valeurs intrinsèques et leur productivité future et sans entrainer trop d'effets préjudiciables à l'environnement physique et social (OIBT, 2006).

Dans le cas pratique de notre travail, les concepts de gestion et d'aménagement durable que nous avons présenté dans ce paragraphe doivent s'appliquer sur les plantations forestières et dans les unités forestières d'aménagement.

### **2.1.2 Unité forestière d'aménagement (UFA) et Plantation forestière**

Une Unité Forestière d'Aménagement (UFA) est un ensemble géré durablement comme un tout avec sa production propre constante dans le temps. Dans le cas du Cameroun, l'UFA pourra correspondre à une fraction ou à la totalité d'une forêt domaniale définie par le plan de zonage, et attribuée à un exploitant suivant la capacité de production de ce dernier et de ses industries (Arrêté 0222/A/MINEF, 2001).

Une plantation forestière peut être définie comme un peuplement forestier établi par plantation et/ou semis dans un processus de boisement ou de reboisement. Elle se compose soit :

- d'espèces introduites (peuplements plantés), ou
- de peuplements d'espèces indigènes soumis à un aménagement intensif et obéissant aux critères suivants : une ou deux espèces plantées, de classe équienne, avec un espacement régulier (FAO, 2009).

Les plantations forestières productives sont définies comme les plantations forestières destinées prioritairement à la production du bois, des fibres, ou des produits forestiers non ligneux. Ils peuvent également procurer les fonctions de protection (sols par exemple), récréation, et d'autres fonctions qui n'ont rien à voir avec la récolte des produits (FAO, 2009).

Entre autres objectifs poursuivis par notre étude, nous pouvons citer l'estimation de la productivité et de la biomasse des plantations de *P. elata*. Ainsi donc, il est nécessaire de définir ces deux notions.

### **2.1.3 Productivité et Biomasse**

La productivité peut se définir comme étant la quantité de matière organique fabriquée par an et par unité de surface par la végétation. La productivité se définit également comme la production ramenée à une unité de temps. C'est aussi la quantité de produit fourni par une surface donnée dans un temps donné (Brown, 1997).

La biomasse pour sa part, est la quantité totale de matière (masse) de toutes les espèces vivantes dans un milieu naturel. La biomasse aérienne (au dessus de la forêt) se définit comme la masse de la partie aérienne (tronc, écorce, branches, rameaux) des arbres (vivants ou morts) à l'exclusion de la souche et des racines. La biomasse anhydre totale (exprimée en poids) est utilisée pour l'estimation du stock de carbone en forêt (Brown, 1997).

Comme l'on peut le constater, Etymologiquement, les notions de productivité et de biomasse sont très voisines. Toutefois, dans le cas pratique de notre travail, nous englobons dans le vocable de productivité, la production ligneuse, la biomasse, le stock de carbone et les valeurs écologique et économique.

### **Valeur écologique**

C'est la valeur financière déduite du stock de carbone séquestré par les parcelles d'Assamela, dans le cadre de notre étude (Auteur).

A présent que nous nous sommes déjà familiarisés avec les termes les plus importants de notre travail, nous allons aborder dans la seconde partie réservée à la littérature en relation avec notre travail.

### **Prix F.O.B**

Le prix F.O.B ou la Valeur F.O.B, est la valeur d'une marchandise exportée, non compris les frais d'assurance et de transport (Robert, 2009). Dans le cas précis de notre travail, il s'agit du prix F.O.B d'un m<sup>3</sup> d'Assamela au niveau du port de Douala.

## **2.2 REVUE DE LITTERATURE**

Nous débutons cette partie par une brève présentation de l'espèce *Pericopsis elata* qui est au centre de cette étude.

### **2.2.1. Description de l'Assamela**

#### **Taxonomie**

*Pericopsis elata* est une légumineuse de la famille des Fabaceae. C'est une espèce connue sous les noms commerciaux d'Assamela et d'Afromosia. Au Cameroun, ses multiples noms vernaculaires varient d'une région à une autre. C'est ainsi qu'on la désigne par "Obang" et "Nguep" respectivement par les ethnies Bangantou et Mvong-Mvong dans

le département de la Boumba et Ngoko à l'Est Cameroun. Le groupe ethnique Bulu de la région du Sud Cameroun le reconnaît sous le nom local de "Nom Eyen", tandis que les pygmées Baka quant à eux désignent localement l'Assamela par "Mobay" (Vivien et Faure, 1985).

### **Distribution en Afrique et au Cameroun**

D'après Bourland (2008), l'étendue naturelle de distribution de *Pericopsis elata* en Afrique est discontinue. En effet, l'Assamela se trouve dans de nombreuses zones de l'Afrique Centrale (l'Ouest du Nigeria, au bassin de la Sangha-Ngoklo, au bassin central de la République Démocratique du Congo et au Sud-Est Cameroun) et de l'Ouest (l'Est de la Côte d'Ivoire et l'Ouest du Ghana), et plus précisément dans la région soudano-zambézienne (Vivien et Faure, 1985).

Au Cameroun, *Pericopsis elata* est essentiellement limitée dans la zone du Sud-est, plus précisément dans les bassins des quatre rivières suivantes: Dja, Boumba, Ngoko et Sangha. Cependant, on trouve quelques tiges dispersées dans les régions du Sud (notamment dans les départements du Dja et Lobo, du Ntem et dans l'Océan) et du Sud-ouest, dans le département de la Manyu (CENADEFOR-CTFT, 1983 ; Vivien et Faure, 1985).

### **Caractéristiques biologiques**

*Pericopsis elata* est une espèce héliophile et semi-grégaire. C'est un arbre qui peut atteindre 20 m pour un diamètre de 130 cm mesuré à hauteur de poitrine. Le tronc de *Pericopsis elata* est tortueux et irrégulier. Les arbres qui atteignent des diamètres élevés ont généralement des cœurs creux ou pourris (Vivien et Faure, 1985 ; Bourland, 2008). Le tronc de l'Assamela est très caractéristique par sa couleur brune avec des tâches rougeâtres. L'écorce de couleur grisâtre qui se détache en laissant des marques rouges brunâtres, a une épaisseur variant entre 1 et 1,5 cm. L'aubier de couleur jaune, d'épaisseur variant de 1 à 2 cm, est bien différencié du bois (duramen) qui est brun jaunâtre.

*Pericopsis elata* produit en principe des fleurs chaque année ou tous les deux ans pendant la petite saison des pluies (mars – avril). Les feuilles caduques alternes sont composées pennées avec 7 à 11 folioles alternes.

Les gousses mûres et indéhiscentes, sont dispersées par les vents forts et sont produites de janvier à avril (Bourland, 2008). Chaque gousse généralement oblongue, contient entre 1 et 4 graines plates ayant un diamètre compris entre 1 et 1,5 cm.

### **Utilisation de l'Assamela**

La partie de *Pericopsis elata* la plus utilisée est son bois qui est dur, voire très dur. Le bois de l'Assamela est utilisé en ébénisterie, en menuiserie interne et externe, et dans les constructions navales (Engbwem, 1987).

Maintenant que nous nous sommes fait une idée plus précise sur l'Assamela, nous allons revisiter les plantations d'Assamela de Deng-Deng et de Bidou.

#### **2.2.2 Brève présentation des plantations de Deng-Deng et de Bidou**

Les plantations 741, 745 et 746 de la réserve de Deng-Deng ont été mises en place en 1974 par le CTFT, dans le cadre de son programme des recherches forestières sur l'Assamela. La méthode de grands layons et celle du recrû ont été utilisés respectivement pour les plantations 745, 746 et 741 (Grison, 1979).

Les barbatelles basses et les sachets sont les deux principaux types de plans utilisés simultanément dans la plantation 741. Dans les plantations 745 et 746, on a utilisé respectivement les sachets et les barbatelles basses. Les plants en barbatelles basses et les plants en sachets ont été mis en place à 17 mois après les semis (Grison, 1979).

Les plantations 7200 et 7500 de la réserve de Kienké-sud, ont été mises en place en mai 1972 et en avril 1975 respectivement par le CTFT. La méthode de recrû a été utilisée pour les deux plantations.

Les barbatelles basses sont les types de plants utilisés pour la parcelle 7200, tandis que les barbatelles hautes ont été utilisées dans la parcelle 7500. Il n'y a pas eu de regarnis dans les deux parcelles ce qui nous laisse entrevoir que le taux de reprise a été de 100% (Engbwem, 1987).

Au regard de ce qui précède, nous relevons que les plantations de Bidou et celles de Deng-Deng ont été mises en place suivant deux principales méthodes sylvicoles, notamment la méthode des grands layons et celle de recrû. Sans pour autant nous écarter de nos objectifs, il nous paraît opportun de faire ressortir les spécificités de ces deux méthodes.

## **Méthode des grands layons**

Elle est une amélioration de la méthode des layons d'Aubreville. C'est une méthode extensive dont le but est d'enrichir la forêt par des plants produits en pépinière à une densité de 100 plants à l'hectare. Elle consiste à ouvrir dans la forêt, des layons de 5 m de large séparés par des interbandes de 15 m, 20 m, 25 m ou 30 m. La hauteur totale de l'interbande devrait se ramener à 15 m, 20 m, 25 m ou 30 m par empoisonnement des arbres de plus de 20 cm de diamètre. Ainsi le layon peut recevoir 70 à 80 % de lumière du plan découvert. Les layons sont orientés Est-Ouest (Atayi, 1986).

Dans le cas précis des plantations 745 et 746, les interbandes ont une largeur 15 m et 20 m respectivement.

## **Méthode du recrû**

La méthode du recrû consiste à abattre le sous-bois et les arbres de diamètre inférieur à 20 cm et à empoisonner ceux qui ont plus de 20 cm de diamètre. L'abattage des arbres doit se faire à 0,5 m au dessus du sol pour protéger la souche de la végétation herbacée. Les rejets de souche qui commencent à sortir empêchent l'installation des parasoliers (*Musanga cecropioides*) et assurent une gaine protectrice autour des plants introduits (Atayi, 1986).

Les plantations d'Assamela telles que présentées ont certes une biomasse, mais il est important de faire ressortir le lien étroit qui existe entre cette biomasse et le stock de carbone.

### **2.2.3 Relation entre la biomasse et le stock de carbone**

La biomasse végétale au dessus du sol joue un rôle important dans les changements climatiques et dans les cycles biochimiques et géochimiques (Brown, 1997). La biomasse végétale permet d'estimer le potentiel de gaz carbonique pouvant être dégagé dans l'atmosphère en cas de déforestation. Elle détermine également la quantité de carbone qui peut être captée dans l'atmosphère à travers les plantations (stock de carbone).

Le protocole de Kyoto a recommandé que le potentiel de carbone ou stock de carbone soit estimé dans les écosystèmes forestiers pendant les inventaires forestiers (FAO, 2009). Malheureusement, la plupart des inventaires n'estiment ni la biomasse végétale, ni le potentiel de carbone.

## **Marché du carbone**

Ce marché est consigné dans les clauses du Protocole de Kyoto. C'est un marché qui permet aux pays ayant épargné des unités d'émissions, des émissions permises mais non "utilisées", de vendre cet excès aux pays ayant dépassé leurs quotas d'émission.

L'Union Européenne a lancé officiellement le 1<sup>er</sup> janvier 2005 le premier marché international des droits d'émission, une bourse destinée à permettre aux entreprises des 25 Etats-membres de vendre et acheter des droits d'émettre du carbone (CO<sub>2</sub>) et cinq autres gaz à effet de serre notamment le méthane, le protoxyde d'azote, hydrofluorocarbures, perfluorocarbones et l'hydroxyde de soufre (Source : Liaison énergie-francophone, N<sup>os</sup> 55-56-57).

L'estimation de la biomasse et de la production ligneuse se fait généralement au moyen des outils à l'instar des tarifs de cubage que nous évoquons dans la suite.

### **2.2.4 Généralités sur les tarifs de cubage**

#### **Tarif de cubage individuel**

Un tarif de cubage individuel est une formule mathématique qui donne comme son nom l'indique le volume unitaire d'un arbre en fonction de diverses variables qui sont :

- Des entrées, qui représentent les caractéristiques individuelles, facilement mesurables, de l'arbre dont on veut connaître le volume (diamètre à 1,30 m, hauteur,...) ;
- Et éventuellement des paramètres qui sont des caractéristiques du peuplement et / ou de la station à laquelle appartient l'arbre (hauteur dominante, altitude,...) (Viney et Chaintreuil, 1975).

Le tarif de cubage doit avoir été établi à partir d'observations sûres portant sur les volumes et les entrées et paramètres éventuels. Son domaine de validité est le domaine couvert par l'échantillon sur lequel ont été faites les observations (Fery *et al.*, 1987).

#### **Tarif de peuplement**

Un tarif de peuplement donne le volume exprimé en volume à l'hectare, non plus d'un arbre, mais d'un peuplement en fonction d'une ou plusieurs caractéristiques de ce peuplement (surface terrière, hauteur moyenne, nombre de tiges à l'hectare...). Il peut être utilisé dans la gestion des peuplements (Fery *et al.*, 1987). Un tarif de peuplement donne, sous forme de tableau, de graphique ou de formule, une estimation du volume sur pied en fonction des

grandeurs moyennes du peuplement : nombre de tiges, surface terrière, hauteur dominante et âge (Pardé et Bouchon, 1988).

### **Tarifs de cubage mathématiques**

Les tarifs de cubage mathématiques se présentent sous la forme d'équations résultant de l'application de la méthode statistique de régression par les moindres carrées (Dagnelie, 1975 ; Draper et Smith, 1966). Ce procédé de construction est largement facilité par l'utilisation des programmes (logiciels SAS, SPSS ou XLSTAT, STATISCA) de calcul sur ordinateur permettant d'envisager les régressions de diverses formes : linéaires, non linéaires ou curvilinéaires et la connaissance de l'analyse statistique (Otoul et Rondeux, 1988).

### **Utilité des tarifs de cubage**

Les tarifs de cubage sont généralement utilisés en foresterie dans trois types d'activités: la gestion forestière, la commercialisation des produits ligneux et la recherche forestière, principalement celle axée sur les études de productivité (Duplat et Tran-Ha., 1974).

### **Critères de détermination d'un modèle de tarif de cubage**

La démarche utilisée pour déterminer la forme des équations revient à effectuer un choix parmi les entrées possibles, puis à sélectionner la formule mathématique (Caillez et Blanc, 1979). Le choix des entrées repose avant tout sur la commodité de leur détermination et l'intensité de leur liaison avec le volume. Les entrées le plus souvent retenues sont les grosseurs (circonférences ou diamètres) à hauteur de poitrine (Avery et Burkhart, 1983).

Caillez (1980) cité par Nguend (2008) note qu'il n'est pas possible de recommander un modèle unique de régression. Pour les tarifs individuels par exemple, cela signifierait que pour toutes les essences et dans toutes les conditions de station, le coefficient de forme varie de la même façon en fonction des entrées. Il faut toujours essayer d'avoir le modèle le plus simple, c'est-à-dire celui ayant le moins de coefficient possible. Plus les coefficients sont nombreux, plus le volume risque de varier de façon illogique en fonction des entrées (Nguend, 2008).

### **Choix du meilleur modèle**

La qualité de l'ajustement des équations testées peut s'apprécier suivant deux principales méthodes (Rondeux, 1993) que sont :

- Les méthodes statistiques de régression, qui jugent la qualité des ajustements en utilisant les paramètres comme le coefficient de détermination ( $R^2$ ), les paramètres basés sur la valeur des

résidus à l'instar de l'écart type résiduel (ETR) (Dagnelie, 1973). De manière générale, un coefficient de détermination proche de 1 et un écart type résiduel faible témoignent d'un bon ajustement (Drapper et Smith, 1966 ; Snecdecor, 1967 cité par Nguend, 2008) ;

- Les méthodes non statistiques ou graphiques. Celles-ci apprécient la qualité des ajustements à travers les paramètres basés sur la comparaison des volumes observés et des volumes calculés ou estimés, en vérifiant que les résidus sont distribués normalement avec une variance homogène (les résidus repartis autour de zéro). Elles cherchent un défaut d'ajustement se traduisant par une tendance systématique dans le nuage de résidus et étudie la forme des relations entre les résidus et les variables explicatives éventuellement non encore introduites dans le modèle (Palm et Rondeux, 1976).

### **Taille de l'échantillon d'arbres à cuber**

Gerrard (1966) indique que fixer la taille de l'échantillon d'arbres sur pied ou abattus nécessaires à l'élaboration d'un tarif de cubage est un problème relativement complexe lié à l'échantillonnage, aux objectifs poursuivis et à la précision souhaitée. Pour un tarif qui concerne une aire limitée où les conditions de croissance sont relativement homogènes, on peut admettre un échantillon variant de 30 à 100 arbres (Loetsh, 1961).

Pour un tarif d'application plus large, devant couvrir une région ou les principaux milieux de croissance d'une essence (stations écologiques, âges, traitement), il est indispensable de mesurer un grand nombre d'arbres. Cependant, pour établir les tarifs de cubage d'une essence dans un site, l'ONADEF (1992) préconise l'utilisation de 14 classes comprises entre 20 cm et 150 cm.

## **CHAPITRE III : MATRIELS ET METHODE**

Dans ce chapitre, nous passerons en revue les caractéristiques juridico administratives et biophysiques des différentes zones d'étude d'une part, et nous évoquerons par la suite les méthodes utilisées pendant la collecte des données sur le terrain.

### **3.1 PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE**

Notre étude s'est déroulée sur quatre principaux sites, dont deux en plantations forestières (réserves de Kienké-sud et de Deng-Deng) et deux en forêt naturelle (dans les UFAs 10.021 et 10.001-2-3-4).

#### **3.1.1 Caractéristiques biophysiques de la réserve de Kienké-sud**

##### **❖ Situation géographique et administrative**

La réserve de la Kienké – sud est située à Bidou II dans la Région du Sud, Département de l'Océan. Elle se trouve à cheval entre les Arrondissements de Kribi et Akom II. La réserve de la Kienké-sud se situe entre le 2°48' et le 2°55' de latitude Nord et le 10°00' et le 10°17' de longitude Est. Cette forêt d'une superficie totale de 25 000 ha a été classée dans le domaine permanent de l'Etat comme réserve forestière de production par arrêté N° 393 du 08 novembre 1947 (ONADEF, 1991).

Suivant l'acte de classement suscité, ses limites ont été définies comme suit :

- au Sud par la route Kribi - Akom II ;
- au Nord par le fleuve Kienké ;
- à l'Ouest par la piste partant de la route Kribi - Akom II et rejoignant le fleuve Kienké en un ancien village appelé Naya ;
- à l'Est par le village Djabilobé qui est l'intersection du fleuve Kienké et la route Kribi - Akom II (voir figure 1).

##### **❖ Relief et hydrographie**

La réserve forestière de Kienké-sud est supportée par un plateau d'altitude moyenne variant entre 100 et 200 m. Cette uniformité est rompue à certains points pour faire place à des collines telles que, Nkolbewa (413 m), Bissono (258 m). Les principaux cours d'eau qui arrosent la réserve se jettent dans la Kienké, dont les rivières Ngola, Bengolo, Endoudouma, Niongo et Zo'o (ONADEF, 1991).

##### **❖ Climat**

Le climat est de type équatorial guinéen, caractérisé par des températures élevées et constantes. Les maxima pluviométriques correspondent aux deux saisons de pluies. Les précipitations annuelles varient entre 1600 et 3300 mm de pluies (Moby *et al.*, 1979). On distingue deux saisons :



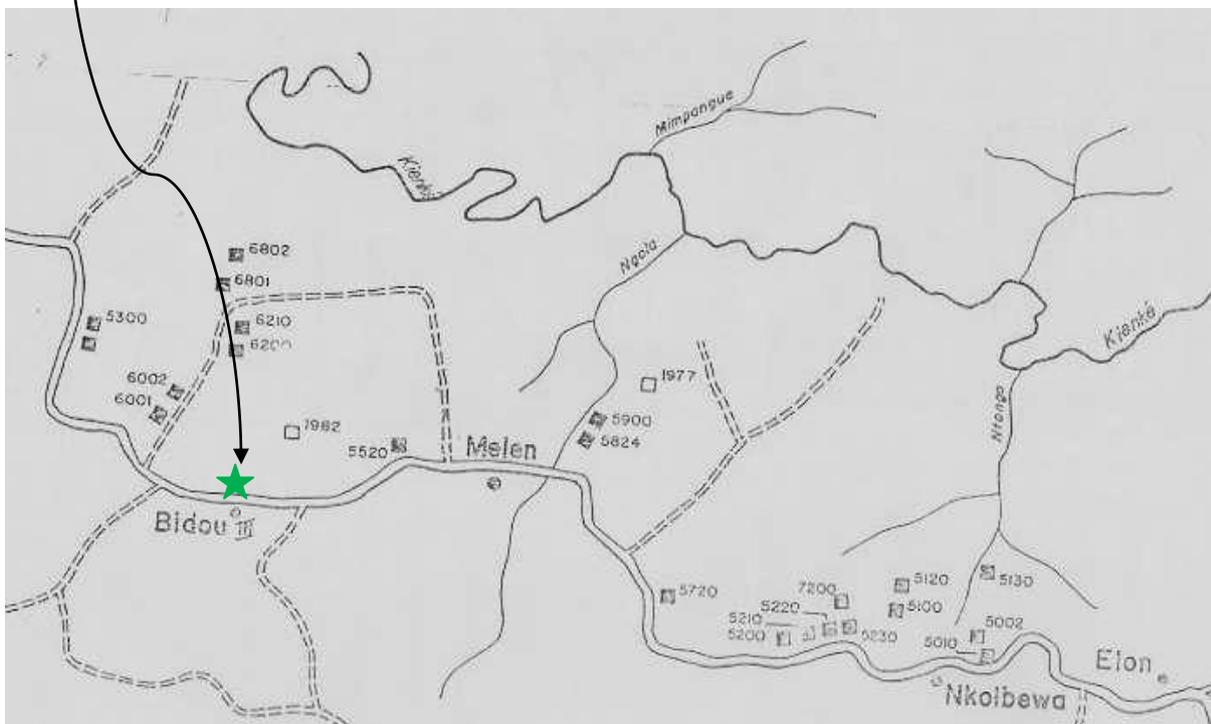
**Légende :**

- ★ Parcelles d'étude (P72 et P75).
- ~ Rivière Kienké.
- ~ Route Kribi – Akom.
- Autres parcelles de la réserve

Echelle :  $\frac{1}{200\,000}$



**Figure 1a** : Localisation de la réserve de la Kienké- sud.

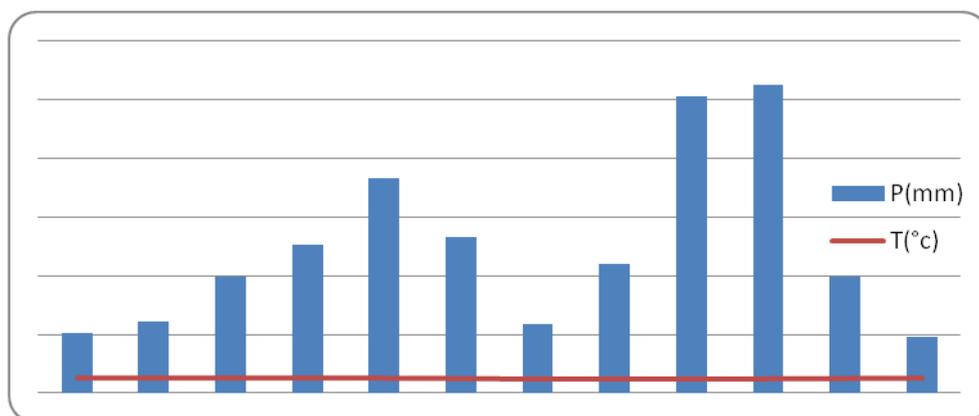


**Figure 1b** : Localisation des plantations dans la réserve de la Kienké-sud.

- une petite saison de pluie de janvier à février ;
- une grande saison de pluie de mars à décembre.

La mousson, de direction Sud-ouest vers le Nord-est, souffle toute l'année dans cette partie du pays (Moby *et al.*, 1979).

La figure 2 présente la courbe ombrothermique de la zone de Kribi, réalisée à partir des précipitations et des températures moyennes enregistrées à la station météorologique de Kribi pendant la période s'étalant de 2003 à 2007.



**Figure 2 : Courbe ombrothermique de la station de Kribi (données de 2003 à 2007)**

La courbe ombrothermique de la station de Kribi (figure 2), nous montre que la courbe des températures ne se retrouve en aucun moment de l'année au dessus du niveau de précipitation. Par ailleurs, si nous nous référons à l'indice xérothermique de Gauss qui stipule que la sécheresse écologique est atteinte lorsque les précipitations sont inférieures au double de la température à un moment donné de l'année, nous sommes en droit de confirmer qu'il n'existe pas de saison sèche à Kribi.

#### ❖ Végétation

La végétation naturelle est une forêt atlantique littorale à *Cesalpinaceae* relativement rares, avec *Saccoglottis gabonensis*. Cette forêt ne s'étend pratiquement qu'en plaine et ne remonte pas au-delà de 100 m d'altitude. Elle présente des aspects de forêt primaire avec certaines particularités. Signalons également les peuplements artificiels d'*Aucoumea klaineana* implantés depuis près de 55 ans dans la réserve (Letouzey, 1985).

#### ❖ Faune

La faune est assez abondante. Parmi les espèces les plus fréquemment rencontrées, figurent le céphalophe bleu des forêts (*Cephalophus monticola*), le céphalophe à dos jaune (*Cephalophus sylvicultor*), le porc-épic (*Atherurus africanus*), le pangolin géant (*Manis gigantea*), le chimpanzé (*Pan troglodytes*) localisé au sommet des collines. On note également la présence des pythons (*Python regius*) dans certaines zones marécageuses ainsi que des vipères du Gabon (*Bitis gabonica*) (ONADEF, 1991).

#### ❖ Sols

On y rencontre des sols ferrallitiques jeunes de couleur jaune et topomorphes. Ils sont caractéristiques de la zone côtière et qui s'avance jusqu'à Ebolowa et Ambam (Müller et Gavaud, 1979).

### 3.1.2 Caractéristiques biophysiques de la réserve de Deng-Deng (Bloc kébé)

#### ❖ Situation géographique et administrative

Le massif de Deng-Deng se situe dans la Région de l'Est, Département du Lom et Djerem, Arrondissement de Bélabo. La réserve de Deng-Deng se situe entre le 4°30' et le 5°30' de latitude Nord et le 13°11' et le 13°30' de longitude Est. Elle est limitée :

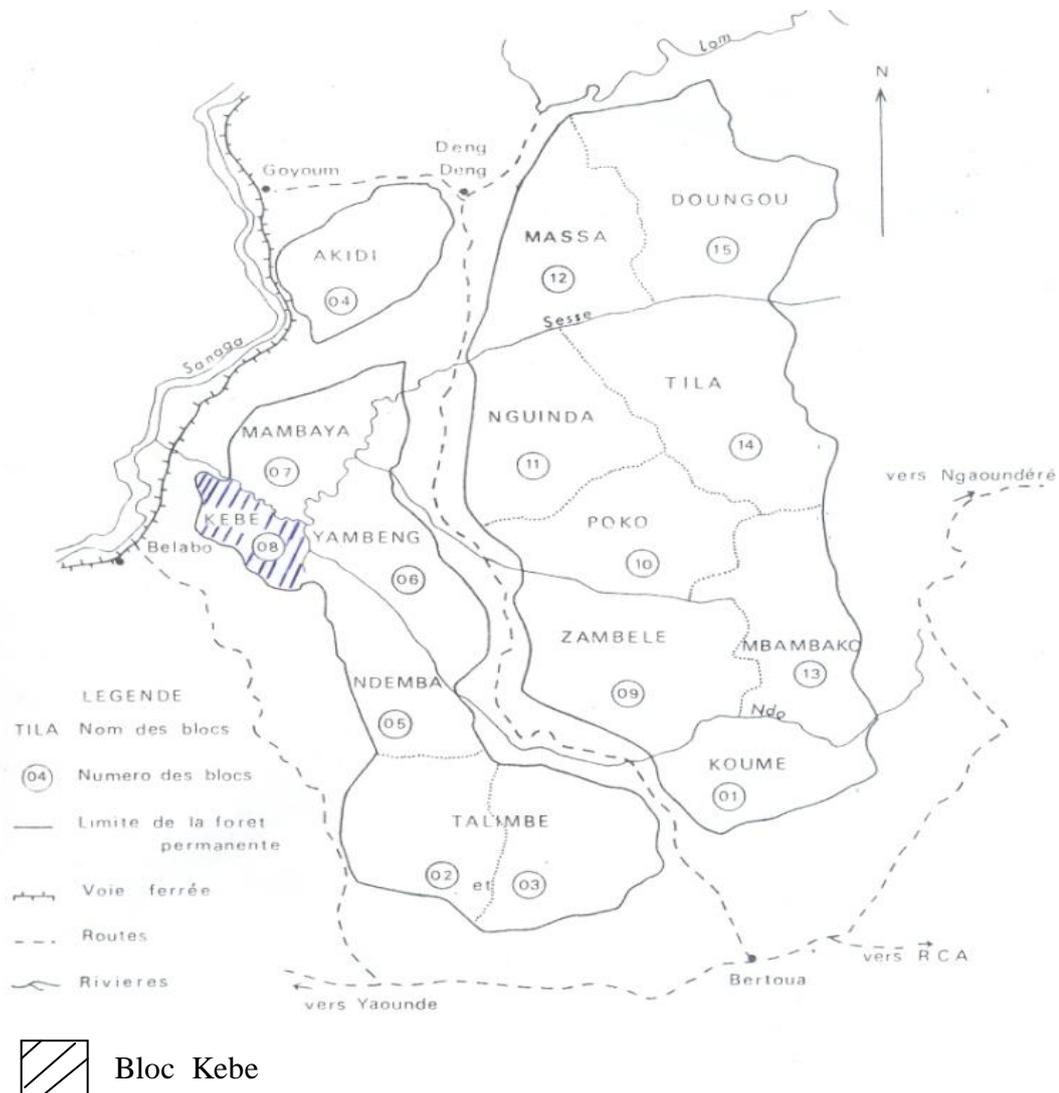
- Au Nord par le Lom;
- A l'Ouest par la Sanaga et le Nyong ;
- Au Sud par les rivières Aberu, Saa jusqu'au village Mbang, ensuite suivant la route Nanga-Eboko – Bertoua – Bétaré-Oya.
- A l'Est, après le village Koubou, la limite quitte la route et se dirige vers le Nord suivant successivement divers cours d'eau de façon à atteindre la vallée de Lom tout en laissant à l'Est les zones de savane. (Etoga, 1991).

L'ensemble du massif ainsi délimité couvre une superficie d'environ 424 000 ha dont 366 000 ha de forêt. A l'intérieur du massif, 249 000 ha ont été classés comme forêt domaniale dans laquelle on distingue :

- Le bloc concédé à la SOFIBEL par la licence d'exploitation N°1698 du 22 mars 1977 d'une superficie de 210 000 ha ;
- la forêt d'enseignement attribuée à l'ex-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) d'une superficie de 1 800 ha ;

Et le bloc Kebe, 5 200 ha réservé à la recherche (Etoga, 1991).

La figure 3 montre la localisation du bloc Kébé dans la réserve forestière de Deng-Deng.



**Figure 3 :** Localisation du bloc Kébé dans la réserve de Deng-Deng

#### ❖ Climat

Le climat de cette zone est de type équatorial guinéen classique à quatre saisons dont deux sèches et deux saisons pluvieuses qui se repartissent comme suit :

- une grande saison de pluie de septembre à novembre ;
- une grande saison sèche de décembre à février ;
- une petite saison de pluie de mars à juin ;
- une petite saison sèche de juillet à août.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 500 mm avec des mois sec (pluviométrie inférieur à 30 mm) à l'instar de décembre, janvier et février. La température moyenne annuelle varie entre 22 et 25°C (Etoga, 1991).

En ce qui concerne les vents, ils y soufflent la mousson entre avril et décembre et l'harmattan entre janvier et mars (Moby *et al.*, 1979).

#### ❖ Relief et hydrographie

Le relief de la région est relativement plat avec des pentes faibles. L'altitude varie entre 600 et 750 m. L'un des points culminants et par ailleurs très remarquable est le mont Tali haut de 906 m. L'ensemble de la région appartient au bassin de la Sanaga et ses affluents dont le Lom, la Sessé, le Yong et le Yasso. Les directions d'écoulement sont en générale de l'Est vers l'Ouest et du Sud-est vers le Nord (Moby *et al.*, 1979).

#### ❖ Végétation

D'après Letouzey (1985), le massif de Deng-Deng est une forêt dense humide semi-décidue à Sterculiaceae et Ulmaceae. Parmi les Ulmaceae, nous pouvons citer les genres *Celtis* et *Trema*. Concernant les Sterculiaceae, citons les genres *Cola* et *sterculia*. Cette forêt renferme de nombreuses essences commerciales telles que : *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Mansonia altissima*, et de nombreuses Meliaceae. Nous rencontrons aussi des formations secondaires de *Musanga* et *Albizia*.

#### ❖ Faune

La faune de la région renferme les animaux tels que l'antilope de Bates (*Neotragus batesi*), les pangolins (*Manis spp*), les singes. De nombreux rongeurs et lapins sauvages sont également présents dans la région. Les reptiles comme le varan (*Varanus niloticus*) et la vipère (*Bitis gabonica*) sont également rencontrés (Moby *et al.*, 1979). L'on note également la présence de nombreuses espèces de poissons dont les plus rencontrées sont : les carpes (*Cyprinus carpio*), les tilapias (*Tilapia nilotica*) et surtout les silures (*Clarias lazera*).

#### ❖ Sols

D'après Moby *et al.* (1979), les sols sont latéritiques, la roche mère étant essentiellement constitué de granite à l'Est du massif et de roches métamorphiques à l'Ouest. Des sols argilo sableux apparaissent au Nord de Deng-Deng en direction de Lom (route Deng-

Deng – Haman). Les sols ferrallitiques typiques hydromorphes se rencontrent au bas des pentes. Dans les vallées où coulent les grandes rivières (Lom, Sanaga), on trouve des sols alluviaux riches.

### **3.1.3 Unité forestière d'aménagement 10.021 (UFA 10.021)**

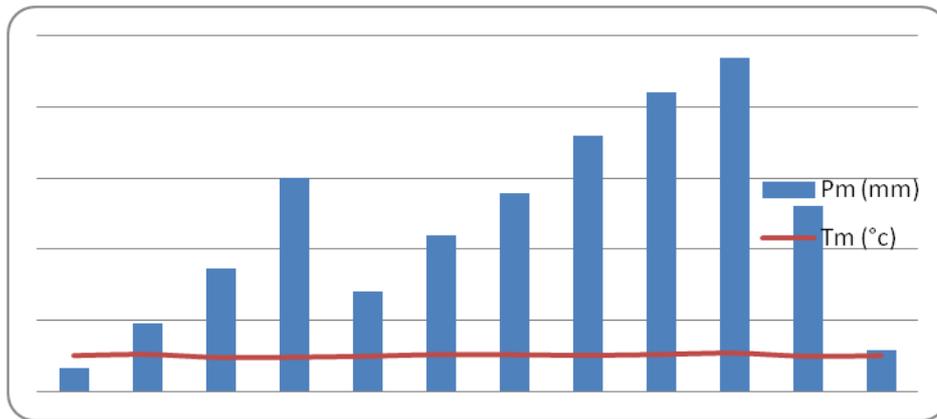
#### **❖ Situation administrative, juridique et géographique**

L'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) 10.021 se trouve dans la Région de l'Est, Département de la Boumba et Ngoko. Elle est entièrement localisée dans l'arrondissement de Yokadouma et couvre les villages Médoum, Bembon, Weso, Bonda, Mwampak et Mempoe sur l'axe routier Yokadouma – Lomié. L'UFA 10.021 a été attribuée (non classée) en novembre 1997 sur la base d'une superficie de 71 000 ha. Le processus de classement qui a commencé quelques années plus tard a considérablement modifié les limites. Ainsi le projet de décret de classement soumis au Premier Ministre couvrait une superficie de 66 183 ha. Ce décret a été signé le 26 janvier 2005 sous le numéro 2005/0254/PM. L'UFA 10.021 se situe entre le 3°08' et le 3°21' de latitude Nord, et entre le 14°31' et le 14°52' de longitude Est. (GVI, 2005).

#### **❖ Climat**

L'arrondissement de Yokadouma connaît dans son ensemble un climat équatorial de type guinéen classique avec deux saisons de pluie entrecoupées de deux saisons sèches. La mousson est le principal vent qui souffle pendant toute l'année (Moby *et al.*, 1979). Ces dernières années, on a cependant noté des perturbations très remarquables.

La figure 4 nous présente la courbe ombrothermique de la station de Yokadouma, réalisée à partir des précipitations et températures moyennes obtenues DDADER de la Boumba et Ngoko pour la période s'étalant de 1987 à 2007.



**Figure 4: Diagramme ombrothermique de la station de Yokadouma (de 1987 à 2007).**

La figure 4 nous montre que la courbe des températures est au dessus du niveau des précipitations pour les mois de janvier, février et mars, qui sont ainsi considérés comme les mois écologiquement secs d’après l’indice xérothermique de Gauss.

#### ❖ Relief et hydrographie

L’UFA 10.021 se trouve dans le plateau sud camerounais avec une altitude moyenne de 600 m. Le relief est modelé en demi-orange (Moby *et al.*, 1979).

Le réseau hydrographique de la forêt de Bikeya fait partie du bassin du Congo. Il est très dense et constitué de petits cours d’eau se jetant pour la plupart directement dans la Boumba (Moby *et al.*, 1979).

#### ❖ Végétation

La région de Medoum se trouve dans la forêt dense semi décidue caractérisée par la prédominance des sterculiacées et des Ulmacées. Cette forêt connaît très peu d’influences humaines en raison de son enclavement entre la Boumba et ses affluents. Cette situation particulière justifie alors la richesse en espèces exploitables. On y rencontre des formations forestières sur le sol ferme, dans les marécages inondés temporairement autour des petits cours d’eau qui se trouvent à l’intérieur de l’UFA, ainsi que dans les zones inondables autour de la Boumba (GVI, 2005).

## ❖ Faune

D'après le plan d'aménagement de l'UFA 10.021, la faune de la région de Medoum est riche et diversifiée. On y rencontre comme dans la réserve du Dja voisine, de nombreuses espèces animales inféodées aux forêts denses telles que : l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*), le gorille (*Gorilla gorilla*) qui fait la spécificité de cette localité, le buffle nain (*Syncerus caffer nanus*) et le chimpanzé (*Pan troglodytes*) (GVI, 2005). On y rencontre aussi de nombreuses autres espèces qu'on retrouve également dans d'autres zones écologiques du pays. C'est le cas :

- Des primates tels que les cercocèbes (*Cercocebus spp*) ;
- Des Artiodactyles tels que le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*) et le potamochère (*Potamochoerus porcus*) ;
- Des Rongeurs tel que le rat de Gambie (*Xerus erythropus*) et l'athérure africain (*Atherurus africanus*) (GVI, 2005).

C'est une faune bien diversifiée qui englobe aussi de nombreux reptiles à l'instar des mambas noir et vert (*Dendroaspis polylepis* et *Dendroaspis viridis*), la vipère heurtante (*Bitis arietans*), le crocodile nain d'Afrique (*Osteolaemus tetraspis*) que l'on rencontre généralement autour de la Boumba et même le python (*Python molurus*) appelé localement le serpent boa. Les oiseaux ne sont pas en reste ainsi que les poissons (GVI, 2005).

Cette richesse faunique spécifique ajoutée à l'inexistence d'autres sources de protéines animales justifie alors l'intensité du braconnage que connaît cette localité, braconnage dont la lutte passe par une bonne sensibilisation des populations et la recherche des sources alternatives d'approvisionnement en protéines animales (GVI, 2005).

## ❖ Sols

La plupart des sols du plateau sud camerounais sont du type ferrallitique rouge. On rencontre des sols hydromorphes dans les zones de marécage et quelques fois des cuirasses latéritique sur les flancs et les sommets des collines. Ce sont des sols riches en humus. L'horizon humifère est très remarquable par endroit ce qui les rend par conséquent favorables à l'agriculture (GVI, 2005)

### 3.1.4. Concession forestière N°1025

### ❖ **Situation administrative, juridique et géographique**

La concession forestière N° 1025 est un massif forestier constitué de quatre Unités Forestières d'Aménagement (10.001, 10.002, 10.003, 10.004) attribuées à la Compagnie Forestière de Cameroun (CFC) par décret N° 96/076/PM du 1<sup>er</sup> mars 1996. Elle a été définitivement classée par les décrets N°2005/0239/PM, N°2005/0240/PM, N°2005/0241/PM et N°2005/0242/PM du 26 janvier 2005. Cette concession se trouve dans l'arrondissement de Yokadouma, département de la Boumba et Ngoko, région de l'Est. Selon les décrets susmentionnés, l'ensemble du massif couvre une superficie de 193 105 ha. Le massif forestier est localisé entre le 02°59'00'' et le 03°27'29'' de latitude Nord et entre le 15°05'59'' et le 15°14'55'' de longitude Est. Il est limité :

- au Nord par la route Yokadouma - Mboy II ;
- à l'Ouest par la route Yokadouma - Moloundou ;
- au Sud par l'UFA 10.005 ; et
- à l'Est par la frontière avec la RCA et l'UFA 10.007 (CFC, 2002).
- **Climat**

La concession 1025 se trouve dans l'arrondissement de Yokadouma dont le climat a déjà été décrit dans le paragraphe 3.1.3.2.

### ❖ **Relief et hydrographie**

Les UFA 10.001-2-3-4 se trouvent dans le plateau sud camerounais avec une altitude moyenne de 500 m. Le relief ici est modelé en demi-orange (Moby *et al.*, 1979). Son réseau hydrographique appartient au bassin du Congo et est constitué de petit cours d'eau qui se jettent dans les rivières Bangué et Lokomo qui sont les affluents de la Boumba.

### ❖ **Végétation**

La concession 1025 se trouve dans la forêt dense semi-décidue caractérisée par la prédominance des Sterculiacées et des Ulmacées. Cette forêt connaît très peu d'influences humaines en raison de son enclavement entre la Boumba et ses affluents. Cette situation particulière justifie alors la richesse en espèces exploitables. On y rencontre des formations forestières sur le sol ferme, des marécages inondés périodiquement autour des petits cours d'eau qui se trouvent à l'intérieur de l'UFA ainsi que des zones inondables (CFC, 2002).

### ❖ **Faune**

La région est riche et diversifiée. On y rencontre : l'Eléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*), le gorille (*Gorilla gorilla*), le buffle nain (*Syncerus caffer nanus*), le chimpanzé (*Pan troglodytes*), l'antilope de Bates (*Neotragus batesi*). On y rencontre aussi des primates tels que les cercocèbes (*Cercocebus spp*), des Artiodactyles tels que le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*) et le potamochère (*Potamochoerus porcus*), .... On y rencontre également des rongeurs à l'instar du rat de Gambie et des aulacodes. C'est une faune bien diversifiée qui englobe aussi de nombreux reptiles notamment les mambas noir et vert (*Dendroaspis polylepis* et *Dendroaspis viridis*), la vipère heurtante (*Bitis arietans*) et aussi le python (*Python molurus*) (CFC, 2002).

#### ❖ Sols

La plupart des sols du plateau sud camerounais sont du type ferrallitique rouge. On rencontre des sols hydromorphes dans les zones de marécage et quelques fois des cuirasses latéritiques sur les flancs et les sommets des collines. Ils sont riches en humus. L'horizon humifère est très remarquable par endroit et les rend par conséquent favorable à l'agriculture (Moby *et al.*, 1979).

### **3.2 COLLECTE DES DONNEES**

Dans le souci d'atteindre au mieux nos objectifs, nous avons utilisé des méthodes différentes selon qu'on se trouvait en plantation ou en forêt naturelle.

#### **3.2.1 Données secondaires**

Pour avoir une idée précise sur les travaux antérieurs déjà effectués, et qui ont un lien avec notre étude, nous avons collecté plusieurs informations à travers la littérature existante. Ainsi, nous avons consulté les documents disponibles dans plusieurs bibliothèques notamment celles de l'ANAFOR, de L'IRAD à Nkolbison, Bertoua et Kribi, du Département de Foresterie de la FASA. Dans le même ordre d'idées nous avons collecté des informations auprès des services publiques à l'instar des stations météorologiques de Kribi et de Bertoua, et des délégations départementales. Nous n'oublions pas nos notes de cours, les documents mis à notre disposition par nos professeurs, nos encadreurs et par les entreprises forestières (GVI et CFC).

#### **3.2.2 Collecte des données primaires en plantation**

### ➤ **Composition de l'équipe et matériels utilisés**

Pour mener correctement notre travail dans les plantations nous nous sommes attaché les services de quatre et huit assistants respectivement à Bidou (Kiénké-sud) et à Yebi (bloc Kébé).

A propos du matériel utilisé pour obtenir toutes les informations nécessaires, nous avons :

- Trois rubans dendrométriques pour la mesure du diamètre à 1,30 m (DHP ou  $D_{1,30}$ ) ;
- Deux triples décamètres pour mesurer la distance horizontale entre l'arbre et l'opérateur d'une part, et la distance entre les tiges sur les lignes de plantation ;
- Un Relascope de Bitterlich à bandes larges pour la prise des diamètres et hauteurs ;
- Un Blum-Leiss pour la mesure des hauteurs ;
- Quatre pots de peinture à huile de couleur blanche et rouge (deux par couleur), ajouté à neuf litres de diluant pour le marquage et le comptage des arbres ;
- Des pinceaux (douze) pour marquer les arbres ;
- Des fiches d'inventaire et des calepins pour noter l'évolution au jour le jour (voir annexe 8). Des machettes pour nettoyer les lignes de plantation.

### ➤ **Description de l'inventaire**

Nos travaux d'inventaire ont été ponctués par trois principales articulations à savoir : le marquage, le comptage et le cubage. En effet, la toute première activité consistait à ouvrir les lignes de plantation pour faciliter la progression à l'intérieur des plantations. Après le nettoyage, commençait le marquage proprement dit. Ce dernier consistait à identifier toutes les tiges d'Assamela et ensuite les marquer à la peinture rouge sur la face Est de la tige. Le comptage quant à lui consistait à attribuer un numéro d'identification à chaque tige. Dans cette opération de comptage, nous prenions en compte les tiges mortes. En effet, si par exemple la dernière tige vivante porte le numéro "03", et que la prochaine tige également vivante est située à 12 m plus loin sur la même ligne, dans une plantation dont l'écartement initial était de 3 m×3 m, nous lui attribuons le numéro "07". Cela signifie que les numéros 04, 05, et 06 représentent les tiges mortes. Le numéro était marqué à la peinture blanche sur fond rouge placé pendant le marquage (voir photo 1).



Deux principales tiges  
(fourches) de l'arbre N°  
20

**Photo 1** : Identification (comptage) d'un arbre fourchu (Source : TADJUIDJE)

Le cubage qui était la dernière étape de l'inventaire consistait à prendre les mesures du diamètre à 1,30 m du sol, les hauteurs (hauteur totale et hauteur fût) et le diamètre au dessus de la première grosse branche. Les hauteurs étaient prises soit avec le Blum-Leiss, soit avec le Relascope de Bitterlich, selon le degré de visibilité et visée que nous offrait l'arbre à cuber. En effet, en plantation, l'Assamela présente un fût très tortueux et en plus les fûts s'entremêlent abondamment.

Pour un cubage fait au Blum-Leiss, on cherchait en premier la position la meilleure qui nous permettait d'avoir une visée au pied de l'arbre et une seconde au dessus de la première grosse branche pour le meilleur des cas. Une fois que cette position était trouvée, nous la matérialisons et nous prenons la distance horizontale séparant ce point à la tige. Enfin, nous effectuons les visées nécessaires, une visée au pied de l'arbre et une seconde juste au dessus de la première grosse branche le cas échéant.

Lorsque le cubage s'effectuait au Relascope de Bitterlich, nous procédions de la manière suivante :

- Nous localisons la position où le fût est vu entièrement ;
- Ensuite la mesure de la distance horizontale entre cette position et l'arbre était prise ;
- Puis nous déterminions la hauteur d'abattage et la hauteur fût, une fois les mesures de ces différents points relevées, pourcentage de pente  $P_a$ ,  $P_u$ , et diamètre  $D_a$ ,  $D_u$

respectivement, nous déterminions ensuite les niveaux intermédiaires ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ )

grâce au calcul de l'équidistance ( $E_q$ ) :  $E_q = \frac{P_u - P_a}{4}$  avec:

$$P_1 = P_a + E_q ; P_2 = P_1 + E_q ; P_3 = P_2 + E_q ; P_u = P_3 + E_q$$

- Enfin, nous procédions aux lectures des pourcentages de pentes et des diamètres aux points intermédiaires.

### 3.2.3 Collecte des données primaires en forêt naturelle

#### ➤ Composition de l'équipe et matériels utilisés

En forêt naturelle, nous nous sommes attachés les services de trois assistants parmi lesquels un prospecteur.

Le matériel utilisé était composé de :

- Un Relascope de Bitterlich à bandes larges approprié pour le cubage de grands arbres ;
- Un triple décamètre pour la prise des distances horizontales ;
- Un ruban dendrométrique pour la mesure des diamètres à 1,30 m au dessus du sol ;
- Deux GPS de marque *Garmin 60 Cx* pour la recherche des poches d'Assamela préalablement repérées et pour la prise des coordonnées des points ;
- Des fiches d'inventaire et des calepins pour prendre les notes ;
- Des machettes pour faciliter la progression en forêt.

#### ➤ Description de l'inventaire

En forêt naturelle, les travaux d'inventaire débutaient en réalité par la recherche des poches d'Assamela sur les cartes d'exploitation établies par les cellules d'aménagement des concessionnaires. Cette étape était très indispensable et bénéfique pour nous car, l'Assamela est une espèce semi-grégaire. Donc en localisant une poche d'Assamela sur la carte, on pouvait être sûr qu'à cet endroit, on cubera au moins cinq arbres. Lorsque les poches étaient identifiées sur la carte, on introduisait leurs coordonnées dans le GPS et on allait à leur recherche sur le terrain. Une fois au pied de l'arbre à cuber, nous procédions exactement comme nous le faisons en plantation en utilisant uniquement le Relascope de Bitterlich (cf. 3.2.2.2.)

Les travaux de terrain ainsi décrits se sont étalés du 12 avril au 13 juin 2009 soit exactement 63 jours.

### 3.2.4 Echantillonnage

Nous avons effectué une prospection méthodique dans chaque plantation. Ainsi, nous avons délimité 144 placettes rectangulaires pour l'ensemble des cinq parcelles. Le tableau I présente le nombre de placettes et leur superficie respective par plantation.

**Tableau I : Nombre de placettes et leur superficie respective par parcelle.**

PLANTATION	Ecartement	Superficie de la Plantation (ha)	Méthode sylvicole	Nombre de Placettes	Superficie d'une placette
P741 (Bloc Kébé)	5 m × 4 m	1	Recrû	29	15 m × 12 m = 180 m <sup>2</sup>
P745 (Bloc Kébé)	15 m × 3 m	2	Grands layons	32	40 m × 9 m = 360 m <sup>2</sup>
P746 (Bloc Kébé)	20 m × 3 m	2	Grands layons	31	50 m × 9 m = 450 m <sup>2</sup>
P73 (Kienké-Sud)	3 m × 3 m	0,3825	Recrû	32	9 m × 6 m = 54 m <sup>2</sup>
P75 (Kienké-Sud)	4 m × 3 m	0,3060	Recrû	20	9 m × 8 m = 72 m <sup>2</sup>

Le tableau I illustre la variation des placettes en fonction de la superficie de la plantation. Ainsi, nous constatons que les plantations de grands layons en général, et la P745 en particulier disposent des plus grandes placettes.

En forêt naturelle, nous avons cubé les arbres dans deux sites appartenant à des concessionnaires différents. Toutefois, ces deux sites utilisent le tarif de cubage établi lors de l'inventaire nationale réalisé dans les années 80 et inclus dans le logiciel TIAMA qui est utilisé par l'administration Camerounaise en charge des forêts (FAO, 2008). Le tableau II ci-après présente le nombre d'arbres cubés par zone.

**Tableau II : Nombre d'arbres cubés par zone d'inventaire**

UFA	Concessionnaire	Nombre d'arbres cubés
10.001-2-3-4	CFC	142
10.021	GVI	60
	<b>Total</b>	202

### 3.2.5 Limites de l'étude

La perfection n'étant pas particulièrement de ce monde, nous voulons à travers ce paragraphe présenter les éventuelles limites quant à l'utilisation des résultats de cette étude. En effet, au cours du processus de cubage des arbres en plantation, nous avons utilisé le Relascope de Bitterlich à bandes larges. Pour cela l'estimation des diamètres au fin bout peut souffrir d'un manque de précision. Cet état de chose peut ainsi entraîner un biais supplémentaire dans l'estimation des volumes et par ricochet l'évaluation du stock de carbone. Dans le même ordre d'idées l'utilisation simultanée des instruments de mesure à l'instar du Blum-Leiss et du Relascope de Bitterlich peut également entraîner des imprécisions quant à l'utilisation des données contenues dans ce document.

En outre, le nombre d'arbres cubés pour les différentes classes de diamètre peut avoir une incidence sur la précision des tarifs de cubage construits en forêt naturelle.

### 3.3 TECHNIQUES D'ANALYSE DES DONNEES

#### 3.3.1 Estimation des volumes

Le volume unitaire des arbres a été calculé par la formule du Relascope de Bitterlich modèle à bandes larges (ONADEF, 1992). Cette formule est définie ainsi qu'il suit :

$$V = \frac{dh^3 \cdot \pi}{2 \cdot 10^6} [(P_1 - P_a)(D_1^2 - D_a^2) + (P_2 - P_1)(D_2^2 + D_1^2) + (P_3 - P_2)(D_3^2 + D_2^2) + (P_u - P_a)(D_u^2 + D_a^2)]$$

Où :

$dh = ds \times \cos \alpha$  = distance horizontale corrigée ( $ds$  = distance suivant la pente) ;

$P_a, P_u, P_1, P_2$  et  $P_3$  = lecture du pourcentage de pente à la hauteur d'abattage, à la hauteur utilisable, aux points 1, 2 et 3 respectivement ;

$D_a, D_u, D_1, D_2$  et  $D_3$  = diamètre lu en Unité Relascope (U.R) à la hauteur à abattre, à la hauteur utilisable, aux points 1, 2 et 3 respectivement.

En outre, nous avons utilisé la formule de Smalian pour estimer également les volumes.

$$V = \frac{\pi}{8} (D_1^2 + D_2^2) \cdot Ht \quad \text{Avec :}$$

$D_1 = D_{hp}$  ;       $D_2 = D_u =$  Diamètre à la 1<sup>ère</sup> grosse branche ;       $Ht =$  Hauteur fût.

#### 3.3.2 Calcul de la biomasse et du stock de carbone

Le calcul de la biomasse s'est fait grâce à la formule établit par Browns *et al.* (1989).

$$Y = 38,4908 - 11,7883D + 1,1926D^2 \text{ où :}$$

$Y$  = biomasse de l'arbre en tC/ha, et  $D$  = Dhp en cm.

La masse ou stock de carbone séquestré est déduite de cette biomasse en la multipliant par la constante 0,47 (OIBT, 2008).

### 3.3.3 Construction des tarifs de cubage

#### ▪ Tarif de peuplement

Nous avons testé quatre modèles d'équation qui, d'après la littérature forestière, présentent le meilleur ajustement :

$$\ln V = \beta_1 + \beta_2 \cdot \ln(G \cdot H_o) + \beta_3 \cdot \left(\frac{G}{A}\right) \quad [M_1]$$

$$V = \beta_1 + \beta_2 \cdot G \cdot H_o \quad [M_2]$$

$$V = \beta_1 + G^{\beta_2} \cdot H^{\beta_3} \quad [M_3]$$

$$V = \beta_1 \cdot G^{\beta_2} \cdot \left(\frac{H_o}{N}\right)^{\beta_3} \quad [M_4]$$

Où :

$V$  = volume ;  $G$  = surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) ;  $H_o$  = hauteur dominante ;  $N$  = nombre de tiges à l'hectare ;  $A$  = âge du peuplement ;  $\beta_1, \beta_2$  et  $\beta_3$  = les coefficients à déterminer.

L'ajustement de ces modèles a été réalisé par régressions linéaire ou non linéaire selon les cas. Le logiciel SPSS 12.0 a été utilisé à cet effet. L'étude de la qualité des modèles a été réalisée à partir du coefficient de détermination ( $R^2$ ) et de l'écart-type résiduel (ETR).

#### ▪ Tarif de cubage individuel

Les trois modèles d'équation ci-dessous ont été testés. Chaque modèle a ainsi été ajusté à l'ensemble des données par régression non linéaire.

$$V = aD^b \quad [E_1]$$

$$V = a + bD^2 \quad [E_2]$$

$$V = a + bD + cD^2 \quad [E_3]$$

Avec : V = volume exprimé en m<sup>3</sup>; D = Dhp exprimée en cm ; a, b = coefficients à déterminer.

L'appréciation de la qualité de l'ajustement des équations testées a été réalisée à partir du coefficient de détermination (R<sup>2</sup>) et de l'écart-type résiduel (ETR).

De façon général, le modèle qui ajuste le mieux les données est celui qui a la valeur de l'Ecart-Type Résiduel (ETR) la moins élevée, le coefficient de détermination (R<sup>2</sup>) le plus proche de 1 et donc les coefficients constituant les modèles de tarifs sont significativement différents de zéro (Cornel et Berger, 1987).

### 3.3.4 Test de validité des tarifs de cubage

Les concessionnaires des UFA 10.021 et 10.001-2-3-4 utilisent respectivement le tarif de cubage suivant construit au cours des inventaires nationaux forestiers de reconnaissance effectués dans les années 1980 (2<sup>ème</sup> phase) (Nguend, 2008). Ce tarif est le suivant :

$$V = 0.000186D^{2.388659}$$

Où V est exprimé en m<sup>3</sup> et D en cm.

Pour valider les différents tarifs, nous nous sommes inspirés de la méthode préconisée par Alder (1980), et reprise par Eyono (1986). D'après celle-ci, le contrôle de la validité d'un modèle consiste à comparer ses prévisions à l'observation de la situation réelle dont on connaît l'histoire.

Dans cette méthode, on parlera de validation indépendante lorsque les données servant à la comparaison n'ont pas été utilisées pour l'ajustement du modèle, et d'auto-validation lorsque les données-tests sont également celles qui ont servi à l'estimation des paramètres du modèle.

Ainsi, dans notre analyse, nous avons adopté la validation indépendante pour vérifier la validité des tarifs issus de l'inventaire national. Quant à nos tarifs construits, l'auto-validation a été utilisée.

Pour la comparaison des prévisions obtenues à l'aide du modèle et l'observation de la situation réelle, le test d'égalité de deux moyennes ou le test  $t$  par paire de Student a été utilisé.

Pratiquement, nous nous sommes servis des données récoltées sur le terrain pour déterminer les volumes à l'aide des tarifs anciens (TIAMA) et à l'aide des tarifs nouvellement construits. Nous avons choisi 40 arbres au hasard pour effectuer ces tests. Soient :

$V_t$  = volume obtenu à partir des tarifs TIAMA.

$V_{\text{new}}$  = volume obtenu à partir des nouveaux tarifs.

$V_{\text{réel}}$  = Volume issu du calcul du volume à partir des mesures de terrain.

Posons :  $E_1 = V_{\text{réel}} - V_t$  ; et  $E_2 = V_{\text{réel}} - V_{\text{new}}$ .

$E_2 - E_1$  = différence des écarts entre les tarifs existants (TIAMA) et ceux que nous avons établis.

Le test de l'hypothèse nulle est donc :  $H_0 : E_1 = E_2$  ; pas de différence significative.

L'hypothèse alternative quant à elle est :  $H_A : E_1 \neq E_2$  ; la différence est significative.

$$t_{obs} = \frac{|E_2 - E_1| \cdot \sqrt{n}}{\sigma} \quad \text{Où :}$$

$t_{obs}$  = Valeur de Student calculée à partir des données de terrain.

$n$  = taille de l'échantillon ( $n = 40$ ).

$\sigma$  = Ecart-type.

$H_0$  est rejeté lorsque  $t_{obs} > t_{tab}$  avec  $t_{tab}$  = la valeur de Student lue sur la table de Student à  $n - 1$  degré de liberté (ddl) au seuil de signification de  $\alpha = 5\%$ .

### 3.3.5 Estimation des valeurs commerciale et écologique des parcelles

Pour fournir une estimation de la valeur commerciale du potentiel ligneux des plantations, nous avons considéré les données actuelles du marché du bois. Nous avons

imaginé des scénarii selon que l'Assamela sera vendu sous forme de parquets ou en débités. Les volumes utilisés dans cette partie ont été obtenus par sommation des volumes unitaires calculés à l'issu des inventaires. Ainsi, concernant l'Assamela, les chiffres du marché sont les suivants :

- Coefficient de commercialisation : 0,5
- Coefficient de transformation : 33,77 %,
- Prix FOB entrée usine : 141 000 F CFA/m<sup>3</sup>,
- Prix FOB port de Douala : 200 000 F CFA/m<sup>3</sup>.

Concernant la valeur écologique, une étude menée par Ecoystems Marketplace en 2007, sur le marché volontaire du carbone fait ressortir que les prix des transactions volontaires sont les suivants (OIBT, 2008) :

- Plantation de Boisement et Reboisement (B/R) – monoculture- 8,20 dollars USA la tonne.
- Restauration en B/R d'espèces naturelles – 6,20 \$ USA la tonne.
- Déboisement évité - 4,80 dollars USA la tonne.
- Terre agricole - 3,90 dollars la tonne.

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 RESULTATS

#### 4.1.1 Etat des parcelles

Globalement, toutes les cinq plantations se présentent plutôt bien. Hormis les cas de mort dénombrés lors des inventaires, nous pouvons dire que les plantations malgré l'abandon dont elles ont été victimes, ont subi très peu de dommages. Les tiges ont un fût très tortueux et cylindrique dû en partie au manque de suivi d'une part, et aux facteurs génétiques d'autre part. L'élagage naturel s'opère assez bien dans l'ensemble des plantations. Seules les plantations des grands layons présentent des perturbations résultant des chutes des branches et des arbres voisins, causant ainsi des cassures des cimes et des renversements des tiges d'Assamela. Les plantations de recrû de la Kienké-sud présentent des fûts entremêlés qui traduisent non seulement une concurrence très forte pour la lumière, mais également la petitesse des écartements (3 m × 3 m pour la P72 et 3 m × 4 m pour la P75).

Au vu du nombre d'arbres malades nous pouvons affirmer que l'état sanitaire des parcelles est très satisfaisant. La principale maladie rencontrée est la gommose. Le tableau III présente le nombre d'arbres malades par plantation.

**Tableau III:** Nombre de tiges malades par parcelle

Plantations	Nombre d'arbres malades	Nombre total d'arbres	Pourcentage (%)
P741 (Bloc Kebe)	3	263	1,14
P745 (Bloc Kebe)	5	283	1,76
P746 (Bloc Kebe)	5	265	1,88
P72 (Kienké-Sud)	16	331	4,83
P75 (Kienké-Sud)	5	232	2,15
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>1374</b>	<b>2,74</b>

Le tableau III confirme que les parcelles se portent bien avec des pourcentages d'arbres atteints par la gommose inférieurs à 3%, sauf pour la plantation P73 de la Kienké-sud où un pourcentage d'arbres malades de 4,80% a été enregistré.

Les figures 5, 7 et 8 présentent les plans de situation des arbres dans les plantations de la Kienké-sud (P72 et P75) et du Bloc Kébé (P741, 745 et 746) respectivement. La figure 6

quant à elle présente le plan parcellaire du bloc Kébé en mettant en exergue l'emplacement des parcelles d'Assamela.

Parcelle 1975

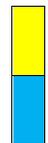
Parcelle 1972

255	222	221	188	187	154	153	120	119	86	85	52	51	18	17
254	223	220	189	186	155	152	121	118	87	84	53	50	19	16
253	224	219	190	185	156	151	122	117	88	83	54	49	20	15
252	225	218	191	184	157	150	123	116	89	82	55	48	21	14
251	226	217	192	183	158	149	124	115	90	81	56	47	22	13
250	227	216	193	182	159	148	125	114	91	80	57	46	23	12
249	228	215	194	181	160	147	126	113	92	79	58	45	24	11
248	229	214	195	180	161	146	127	112	93	78	59	44	25	10
247	230	213	196	179	162	145	128	111	94	77	60	43	26	9
246	231	212	197	178	163	144	129	110	95	76	61	42	27	8
245	232	211	198	177	164	143	130	109	96	75	62	41	28	7
244	233	210	199	176	165	142	131	108	97	74	63	40	29	6
243	234	209	200	175	166	141	132	107	98	73	64	39	30	5
242	235	208	201	174	167	140	133	106	99	72	65	38	31	4
241	236	207	202	173	168	139	134	105	100	71	66	37	32	3
240	237	206	203	172	169	138	135	104	101	70	67	36	33	2
239	238	205	204	171	170	137	136	103	102	69	68	35	34	1

425	392	391	358	357	324	323	290	289	256	255	222	221	188	187	154	153	120	119	86	85	52	51	18	17
424	393	390	359	356	325	322	291	288	257	254	223	220	189	186	155	152	121	118	87	84	53	50	19	16
423	394	389	360	355	326	321	292	287	258	253	224	219	190	185	156	151	122	117	88	83	54	49	20	15
422	395	388	361	354	327	320	293	286	259	252	225	218	191	184	157	150	123	116	89	82	55	48	21	14
421	396	387	362	353	328	319	294	285	260	251	226	217	192	183	158	149	124	115	90	81	56	47	22	13
420	397	386	363	352	329	318	295	284	261	250	227	216	193	182	159	148	125	114	91	80	57	46	23	12
419	398	385	364	351	330	317	296	283	262	249	228	215	194	181	160	147	126	113	92	79	58	45	24	11
418	399	384	365	350	331	316	297	282	263	248	229	214	195	180	161	146	127	112	93	78	59	44	25	10
417	400	383	366	349	332	315	298	281	264	247	230	213	196	179	162	145	128	111	94	77	60	43	26	9
416	401	382	367	348	333	314	299	280	265	246	231	212	197	178	163	144	129	110	95	76	61	42	27	8
415	402	381	368	347	334	313	300	279	266	245	232	211	198	177	164	143	130	109	96	75	62	41	28	7
414	403	380	369	346	335	312	301	278	267	244	233	210	199	176	165	142	131	108	97	74	63	40	29	6
413	404	379	370	345	336	311	302	277	268	243	234	209	200	175	166	141	132	107	98	73	64	39	30	5
412	405	378	371	344	337	310	303	276	269	242	235	208	201	174	167	140	133	106	99	72	65	38	31	4
411	406	377	372	343	338	309	304	275	270	241	236	207	202	173	168	139	134	105	100	71	66	37	32	3
410	407	376	373	342	339	308	305	274	271	240	237	206	203	172	169	138	135	104	101	70	67	36	33	2
409	408	375	374	341	340	307	306	273	272	239	238	205	204	171	170	137	136	103	102	69	68	35	34	1

Route Kribi – Akom II

Légende :



Arbres morts

Arbres malades

141 Arbres touchés à moins de 1,30 m de hauteur

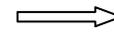
172 : Numéro d'une tige normale



Ecartement entre les parcelles : 5 m



Pistes piétonnes

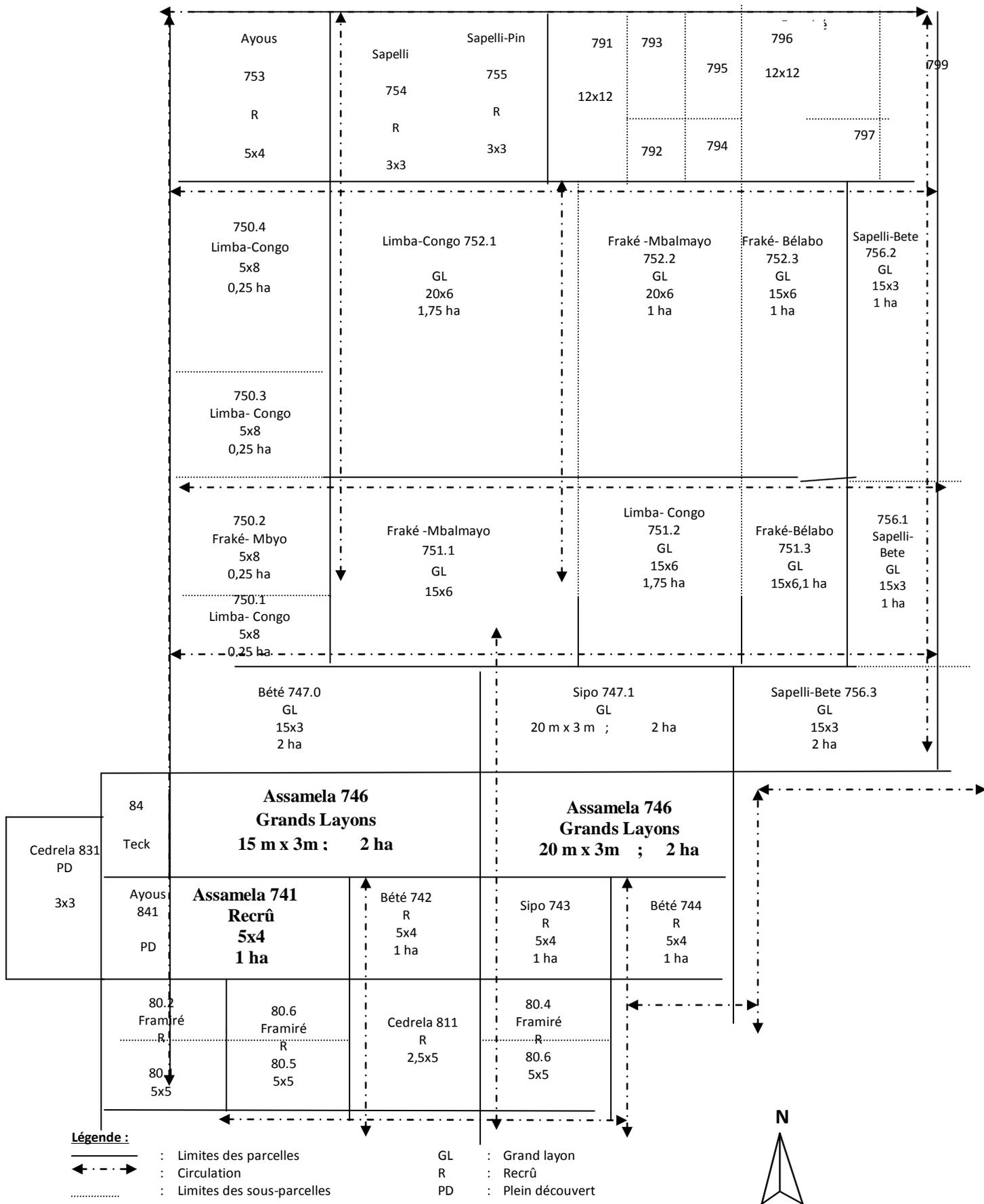


Entrée plantation

N



Figure 5 : Plan de situation des arbres dans les plantations de *P. elata* de la réserve forestière de Kienké-sud





*	*	35	72	73	116	*	160	165	204	207	246	*	*	*	316	*	*	357	392
*	*	36	71	74	*	120	159	166	203	208	245	251	*	*	315	321	353	358	391
*	*	*	*	75	*	*	*	167	202	209	*	252	*	287	314	322	352	*	390
2	30	*	69	*	113	*	157	*	201	*	*	253	281	288	313	323	351	*	389
3	*	38	*	*	112	122	156	*	*	*	*	254	*	289	*	324	350	360	388
4	*	*	*	*	111	123	155	*	200	*	*	255	280	290	312	325	349	361	*
5	27	39	*	*	*	*	*	170	*	212	*	*	279	291	*	*	*	362	387
6	26	*	66	*	109	125	*	171	198	*	239	256	*	292	*	326	*	*	*
*	25	*	65	*	108	126	152	172	197	214	238	*	*	*	*	327	*	*	*
7	*	42	*	*	107	127	151	*	*	*	237	*	*	*	*	328	*	365	*
8	*	43	63	82	106	*	150	*	*	215	236	*	*	*	*	329	*	*	*
9	22	*	62	83	*	*	149	174	*	216	235	*	*	294	309	330	*	367	*
10	*	45	61	84	104	*	*	175	194	217	234	*	274	*	*	*	*	*	*
11	21	*	60	*	103	131	147	*	193	218	233	*	273	295	308	331	*	368	381
12	20	47	59	86	*	132	*	177	192	219	*	260	272	*	*	332	343	*	*
*	19	*	*	87	101	133	*	178	191	220	*	*	271	*	*	333	*	370	380
14	*	48	58	*	*	134	*	*	*	*	231	262	*	*	307	334	342	371	379
15	18	*	57	89	99	135	143	180	189	*	230	263	270	297	306	335	341	372	378
16			56	*	98	136	142	181	*	*	*	264	269	298	305	*	340	*	*
*		50	55	*	97	137	141	*	187	*	*	*	268	299	*	*	*	*	377
		*	*	92	96	138	140	*	*	223	227	*	267	300	304	337	*	374	*
		*	53	93	95	139		*	*	224	*		266	301	303		338		*
					94				185	*				*					*
										225					302				

Légende :

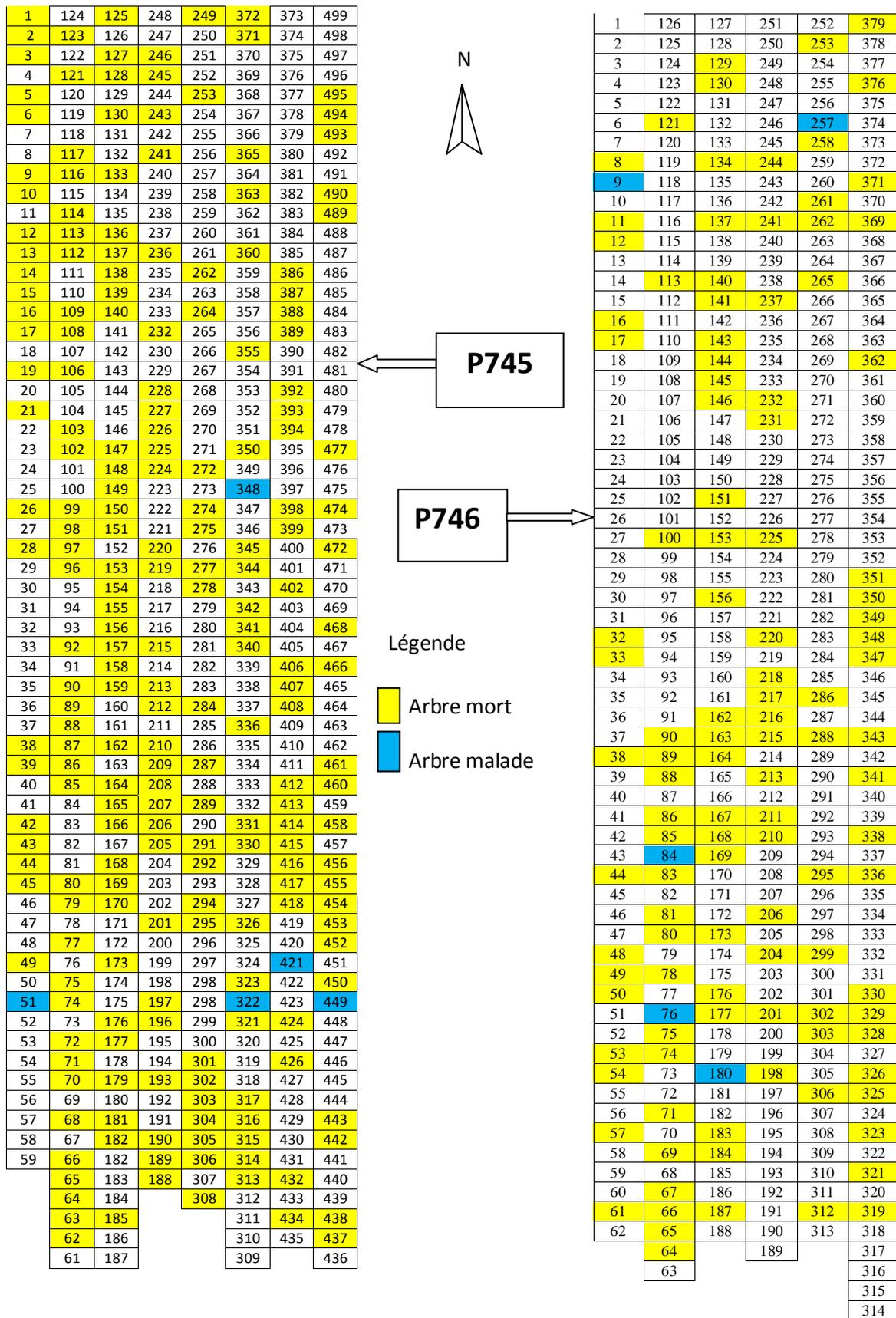
: Arbre mort.

: Arbre malade



33 : numéro de la tige

**Figure 7** : Plan de situation des arbres dans la parcelle 741 du bloc Kébé



**Figure 8:** Plan de situation des tiges dans les parcelles P745 et P746 du bloc Kébè

#### 4.1.2 Caractéristiques dendrométriques des parcelles

Le tableau IV donne les données dendrométriques (hauteur moyenne, surface terrière, diamètre moyen, âge) de chacune des parcelles.

**TABLEAU IV** : Hauteur moyenne, surface terrière, diamètre moyen et âge des cinq parcelles

<b>Parcelles</b>	<b>Nombre d'arbres considérés</b>	<b>Hauteur Moyenne (m)</b>	<b>Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Diamètre moyen (cm)</b>	<b>Age de la parcelle</b>
<b>P741 (Bloc Kébé)</b>	263	14,80 ± 5,67	18,29 ± 0,19	26,08 ± 17,76	35
<b>P745 (Bloc Kébé)</b>	283	15,98 ± 5,68	3,72 ± 0,03	16,74 ± 12,03	35
<b>P746 (Bloc Kébé)</b>	265	16,67 ± 4,94	2,63 ± 0,02	15,87 ± 9,8	35
<b>P72 (Kienké-sud)</b>	331	28,84 ± 7,20	58,46 ± 0,26	29,30 ± 16,10	37
<b>P75 (Kienké-sud)</b>	232	28,33 ± 6,53	32,78 ± 0,04	23,46 ± 9,98	34

N.B. : le chiffre après ± représente l'écart-type.

Au regard du tableau IV qui précède, nous constatons que les parcelles de recrû (P741, P72 et P75), quel que soit le site, enregistrent les meilleures performances en termes de croissance en grosseur. Ce constat nous permet ainsi de conclure que, toute chose étant égale, la méthode de recrû se présente comme celle qui garantie les meilleures performances sur le plan de la croissance en diamètre. Par contre, sur le plan de la croissance en hauteur, en comparant les deux sites en présence, nous relevons que les parcelles de la Kienké-sud affichent relativement les meilleurs résultats que celles de bloc Kébé. Nonobstant les facteurs édaphiques susceptibles de donner une explication à ces résultats, nous pensons également que l'environnement immédiat peut être à l'origine de ces contre-performances. En effet, l'Assamela étant une espèce héliophile, les parcelles du bloc Kébé ont probablement souffert d'une insuffisance de lumière, car elles sont entourées de part et d'autre par des parcelles mises en place selon des méthodes sylvicoles différentes, voire même des exigences différentes en termes de lumière de celles de l'Assamela.

Concernant la surface terrière, nous constatons que celle des parcelles de grands layons, notamment les P745 et P746 affichent des valeurs extrêmement faibles,  $3,72 \pm 0,03$  m<sup>2</sup> et  $2,63 \pm 0,02$  m<sup>2</sup>) respectivement, comparées à celles des parcelles de recrû. Ces grandes différences peuvent être attribuées à la méthode sylvicole car, les grands layons exigent de larges superficies pour des densités faibles : ce qui favorise la production végétale des tiges.

#### **4.1.3 Structure diamétrique des parcelles.**

La figure 9 présente la distribution des effectifs par classe d'âges et les courbes de tendance pour les cinq parcelles.

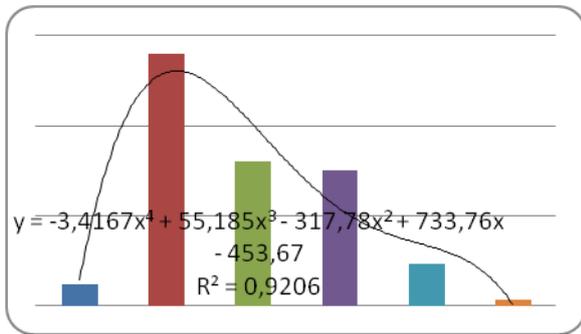


Figure 9a : Structure diamétrique de la P72

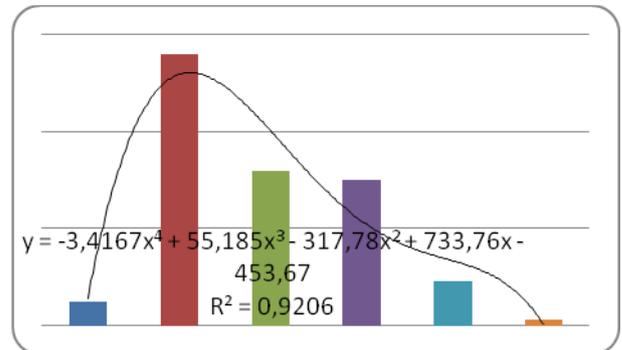


Figure 9b : Structure diamétrique de la P75

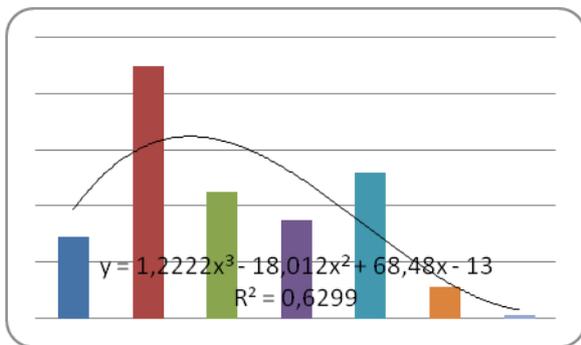


Figure 9c : Structure diamétrique de la P741

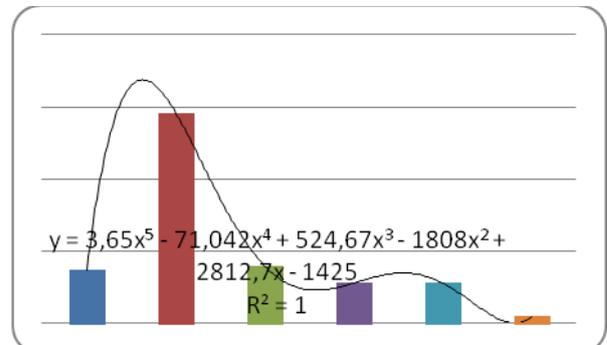


Figure 9d : Structure diamétrique de la P745

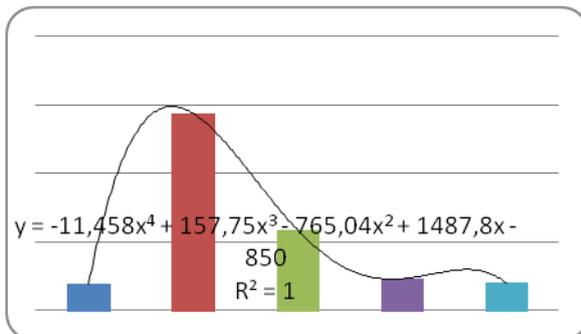


Figure 9e : Structure diamétrique de la P746

Prises individuellement, les structures des différentes parcelles présentent toutes des formes relativement proches de la structure en cloche caractérisées par une pente très forte avant la classe modale. Cette élévation brusque et importante des effectifs entre la classe [0, 10[ et [10, 20[ nous laisse entrevoir que la première classe citée est constituée des tiges qui ont connu le plus de difficulté de croissance. On constate également que tous les histogrammes sont asymétriques à droite (Figure 8).

L'ajustement de la distribution des diamètres de la P72 donne une fonction polynomiale d'ordre quatre d'équation:

$Y = -3,4X^4 + 55,2X^3 - 317,8X^2 + 733,8X - 453,7$ ; avec un coefficient de détermination très fort de  $R^2 = 0,92$  ; où  $Y$  est le nombre d'individus du peuplement appartenant à la classe ayant  $X$  comme centre de la classe. La classe  $[10 ; 20[$  est la classe modale avec un effectif de 140 tiges (voir figure 8a).

L'ajustement de la distribution des diamètres de la P75 donne une fonction polynomiale d'ordre quatre d'équation :  $Y = 16,1X^4 + 204,7X^3 - 916,4X^2 + 1661,8X - 919$ ; avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,99$  ; où :  $Y$  est le nombre d'individus du peuplement appartenant à la classe ayant  $X$  comme centre de la classe. La classe  $[10 ; 20[$  représente la classe modale avec 119 tiges (voir figure 8b).

L'ajustement de la distribution des diamètres de la P741 donne une fonction polynomiale d'ordre quatre d'équation :  $Y = 1,2X^3 - 18X^2 + 68,5X - 13$  ; avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,63$  ; où  $Y$  est le nombre d'individus du peuplement appartenant à la classe ayant  $X$  comme centre de la classe. La classe  $[10 ; 20[$  représente la classe modale avec un effectif de 90 tiges (voir figure 8c).

L'ajustement de la distribution des diamètres de la P745 donne une fonction polynomiale d'ordre quatre d'équation:  $Y = -7,2X^4 + 106,9X^3 - 551,8X^2 + 1112,7X - 622$  avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,93$  ; où  $Y$  est le nombre d'individus du peuplement appartenant à la classe ayant  $X$  comme centre de la classe. La classe  $[10 ; 20[$  représente la classe modale avec un effectif de 146 tiges (voir figure 8d).

L'ajustement de la distribution des diamètres de la P746 donne une fonction polynomiale d'ordre quatre d'équation:  $Y = -11,5X^4 + 157,8X^3 - 765X^2 + 1487,8X - 850$  avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,98$  ; où  $Y$  est le nombre d'individus du peuplement appartenant à la classe ayant  $X$  comme centre de la classe. La classe  $[10 ; 20 [$  représente la classe modale avec un effectif de 144 tiges (voir figure 8e).

#### 4.1.4 Densité actuelle et taux de survie

Un inventaire en plein effectué dans chaque plantation nous a permis de déduire les densités actuelles et les taux de survie, tel que présenté dans le tableau V.

**Tableau V** : Densité actuelle et taux de survie

Parcelles	Ecartement entre les tiges	Effectif initial (arbre)	Densité initiale (tige/ha)	Effectif actuel (arbre)	Densité actuelle (tige/ha)	Taux de survie (%)
P741 (Bloc Kébé)	5 m x 4 m	493	500	263	263	53,34
P745 (Bloc Kébé)	15 m x 3 m	511	256	283	142	55,57
P746 (Bloc Kébé)	20 m x 3 m	383	192	265	133	69,20
P72 (Kienké-sud)	3 m x 3 m	425	1111	331	871	78,35
P75 (Kienké-sud)	3 m x 4 m	255	884	232	765	91,76

Le tableau V nous présente des taux de survie moyens pour les parcelles du bloc Kébé, comparés à ceux de Kienké-Sud qui sont particulièrement élevés avec un maximum de 91,76 % pour la parcelle P75. Il faut dire ici que cette mortalité n'est pas le fait des opérations sylvicoles encore moins des activités de sciage sauvage. En effet, il s'agit principalement de la mortalité naturelle. Ainsi, la forte mortalité constatée à Deng-Deng peut être attribuée soit aux facteurs édapho-climatiques, soit à l'environnement immédiat des parcelles, ou alors au taux de réussite enregistré après la plantation. Pour cette dernière éventualité, il faut noter que cinq années après leur mise en place, les parcelles de Deng-Deng présentaient respectivement des taux de réussite de 62%, 68% et 69 % pour les parcelles 741, 745 et 746 (Grison, 1979). Par contre à la Kienké-sud, cinq années également après leur mise en place, l'on enregistrerait des taux de réussite de 99 % pour les deux parcelles (Engbwem, 1987).

#### **4.1.5 Estimation de la production et du stock de carbone**

La biomasse et les volumes de bois respectifs de chaque parcelle ont été obtenus par addition des volumes unitaires des arbres calculés par la formule de Smalian. Le tableau VI présente la productivité ramenée à l'hectare, le stock de carbone et les accroissements moyens annuels (AMA) pour chacune des cinq parcelles.

**Tableau VI** : Productivité, accroissement moyen annuel et stock de carbone par plantation

Parcelles	Volume de bois (m <sup>3</sup> /ha)	Accroissement moyen annuel (m <sup>3</sup> /ha/an)	Biomasse (t/ha)	Volume de carbone Séquestré (t C/ha)
P741 (Bloc Kébé)	154,85 ± 2,51	4,42 ± 0,07	207117,37 ± 848	97345,16 ± 398
P745 (Bloc Kébé)	61,36 ± 0,63	1,75 ± 0,02	134569,4 ± 661	63247,62 ± 310
P746 (Bloc Kébé)	55,3 ± 0,53	1,58 ± 0,01	110490 ± 513	51930,3 ± 241
P72 (Kienké-sud)	625,67 ± 2,75	17,38 ± 0,08	188295,84 ± 571	88499,05 ± 268
P75 (Kienké-sud)	429,41 ± 0,64	12,63 ± 0,02	103177 ± 484	48493,65 ± 227
<b>TOTAL</b>	<b>1326,59 ± 7,06</b>	<b>/</b>	<b>743649,61 ± 3077</b>	<b>349514,32 ± 1444</b>

Le tableau VI traduit dans les détails la très faible productivité enregistrée dans les parcelles P745 et P746 avec notamment  $61,36 \pm 0,63$  m<sup>3</sup>/ha et  $55,3 \pm 0,53$  m<sup>3</sup>/ha, avec des volumes moyens par tige estimés à 0,43 m<sup>3</sup> et 0,41 m<sup>3</sup> respectivement.

Parallèlement, nous pouvons noter la forte productivité des plantations de recrû aussi bien au bloc Kébé qu'à la Kienké-sud avec des volumes moyens par tige évalués à 0,59 m<sup>3</sup>, 0,57 m<sup>3</sup> et 0,72 m<sup>3</sup> pour les parcelles P741, P75 et P72 respectivement. Au vu des résultats qui précèdent, nous pouvons conclure que la méthode de recrû se présente comme la plus productive en termes de production ligneuse comparée à celle des grands layons.

#### 4.1.6 Construction des tarifs de cubage en plantation

##### ❖ Tarifs de peuplement par parcelle

Nous avons testé les quatre équations retenues au paragraphe 3.3.4.1, et la comparaison s'est effectuée sur les deux paramètres qui sont : le  $R^2$  et l'écart résiduel (ETR). D'après Cornell et Berger (1987), le modèle ajustant le mieux les données ou la meilleure équation est celui qui a le  $R^2$  le plus proche de 1, la valeur de l'ETR la moins élevée et donc, les coefficients constituant les modèles de tarifs sont significativement différents de zéro. Le tableau VII apprécie les quatre modèles (équations) de régression.

**Tableau VII** : Appréciation des quatre modèles de régression

Modèles parcelle	[M <sub>1</sub> ]			[M <sub>2</sub> ]			[M <sub>3</sub> ]			[M <sub>4</sub> ]		
	ddl	R <sup>2</sup>	ETR	ddl	R <sup>2</sup>	ETR	ddl	R <sup>2</sup>	ETR	ddl	R <sup>2</sup>	ETR
<b>P72</b>	29	0,99	0,72	30	0,98	0,99	<b>29</b>	<b>0,99</b>	<b>0,69</b>	29	0,98	0,94
<b>P75</b>	17	0,86	0,73	18	0,85	0,78	<b>17</b>	<b>0,86</b>	<b>0,72</b>	17	0,80	1,11
<b>P741</b>	<b>26</b>	<b>0,98</b>	<b>1,21</b>	27	0,90	5,81	26	0,97	1,30	26	0,98	1,34
<b>P745</b>	<b>29</b>	<b>0,86</b>	<b>0,92</b>	30	0,83	1,06	29	0,85	0,95	29	0,83	1,14
<b>P746</b>	<b>28</b>	<b>0,96</b>	<b>0,24</b>	29	0,93	0,41	28	0,95	0,32	28	0,94	0,44

L'analyse des données du tableau VII permet de retenir le modèle [M<sub>3</sub>] comme le meilleur pour les parcelles P72 et P75 et le modèle [M<sub>1</sub>] pour les parcelles P741, P745 et P746. Les équations et les paramètres statistiques des cinq tarifs de peuplement sont consignés dans le tableau VIII ci-après.

**Tableau VIII** : Tarif de peuplement par plantation

Parcelles	ddl	Tarif de peuplement	Paramètres statistiques	
			R <sup>2</sup>	ETR
P741 (Bloc Kébé)	26	$\ln V = -2,92 + 0,69 \cdot \ln(G \cdot H_o) + 0,21 \left(\frac{G}{A}\right)$	0,98	1,21
P745 (Bloc Kébé)	29	$\ln V = 0,50 + 1,38 \cdot \ln(G \cdot H_o) - 50,94 \left(\frac{G}{A}\right)$	0,86	0,92
P746 (Bloc Kébé)	28	$\ln V = 0,28 + 1,255 \cdot \ln(G \cdot H_o) - 68,26 \left(\frac{G}{A}\right)$	0,96	0,24
P72 (Kienké-sud)	29	$V = 0,01 \cdot G^{0,89} \cdot (H_o)^{0,69}$	0,99	0,69
P75 (Kienké-sud)	17	$V = 1,26 \cdot G^{0,98} \cdot (H_o)^{0,74}$	0,86	0,72

Le tableau VIII nous montre de façon générale qu'il existe une très forte relation entre la production ligneuse (V), la surface terrière, la hauteur moyenne ( $H_o$ ) et le rapport  $\left(\frac{G}{A}\right)$  pour les parcelles P741, P745 et P746. Dans les parcelles P72 et P75 la relation est forte entre le volume (V), la surface terrière (G) et La hauteur moyenne ( $H_o$ ).

#### ❖ Tarifs individuels pour chaque parcelle

Nous avons testé les quatre équations retenues plus haut et la comparaison s'est effectuée sur les deux paramètres qui sont : le R<sup>2</sup> et l'écart résiduel (ETR). D'après Cornell et Berger (1987), le modèle ajustant le mieux les données ou la meilleure équation est celui qui a le R<sup>2</sup> le plus

proche de 1, la valeur de l'ETR la moins élevée et donc les coefficients constituants les

modèles de tarifs sont significativement différent de zéro. Le tableau IX apprécie les trois modèles (équations) de régression.

**Tableau IX** : Appréciation des trois modèles de régression

Parcelles	[E <sub>1</sub> ]			[E <sub>2</sub> ]			[E <sub>3</sub> ]		
	ddl	R <sup>2</sup>	ETR	ddl	R <sup>2</sup>	ETR	ddl	R <sup>2</sup>	ETR
<b>P72</b>	329	0,85	0,058	<b>329</b>	<b>0,86</b>	<b>0,083</b>	328	0,86	0,083
<b>P75</b>	230	0,83	0,070	<b>230</b>	<b>0,83</b>	<b>0,069</b>	229	0,83	0,07
<b>P741</b>	261	0,70	0,15	261	0,69	0,152	<b>260</b>	<b>0,71</b>	<b>0,15</b>
<b>P745</b>	281	0,845	0,061	281	0,850	0,059	<b>280</b>	<b>0,86</b>	<b>0,056</b>
<b>P746</b>	263	0,84	0,043	263	0,85	0,041	<b>262</b>	<b>0,85</b>	<b>0,040</b>

L'analyse des données du tableau IX permet de retenir le modèle [E<sub>3</sub>] comme le meilleur pour les parcelles P741, P745 et P746 et le modèle [E<sub>2</sub>] pour les parcelles P72 et P75. Les équations et les paramètres statistiques des cinq tarifs individuels sont consignés dans le tableau X.

**Tableau X** : Tarif de cubage individuel par parcelle

Parcelles	ddl	Tarif de cubage	Paramètres statistiques	
			(R <sup>2</sup> )	(ETR)
<b>P741 (Bloc Kébé)</b>	<b>260</b>	<b><math>V = -0,39 + 0,03D + 0,0002D^2</math></b>	<b>0,71</b>	<b>0,15</b>
<b>P745 (Bloc Kébé)</b>	<b>280</b>	<b><math>V = -0,28 + 0,02D + 0,0005D^2</math></b>	<b>0,86</b>	<b>0,06</b>
<b>P746 (Bloc Kébé)</b>	<b>262</b>	<b><math>V = -0,20 + 0,01D + 0,0007D^2</math></b>	<b>0,85</b>	<b>0,04</b>
<b>P72 (Kienké-sud)</b>	<b>329</b>	<b><math>V = -0,11 + 0,0012D^2</math></b>	<b>0,86</b>	<b>0,08</b>
<b>P75 (Kienké-sud)</b>	<b>230</b>	<b><math>V = -0,07 + 0,0023D^2</math></b>	<b>0,83</b>	<b>0,07</b>

Le tableau X illustre qu'il existe une relation linéaire forte entre le carré du diamètre (D<sup>2</sup>) et le volume de la tige pour les tarifs des parcelles P73 et P75 avec un biais variant de 0,041 à 0,08 m<sup>3</sup>. Par contre, c'est le modèle quadratique qui exprime mieux la relation entre le volume et le Dhp.

#### 4.1.7 Construction des nouveaux tarifs en forêt naturelle

Le tableau XI montre les paramètres statistiques des trois modèles de régression, suivant les tarifs individuels, testés dans les différents sites. Le troisième site est purement théorique, car il est en réalité constitué des informations récoltées dans les sites de la GVI et celui de la CFC (GVI + CFC).

**Tableau XI** : Paramètres statistiques des trois modèles de régression

Paramètres	Sites								
	GVI			CFC			GVI + CFC		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>N</b>	60	60	60	142	142	142	202	202	202
<b>ddl</b>	58	58	57	140	140	139	200	200	199
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,653</b>	0,652	0,658	<b>0,736</b>	0,727	0,735	<b>0,711</b>	0,710	0,711
<b>ETR (m<sup>3</sup>)</b>	<b>2,152</b>	2,154	2,154	<b>2,108</b>	2,141	2,117	<b>2,155</b>	2,160	2,160

Au regard des résultats du tableau XI, nous constatons qu'il n'existe pas véritablement de différence entre les trois modèles de régression. Toutefois, une analyse des courbes de régression associées aux informations fournies par le tableau XI permet de retenir le modèle E<sub>1</sub> comme le meilleur pour les trois sites. Les équations proprement dites sont consignées dans le tableau XI ci-après.

**Tableau XII** : Nouveaux tarifs de cubage

Sites	N	Equations des tarifs
<b>GVI (UFA UFA 10.021)</b>	60	$V = 0.001516D^{1.933816}$
<b>CFC (UFA 10.001-2-3-4)</b>	142	$V = 0.000078D^{2.576462}$
<b>GVI + CFC (UFA 10.001-2-3-4 et 10.021)</b>	202	$V = 0.000236D^{2.335874}$

Le tableau XII nous montre que le modèle allométrique exprime mieux le volume sur écorce dans les différents sites. En relation avec les paramètres statistiques présentés au tableau X, nous constatons de façon générale que le volume est lié au diamètre par une forte corrélation dans tous les sites, respectivement de 65,3%, 73,6% et 71,1% pour la GVI, CFC et GVI + CFC.

#### 4.1.8 Test de validité des tarifs utilisés dans les différents sites

Le tableau XIII présente les paramètres statistiques issus des tests de validité des tarifs utilisés dans les UFA 10.001- 2-3-4 et 10.021.

**Tableau XIII** : Test de validité des tarifs utilisés

Sites	n	Ecart-Type	Erreur-Standard	$t_{observé}$	$t_{table}$
<b>GVI (UFA 10 021)</b>	31	0,497	0,089	-5,095	2,042
<b>CFC (10 001-2-3-4)</b>	81	0,140	0,015	-13,806	1,989
<b>GVI + CFC</b>	112	0,082	0,008	2,160	1,982

Où :  $t_{observé}$  : valeur de Student calculée à partir des mesures effectuées sur le terrain.

$t_{table}$  : Valeur de Student lue sur la table de Student à (n-1) degré de liberté.

ddl : degré de liberté.

Le tableau XIII nous montre que les valeurs de  $t$  observées dans les sites de la GVI et CFC sont inférieures à celles attendues obtenues à partir de la table de Student. Ainsi donc, l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) est retenue pour les sites GVI et CFC, et celle-ci est rejetée pour le site théorique. Autrement dit, il n'y a pas de différence significative entre les tarifs établis et ceux utilisés par le logiciel TIAMA dans les sites GVI et CFC. Ainsi, les tarifs actuels de ces deux sites peuvent être utilisés en toute quiétude. Le tarif du site théorique (G.V.I et CFC) est inutilisable en l'état.

#### 4.1.9 Estimation des valeurs commerciale et écologique des parcelles

##### ❖ Valeur commerciale des parcelles

Pour avoir une estimation de la valeur commerciale du potentiel ligneux des plantations, nous avons considéré un seul scénario de valorisation de la productivité des plantations. En clair, nous avons pensé à une exploitation du bois sous forme de débités. Dans ce cas de figure, nous avons fixé le diamètre minimum d'exploitation à 30 cm. Ce DME est fixé à 30 cm parce que les éclaircies concerneront en majorité les arbres de DME inférieur à 30 cm.

Le tableau XIV présente les volumes bruts calculés par la méthode Smalian, les volumes exploitables et la valeur commerciale de chaque parcelle.

**Tableau XIV** : Valeur commerciale de chaque parcelle

Parcelles	Volume exploitable (Ve en m <sup>3</sup> /ha)	Volume commercial (Vc = Ve × 0,5)	Valeur commerciale à l'ha. (Vc × prix FOB en FCFA)
<b>P741</b> (Bloc Kébé)	154,85	77,43	15 486 000
<b>P745</b> (Bloc Kébé)	61,36	30,68	6 136 000
<b>P746</b> (Bloc Kébé)	55,3	27,65	5 530 000
<b>P72</b> (Kienké-sud)	625,67	312,84	62 568 000
<b>P75</b> (Kienké-sud)	429,41	214,71	42 942 000
<b>Total</b>	<b>1326,59</b>	<b>663,30</b>	<b>132 662 000</b>

Prix F.O.B au port de Douala : 200 000 FCFA la tonne.

Le tableau XIV nous montre que les parcelles de recrû notamment la P741 (15 486 000 FCFA), la P72 (62 568 000 FCFA) et la P75 (42 942 000 FCFA) représentent à elles seules 91,21 % de la valeur commerciale de toutes les cinq parcelles.

Parallèlement, nous constatons également que les parcelles de grands layons notamment la P745 et la P746, présentent une très faible valeur commerciale à l'hectare comparé aux parcelles de recrû, avec respectivement 6 136 000 FCFA et 5 530 000 FCFA, pour un total de 11 666 000 FCFA. Au regard de ces résultats, nous pouvons conclure que la méthode de recrû présente une plus grande rentabilité économique comparée à celle des grands layons.

Somme toute, les cinq parcelles représentent un potentiel ligneux estimé à 132 662 000 FCFA pour une valeur commerciale moyenne évaluée à 26 532 400 FCFA par ha.

#### ❖ Valeur écologique des parcelles

Le tableau XV présente le volume de carbone et la valeur écologique de chaque plantation.

**Tableau XV**: Stock de carbone séquestré et valeur écologique des plantations.

Parcelles	N	Biomasse (t/ha)	Volume de CO <sub>2</sub> séquestré (t/ha)	Valeur écologique (F CFA)
<b>P741</b> (Bloc Kébé)	263	207117,37	97345,16	344 835 494,78
<b>P745</b> (Bloc Kébé)	283	134569,4	63247,62	224 048 369,09
<b>P746</b> (Bloc Kébé)	265	110490	51930,3	183 957894,72
<b>P72</b> (Kienké-sud)	331	188295,84	88499,05	313 499 034,72
<b>P75</b> (Kienké-sud)	232	103177	48493,65	171 783 905,76
<b>Total</b>	<b>1 374</b>	<b>743649,61</b>	<b>349514,32</b>	<b>1 238 124 699,07</b>

1 \$ USA= 432 FCFA (valeur du 10/11/2009)

Prix d'une tonne de carbone = 8.20 \$ USA soit 3542,4 F CFA.

Le tableau XV nous indique que la parcelle P741 de Deng-Deng enregistre le stock de carbone séquestré le plus élevé (97345,16 tC/ha) parallèlement, la parcelle P75, par contre affiche le taux de séquestration le plus bas (48493,65 tC/ha). Cette différence peut être attribuée à la densité. En outre, nous relevons dans l'ensemble que les parcelles de grands layons enregistrent des scores assez faibles soient notamment 63247,62 tC/ha et 51930,3 t pour les P745 et P746 respectivement. Ces résultats peuvent être attribués aux faibles taux de survie.

#### ❖ Comparaison des valeurs économiques et écologiques

Le tableau XVI nous présente une étude comparée des valeurs économique et écologique de chaque parcelle.

**Tableau XVI** : Comparaison des valeurs économiques et écologiques par parcelle.

Parcelles	Valeur écologique (FCFA)	Valeur commerciale (FCFA)	Ecart entre les deux valeurs (FCFA)
<b>P741</b>	344 835 494,78	15 486 000	<b>329 349 494,78</b>
<b>P745</b>	224 048 369,09	6 136 000	<b>217 912 369,09</b>
<b>P746</b>	183 957894,72	5 530 000	<b>178 427 894,72</b>
<b>P72</b>	313 499 034,72	62 568 000	<b>250 931 034,72</b>
<b>P75</b>	171 783 905,76	42 942 000	<b>128 841 905,76</b>
<b>Total</b>	<b>1 238 124 699,07</b>	<b>132 662 000</b>	<b>110 546 269,07</b>

Le tableau XVI nous indique de façon générale que la valeur écologique est en moyenne 9 fois plus importante que la valeur commerciale.

## 4.2 DISCUSSION

### 4.2.1 Structure diamétrique et diamètre moyen

Dans un peuplement où les arbres sont du même âge, les diamètres ne seront pas les mêmes en raison de la loi inexorable de la lutte pour la vie, et les dimensions se répartiront sensiblement suivant la loi de GAUSS, pour donner la représentation graphique d'une courbe en cloche, dont le sommet représentera l'arbre moyen (Viney et Chaintreuil, 1975).

Au regard des structures de distribution de l'ensemble des cinq parcelles, on constate qu'elles ont des formes très variées d'une part, et aussi qu'elles ne sont pas symétriques d'autre part. Cette variabilité dans les distributions traduit non seulement le caractère spécifique de chaque parcelle, mais également la grande disparité des diamètres autour de la moyenne à l'intérieur de chaque parcelle. En définitive, nous constatons que les cinq parcelles n'affichent pas les caractéristiques attendues, notamment ceux des peuplements équiennes comme c'est le cas ici. Ainsi, nous pouvons affirmer que ces parcelles ont connues des perturbations dues certainement à leur abandon.

#### **4.2.2 Accroissements diamétriques et surface terrière**

Globalement, on constate qu'il existe de grands écarts de croissance entre les tiges d'une même parcelle. En plus, on remarque également que les parcelles de recrû enregistrent les meilleures croissances en diamètre avec respectivement  $26,08 \pm 17,76$  cm,  $29,30 \pm 16,10$  cm et  $23,46 \pm 9,98$  cm pour les parcelles P741, P72 et P75. Ces performances peuvent être attribuées à la méthode sylvicole.

Dans la parcelle 741, l'Accroissement Moyen Annuel (AMA) constaté au cours des cinq premières années de plantation a baissé au cours de la période allant de 1979 à 2009. Il est passé de 1,40 cm/an à 0,75 cm/an soit une diminution de 45,85%. Dans la même période de 30 ans, le diamètre moyen a augmenté de 22,74 cm.

Les parcelles 745 et 746, enregistrent également des diminutions de leurs Accroissements Moyens Annuels passant de 1,16 cm à 0,36 cm pour la P745 et de 1,32 cm à 0,31 cm pour la P746. Soit des réductions respectives de 68,59% et 76,51%. Ces fortes baisses des Accroissements moyens peuvent traduire ici l'effet négatif de la forte mortalité enregistrée dans ces parcelles. En fait, nous constatons que l'augmentation naturelle de la grosseur avec l'âge, est voilée ou réduit dans les faits par la mortalité.

Dans la parcelle 72 de la Kienké-sud, le diamètre moyen est passé de 22,15 cm en 2005 à 29,30 cm en 2009. Soit une augmentation relative de 7,15 cm représentant 32.2% en quatre ans. Le bilan est également positif en termes d'Accroissement Moyen Annuel car ce dernier est passé de 0,69 cm à 0,81 cm.

Dans la parcelle 75, l'on enregistre également une augmentation du diamètre moyen qui passe de 21,30 cm/an en 2005 à 23,46 cm/an à 2009. Soit une augmentation de 10,14% en quatre ans. Par contre, on note une légère baisse de l'Accroissement Moyen Annuel qui passe de 0,71 cm/an à 0,69 cm/an.

Les différences que nous constatons dans les deux parcelles de la Kienké-sud peuvent être attribuées aux deux années qui séparent la mise en place de ces deux parcelles. En effet, nous constatons qu'en 2005 la parcelle 72 qui avait alors 33 années de vie enregistrait un diamètre moyen de 22.15 cm, en 2009, la parcelle 75 qui à 34 ans affiche un diamètre moyen de 23.46, soit une différence de 1,31 cm. Nous voulons à travers ces données ressortir la croissance similaire de ces deux parcelles dans le temps.

Somme toute, en l'absence d'une documentation précise sur la croissance de l'Assamela en plantation, il nous est difficile d'apprécier les performances de ces parcelles par rapport aux autres. Toutefois, nous pensons que les résultats enregistrés ici sont nettement inférieurs à la moyenne. Nous fondons notre argumentation en procédant à une comparaison de l'évolution des diamètres moyens entre la période qui a précédé la mise en place où, les parcelles ont bénéficié des traitements appropriés, à la période d'abandon. En effet, si la croissance amorcée au début à savoir 1,40 cm/an (Grison, 1979) avait été maintenue, et en considérant la diminution qui est fonction de l'augmentation de l'âge, les diamètres moyens 34, 35 ou 36 ans plus tard se situeraient dans l'intervalle [45 ; 50]. Autrement dit, le manque de traitements, notamment les éclaircies, a été une contrainte sérieuse pour la croissance en diamètre.

#### **4.2.3 Densité et taux de survie**

La densité est une notion très importante car elle conditionne la croissance en diamètre. Lors de la mise en place, on envisageait au travers des éclaircies, de supprimer deux arbres sur trois (Grison, 1979). Ceci ramènerait les densités pour les grands layons à 74 tiges/ha pour la parcelle 745 contre les 142 tiges/ha actuelles et à 56 tiges/ha pour la 746 contre la densité actuelle qui est de 133 tiges/ha. De même, la densité de la parcelle 741 devrait en fin de compte avoir une densité de 125 tiges/ha, par contre elle a une densité actuelle de 263 tiges/ha. Au regard des informations ci-dessus, nous concluons que les densités actuelles des parcelles demeurent encore très élevées.

Les taux de survie sont dans l'ensemble au dessus de la moyenne, avec 53,34% pour la P741, 55,57% pour la P745, 69,20% pour la P746, 78,35% pour la P72 et 91,76% pour la

P75. Toutefois, seules les parcelles de recrû ont une bonne croissance en diamètre malgré leurs taux de survie encore élevé.

#### 4.2.4 Surfaces terrières et volumes

Les parcelles de recrû la P741 (35 ans), la P72 (37 ans) et la P75 (34 ans) ont des surfaces terrières supérieures à 20 m<sup>2</sup> et des volumes supérieurs à 150 m<sup>3</sup> avec 21,27 m<sup>2</sup> pour 154,85 m<sup>3</sup>, 58,46 m<sup>2</sup> pour 625,67 m<sup>3</sup> et 32,78 m<sup>2</sup> pour 429,41 m<sup>3</sup> respectivement. Il est difficile pour nous de discuter de ses performances en comparaison à d'autres résultats enregistrés en zone équatoriale en raison du fait que la sylviculture de l'Assamela en plantation n'a pas fait l'objet d'autres essais en Afrique équatoriale. Cependant, Leroy-Deval (1976) cité par Owona Ndongo *et al.* (2005), rapportent qu'au Gabon, l'Okoumé en plantation avec 1400 tiges à l'hectare peut atteindre 30 m<sup>2</sup> de surface terrière et une production annuelle moyenne de 25 m<sup>3</sup>/ha à 10 ans. Etant bien entendu que la croissance de l'Okoumé et celle de l'Assamela ne soient pas forcément identique, nous pouvons dire, au regard de ces résultats que les performances des parcelles de recrû sont nettement bien meilleures que celles de l'Okoumé malgré l'absence des traitements sylvicoles.

Concernant les parcelles des grands layons, avec notamment la P745 qui a une surface terrière de 3,72 m<sup>2</sup> pour une production de 61,36 m<sup>3</sup> et la P746 avec 2,63 m<sup>2</sup> pour une production de 55,3 m<sup>3</sup>, les performances sont par contre très faibles. Plusieurs raisons peuvent être à l'origine de mauvais résultats, entre autre l'abandon des parcelles, c'est-à-dire l'absence des traitements, la méthode sylvicole et la station c'est-à-dire la qualité des sols. Mais entre toutes, les raisons les plus plausibles à notre humble avis sont d'abord la méthode sylvicole (grands layons) parce qu'elle utilise beaucoup d'espace et par conséquent très peu de tiges à l'hectare, et ensuite le manque de traitement notamment les éclaircies qui par leur absence n'ont pas accentuées la croissance en diamètre.

#### 4.2.5 Test de validité des tarifs ONADEF

Les tarifs de cubage individuel nouvellement construits ne présentent pas de différences significatives avec ceux établis par l'ONADEF et actuellement disponibles dans les programmes du logiciel de Traitement des Inventaires Appliqués à la Modélisation des Aménagements (TIAMA), et utilisé par le Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF). Par conséquent, les tarifs de cubage utilisés par les sociétés GVI et CFC sont encore d'actualité.

Par contre, le tarif issu du mélange des données dans les deux sites présente des différences significatives avec le tarif ONADEF. Concernant particulièrement le cas spécifique des UFA 10.001-2-3-4, nos résultats sont en totale contradiction avec ceux de Nguend (2005). Cette différence peut être attribuée certes, au logiciel statistique utilisé et au nombre d'arbres cubés, mais, elle pose surtout la problématique des tarifs de cubage établis à partir des arbres cubés sur pied. Ainsi, nous pensons que la construction des tarifs de cubage doit associer les deux méthodologies c'est-à-dire cuber les arbres sur pied et cuber les mêmes arbres abattus.

#### **4.2.6 Les valeurs économique et écologique des plantations à Assamela**

Une trentaine d'années après leur mise en place, les cinq hectares de plantation ont une valeur économique de 132 662 000 FCFA, et une valeur écologique estimée à 1 238 124 699,07 FCFA, soit un total de 1 370 786 699,07 FCFA. Par suite, nous déduisons qu'un hectare d'Assamela à 35 ans vaut en moyenne 274 157 339,81 FCFA. Si nous comparons ces chiffres à ceux d'une forêt communautaire dont le revenu générés par l'exploitation forestière s'élèvent à 35 742 000 FCFA au bout de cinq ans (Asdebym, 2007), nous pouvons dire que malgré le manque de suivi dont elles ont été victimes, les parcelles d'Assamela sont économiquement rentables et se présentent comme une alternative intéressante en termes de production de la matière ligneuse et de lutte contre le réchauffement planétaire.

En outre, nous constatons qu'il existe un écart important entre la valeur écologique et la valeur commerciale. Cette différence nous amène à dire que les parcelles d'Assamela sont aujourd'hui d'une importance capitale pour le Cameroun et le monde sur le triple plan environnemental, économique et scientifique.

## **CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

### **5.1 Conclusion**

Notre étude avait pour objectifs spécifiques premièrement de faire un inventaire complet dans chaque parcelle, et ressortir les paramètres dendrométriques spécifiques et d'estimer la productivité de chaque parcelle, deuxièmement d'estimer le taux de séquestration des parcelles de *Pericopsis elata*, troisièmement d'établir des tarifs de cubage pour chaque

parcelle, et des tarifs de cubage en forêt naturelle et les valider et quatrièmement d'estimer les valeurs économiques et écologiques des parcelles.

Au terme de nos travaux, nous relevons en ce qui concerne le premier point que, les parcelles de *Pericopsis elata* mises en place dans les réserves de Deng-Deng et de la Kienké-sud sont dans un état sanitaire appréciable.

Les accroissements en diamètre dans toutes les parcelles ne sont pas à leur meilleure performance en général, mais encore moins intéressants dans les parcelles de grands layons que celles de recrû.

Les structures diamétriques de toutes les parcelles en général s'écartent de celles observées dans les peuplements dits équiennes comme c'est le cas.

Le bilan de l'évolution de la surface terrière dans toutes les parcelles est très positif, cependant, il faut préciser que les surfaces terrières des parcelles de grands layons sont jusque-là très petites. Les densités quant à elles demeurent encore très élevées dans l'ensemble des cinq parcelles.

Une trentaine d'années après leur mise en place, les plantations d'Assamela ont une production fort appréciable, avec une production moyenne de 403,31 m<sup>3</sup>/ha pour les parcelles de recrû et 58,33 m<sup>3</sup>/ha pour les parcelles de grands layons. Toutefois, comme le démontre ces résultats, les parcelles de grands layons présentent une fois de plus de grandes différences comparées à celles du recrû.

En conclusion, pour ce premier objectif, nous disons que concernant les paramètres dendrométriques, les cinq parcelles d'Assamela dans lesquelles nous avons travaillé laissent entrevoir de très bonne performance et une excellente rentabilité économique, mais à condition qu'une véritable reprise en main soit effectuée.

Concernant le second objectif, nous relevons que grâce aux formules mises en place par Browns (1997), les parcelles d'Assamela séquestrent pas moins de 6 990 t de carbone à l'hectare, soit un total estimé à plus de 34 951,32 t. En outre, les valeurs commerciale et écologique des cinq parcelles sont estimées à 1 370 786 699,07 FCFA.

Quant à notre troisième objectif, et particulièrement la construction des tarifs de cubage en parcelle, nous avons à partir des inventaires en plein effectué dans chaque parcelle, établis des tarifs de peuplement d'une part et des tarifs individuels pour chaque parcelle. Concernant les tarifs de peuplement, le modèle [M<sub>1</sub>] a été retenu pour les parcelles P741, P745 et P746 de Deng-Deng, alors que le modèle [M<sub>3</sub>] a été retenu pour les parcelles P72 et

P75 de Bidou. Quant aux tarifs individuels, le modèle [E<sub>3</sub>] a été retenu pour les parcelles P7471, P745 et P746, tandis que le modèle [E<sub>2</sub>] était retenu pour les parcelles P72 et P75.

En forêt naturelle, nous avons cubé 202 arbres au total pour les deux sites et nous avons élaboré un tarif de cubage pour chaque site.

La comparaison des tarifs construits à ceux utilisés ou réalisés lors de la deuxième phase de l'inventaire national révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre ceux-ci. Autrement dit, les tarifs introduits dans les programmes du logiciel TIAMA sont encore valides.

## 5.2 Recommandations

Au regard des résultats issus de notre étude, nous suggérons :

- 1- Qu'une réhabilitation, c'est-à-dire une véritable reprise en main des plantations forestières en général et celles de *Pericopsis elata* en particulier, soit effective avec pratiquement la rédaction d'un plan simple de gestion de chaque parcelle ;
- 2- Que la composante écologique (séquestration de carbone) soit véritablement pris en compte dans l'élaboration des différents plans de gestion ;
- 3- Que ces plantations soient sécurisées afin de garantir le potentiel ligneux déjà en place et surtout de l'améliorer considérablement au moyen des interventions telles que les élagages et les éclaircies.

A propos des éclaircies, nous proposons que la première soit légère, systématique et mixte (voir annexe 10). Car un dégagement trop brutal d'un arbre peut avoir des conséquences fâcheuses (descente de cimes, coup de soleil etc....) et être à l'origine d'un ralentissement de l'accroissement. (Viney et Chaintreuil, 1975).

4- Que d'autres collectes de données plus représentatives soient faites dans les différents sites étudiés afin d'améliorer la précision des tarifs actuels en forêt naturelle ;

- 5- Que la présente étude soit étendue sur d'autres aires naturelles d'Assamela d'une part, et que la méthode construction des nouveaux tarifs associe simultanément le cubage sur pied et le cubage des mêmes arbres abattus d'autre part.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**ALDER, D.** 1980. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers.

Volume

2 : Etude et prévision de la production, Forêts 22/2. FAO, Rome. 229p.

**ANONYME.** 2006. Les grandes conventions internationales. 18p.

**ANONYME.** 2008. Proposition d'activités à l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT)/projet gestion durable de l'Assamela dans le bassin du Congo.

16p.

- ARRETE 0222/A/MINEF.** 2001. Fixant les procédures d'élaboration d'approbation, de suivi et de contrôle de la mise en œuvre des plans d'aménagement des forêts de production du domaine forestier permanent. 12p.
- ASDEBYM** 2007. Plan simple de gestion de la forêt communautaire de l'Association pour la solidarité et le développement équilibré des BAKA de MAMBELE et YENGA. 35p.
- ATAYI-AGBOBLY, A.** 1986. Etude du comportement du Dibetou (*Lovoa trichilioides*) en plantation dans quelques stations au Cameroun. Mémoire de fin d'étude. Centre Universitaire de Dschang. ENSA. 58p.
- AVERY, T.E. et BURKHART, H.E.** 1983. Forest measurement. 3<sup>rd</sup> edition, Mc Graw-hill Book Company, New-York. 331p.
- BETTI, J.L.** 2009. Non-detriment findings report on *Pericopsis elata* (Fabaceae) in Cameroon. Rapport sur l'exploitation de l'Assamela pour l'OIBT. 59p.
- BETTI, J.L. et BOBO, K.S.** 2007. Illegal sawnwood in the East province of Cameroon an analysis of the economic behind illegal sawnwood trade. ITTO Tropical Forest Update, 17/3 : 3-5.
- BOURLAND, N.** 2008. Quelques éléments de synthèse sur l'écologie de *Pericopsis elata* au Sud-est du Cameroun. Travail présenté à l'atelier OIBT/CITES dans le cadre du projet : s'assurer que le commerce international du bois de *Pericopsis elata* (Afromosia ou Assamela) n'est pas préjudiciable à sa conservation. 6p.
- BROWN. S.,** 1997, Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO, forestry paper. Rome, Italy. 134p.
- CAILLEZ, F. et BLANC, N.** 1979. Description du programme de calcul des tarifs de cubage d'arbres. Note statistique. N° 17, CTFT.
- CENADEFOR-CTFT** 1983. Inventaire des ressources forestières du Sud-Cameroun (1<sup>ère</sup> tranche), Centre National de Développement des Forêts (CENADEFOR) et Centre Technique Forestier Tropical (CTFT). CTFT, 45bis, avenue de la belle Gabrielle, 94 130, Nogent-sur -Marne, France.
- CENADEFOR-CTFT** 1985. Inventaire des ressources forestières du Sud-Cameroun (2<sup>ième</sup> tranche), Centre National de Développement des Forêts (CENADEFOR) et Centre

Technique Forestier Tropical (CTFT). CTFT, Département Forestier du CIRAD, 45 bis avenue de la belle Gabrielle, 94 736 Nogent-sur-Marne, CEDEX, France.

**CFC 2002.** Plan d'aménagement de l'UFA 10 001-2-3-4. Compagnie Forestière du Cameroun. Douala-Cameroun.

**CORNELL, J.A et BERGER, R.D.** 1987. Factors that influence the value of the coefficient of determination in simple linear regression models. *Phytopatology* 77: 63-71.

**DAGNELIE, P.** 1973. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. 2<sup>e</sup> édition, volume 1. Presses agronomiques de Gembloux, France. 278p.

**DAGNELIE, P.** 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Presses agronomiques de Gembloux, France. 362p.

**DRAPER, N. et SMITH, H.** 1966. Applied regression analysis. J. Wiley, New-York. 407p.

**Décret N° 2005/0239/PM** du 26 janvier 2005 portant classement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10 001.

**Décret N° 2005/0240/PM** du 26 janvier 2005 portant classement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10 002.

**Décret N° 2005/0241/PM** du 26 janvier 2005 portant classement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10 003.

**Décret N° 2005/0242/PM** du 26 janvier 2005 portant classement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10 004.

**Décret N° 2005/0254/PM** du 26 janvier 2005 portant classement de l'UFA 10 021.

**Décret N° 96/076/PM** du 1<sup>er</sup> mars 1996 portant classement de l'UFA 10 001-2-3-4.

**DUPLAT, P. et TRAN-HA, M.** 1974. Tarif de cubage pour l'estimation des sapins et des espèces dans les alpes du Nord. Bulletin Technique national des forêts 6. Pp 3-18.

**ENGBWEM, L.** 1987. Comportement de l'Assamela dans la réserve forestière de Kienké-sud. Rapport de stage pré-optionnel, Centre Universitaire de Dschang. Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie. 38p.

- ETOGA, G.E.M.** 1991. Etude du prix de revient des opérations de transport de grumes dans une société d'exploitation forestière : cas de la SOFIBEL. Mémoire de fin d'étude. Centre Universitaire de Dschang. INADER-Cameroun. 109p.
- EYONO OWOUNDI, R.** 1986. Validité actuelle des tarifs de cubage établis par le C.T.F.T. dans le massif forestier de Deng-Deng pour quelques essences. (Sapelli, Ayous, Fraké). Mémoire de fin d'études. Centre Universitaire de Dschang. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. 66p.
- FAO.** 2009. Rapport final de l'inventaire national version février 2006.
- FERY, B., MATHIEU, Y.N. et PERTICOZ, B.** 1987. Dendrométrie, Centre national de Formation Forestier (CNFF) de l'Office National des Forêts. Velaine-en-Haye. 33p + annexes.
- FONWEBAN, J.N. et HOULLIER, F.** 1987. Eucalyptus saligna au Cameroun. Tarif de peuplement et modèle de production.
- GERRARD, D.J.** 1966. The construction of standard tree volume tables by weighted multiple regression. Research report 6, 35p. University of Toronto. Faculty of Forestry. Department of lands and forests.
- GRISON, F.** 1979. Les plantations d'Assamela (*Pericopsis elata*) en forêt semi-décidue Camerounaise. Centre de Recherches Forestières. Programme centre et Est. 16p. + annexes.
- GTZ.** 2008, Gouvernance des forêts dans un monde en évolution rapide ; renforcement des capacités par la GTZ. Eschborn, 54p.
- GVI.** 2005. Plan d'aménagement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10 021. Green Valley Incorporation. Douala-Cameroun.
- LE PETIT ROBERT.** 2009. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française Le Petit Robert. Nouvelle version (Version 3.2). Version électronique.
- LETOUZEY, R.** 1985. Notice de la carte phytogéographique du Cameroun. Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse-France.

- LOETSH, F.** 1961. Preparation of inventories of tropical plantations. Application of the mean tree tariffs. *Unasyuva* 15: 125-131.
- MINEF.** 1995. Décret N° 95/678/PM du 23 Août 1995 fixant les modalités d'application du régime des forêts. MINEF, Cameroun. 68p.
- MOBY, E.P., MORIN, S., MULLER, J. et GAVAUD, M.** 1979. Atlas de la République Unie du Cameroun. Edition jeune Afrique. Paris-France. 72p.
- NGUEND, T.M.** 2008. Test de validité des tarifs de cubage de la Compagnie Forestière du Cameroun (CFC) pour trois essences : *Entandrophragma cylindricum*, *Erythrophleum ivorense* et *Pericopsis elata* dans l'UFA 10-001-2-3-4. Mémoire de fin d'études. Uds. FASA. 50p + annexes.
- NZOTEU, N.** 2000. Dendrométrie, (3<sup>e</sup> édition), ENEF, Mbalmayo. 71p.
- OIBT 2006**, Actualités des Forêts Tropicales (édition spéciale). Situation de l'aménagement des forêts tropicales en 2005 : Résumé analytique. 36p.
- OIBT 2008**, Actualités des Forêts Tropicales. 16/3. 16p.
- ONADEF** 1991. Inventaire d'aménagement de la forêt de Kienké-sud. Ministère d'agriculture. Yaoundé-Cameroun.
- ONADEF** 1992. Normes d'étude d'arbres. Direction des forêts, MINEF. Yaoundé, Cameroun. 20p + annexes.
- OTOUL, C., et RONDEUX, J.** 1988. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un micro ordinateur. *Revue forestière Fr.* 40 : 41-48.
- OWONA NDONGO, P-A., PELTIER, R., LINJOUOM, I., LOUPPE, D., SMEKTALA, G., BELIGNE, V., TIECHE, B. et TEMGOUA, L.** 2008. Plantations de bois d'œuvre en zone équatoriale Africaine : cas de l'arboretum de l'ENEF de Mbalmayo au Sud du Cameroun. *Bois et Forêts des tropiques* 299 : 37-48.
- PALM, R. et RONDEUX, J.** 1976. À propos de deux problèmes rencontrés dans la construction des tarifs de cubage. Le choix des équations de régression à l'échantillonnage des arbres. *Bulletin de Recherche Agronomiques, Gembloux* 11 : 243-258.

- PARDE, J. et BOUCHON, J.** 1988. Dendrométrie. (2<sup>e</sup> édition) ENGREF, Nancy. 328p.
- RONDEUX, J.** 1993b. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique. 521p.
- RONDEUX, J.** 1998. Principes de construction des tarifs de cubage mathématiques et de traitements automatiques d'observations dendrométriques Bulletin Sciences et Recherches Forestières, Belgique 80 : 165-185.
- TCHANOU, Z.** 1983. Cours de dendrométrie. Centre Universitaire de Dschang, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), Dschang. 41p.
- TCHANOU, Z.** 1983. Cours d'écologie générale. Centre Universitaire de Dschang, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), Dschang. 41p.
- VINEY, R. et CHAINTREUIL, A.** 1975. Cours d'aménagement. Tome I- généralités. Uds. FASA.
- VIVIEN, J. et FAURE, J.J.** 1985. Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. Ministère des relations extérieures, de la coopération et développement-ACCT, Paris. 551p.



**ANNEXES**

## ANNEXE 1: Tarif de peuplement de la parcelle 745 du bloc kébé

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual	SS	a	b	c
1	611,5017130	,000000000	,000000000	,000000000	,000000000
1.1	194,6694302	3,60915625	,000000000	,000000000	,000000000
2	194,6694302	3,60915625	,000000000	,000000000	,000000000
2.1	78,06259406	1,17881177	,832333757	,180553109	
3	78,06259406	1,17881177	,832333757	,180553109	
3.1	33,47503963	,863496207	,977299257	,056314214	
4	33,47503963	,863496207	,977299257	,056314214	
4.1	33,17160149	,825952620	,940717797	,019253545	
5	33,17160149	,825952620	,940717797	,019253545	
5.1	33,16682783	,856105711	,945074324	,035297562	
6	33,16682783	,856105711	,945074324	,035297562	
6.1	33,16641409	,854357586	,943795987	,033382374	
7	33,16641409	,854357586	,943795987	,033382374	
7.1	33,16640727	,855353122	,943997451	,033948467	
8	33,16640727	,855353122	,943997451	,033948467	
8.1	33,16640700	,855227236	,943949112	,033859540	
9	33,16640700	,855227236	,943949112	,033859540	
9.1	33,16640699	,855263207	,943957753	,033881015	

Run stopped after 18 model evaluations and 9 derivative evaluations.  
Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSSCON = 1,000E-08

### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	578,33531	192,77844
Residual	29	33,16641	1,14367
Uncorrected Total	32	611,50171	
(Corrected Total)	31	194,66943	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,82963

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	,855263207	,573811035	-,318312131	2,028838546
b	,943957753	,098924797	,741633826	1,146281681
c	,033881015	,248176870	-,473697676	,541459706

### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	-,0290	,9525
b	-,0290	1,0000	,2699
c	,9525	,2699	1,0000

## ANNEXE 2: Tarif de peuplement de la parcelle 746 du bloc kébé

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b	c
1	567,0862580	,000000000	,000000000	-1,0000000
1.1	203,9841234	,308900435	,000000000	-1,0000000
2	203,9841234	,308900435	,000000000	-1,0000000
2.1	78,26411644	,367676943	1,12673222	-,41118340
3	78,26411644	,367676943	1,12673222	-,41118340
3.1	12,70451310	,434295548	,979902721	-,34889460
4	12,70451310	,434295548	,979902721	-,34889460
4.1	12,25166484	,502356278	,950813196	-,29562114
5	12,25166484	,502356278	,950813196	-,29562114
5.1	12,18763359	,518174884	,950692462	-,28699510
6	12,18763359	,518174884	,950692462	-,28699510
6.1	12,18752207	,518582202	,950426962	-,28704956
7	12,18752207	,518582202	,950426962	-,28704956
7.1	12,18752193	,518646629	,950447455	-,28698154
8	12,18752193	,518646629	,950447455	-,28698154
8.1	12,18752192	,518643686	,950443843	-,28698672

Run stopped after 16 model evaluations and 8 derivative evaluations.  
 Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSCON = 1,000E-08

### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	554,89874	184,96625
Residual	28	12,18752	,43527
Uncorrected Total	31	567,08626	
(Corrected Total)	30	188,04992	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,93519

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	,518643686	,202775021	,103277885	,934009487
b	,950443843	,052495805	,842911060	1,057976625
c	-,286986723	,154829226	-,604140015	,030166569

### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	-,3429	,9667
b	-,3429	1,0000	-,1018
c	,9667	-,1018	1,0000

### ANNEXE 3: Tarif de peuplement de la parcelle 72 de la Kienké-sud

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b	c
31	27,51799658	,397189371	,920934035	,311643719
31.1	27,51799658	,397192209	,920934238	,311645649

Run stopped after 67 model evaluations and 31 derivative evaluations.  
 Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSSCON = 1,000E-08

#### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	4509,66967	1503,22322
Residual	29	27,51800	,94890
Uncorrected Total	32	4537,18767	
(Corrected Total)	31	2581,24916	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,98934

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	,397192209	,243111711	-,100027068	,894411487
b	,920934238	,022445964	,875027088	,966841388
c	,311645649	,162707316	-,021128177	,644419475

#### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	,6913	,9900
b	,6913	1,0000	,7855
c	,9900	,7855	1,0000

#### ANNEXES 4: Tarif de peuplement de la parcelle 75 de la kienké-sud

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b	c
1	22536,57561	15,0000000	-2,0000000	-2,0000000
1.1	2095,112944	8,11176971	-1,4905469	-1,6485300
2	2095,112944	8,11176971	-1,4905469	-1,6485300
2.1	274,2042257	9,63888062	-,36128267	-,82151681
3	274,2042257	9,63888062	-,36128267	-,82151681
3.1	33,60975242	10,7966425	,584912879	-,03704454
4	33,60975242	10,7966425	,584912879	-,03704454
4.1	18,92166983	10,2884883	,899550102	,238984084
5	18,92166983	10,2884883	,899550102	,238984084
5.1	18,79026294	10,1738672	,932930023	,273945355
6	18,79026294	10,1738672	,932930023	,273945355
6.1	18,79019530	10,1638265	,932275105	,274643866
7	18,79019530	10,1638265	,932275105	,274643866
7.1	18,79019515	10,1634072	,932275918	,274697914

Run stopped after 14 model evaluations and 7 derivative evaluations.  
 Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSSCON = 1,000E-08

#### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	805,84238	268,61413
Residual	17	18,79020	1,10531
Uncorrected Total	20	824,63257	
(Corrected Total)	19	90,23329	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,79176

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	10,163407218	1,372003245	7,268733399	13,058081038
b	,932275918	,133288025	,651062766	1,213489069
c	,274697914	,153162704	-,048447144	,597842972

#### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	,4280	-,7351
b	,4280	1,0000	,2370
c	-,7351	,2370	1,0000

## ANNEXE 5: Tarif de cubage de la parcelle 741 du bloc kébé

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b	c
1	17551452,42	10,0000000	-3,0000000	-5,0000000
1.1	21194,72730	,336691945	-2,9757527	-4,9162358
2	21194,72730	,336691945	-2,9757527	-4,9162358
2.1	5234,916074	,345997313	-2,2340994	-2,3478929
3	5234,916074	,345997313	-2,2340994	-2,3478929
3.1	3041,430135	,668228370	-,94110688	1,71351294
4	3041,430135	,668228370	-,94110688	1,71351294
4.1	2047,685060	2,50948500	,305240131	-,08223111
5	2047,685060	2,50948500	,305240131	-,08223111
5.1	94996,16274	10,9922056	2,83007083	-,00729276
5.2	967,8995425	8,11664849	,459116773	,271814494
6	967,8995425	8,11664849	,459116773	,271814494
6.1	177,0502922	10,3352512	,961478132	-,02231695
7	177,0502922	10,3352512	,961478132	-,02231695
11.1	34,84002660	8,19085471	1,29619653	,213399710

### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	2793,71827	931,23942
Residual	26	34,84003	1,34000
Uncorrected Total	29	2828,55830	
(Corrected Total)	28	1687,73168	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,97936

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	8,190854710	,586708934	6,984857224	9,396852197
b	1,296196533	,039235135	1,215547559	1,376845508
c	,213399710	,106552241	-,005621559	,432420978

### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	-,7861	-,8894
b	-,7861	1,0000	,5699
c	-,8894	,5699	1,0000

## ANNEXE 6: Tarif de cubage de l'UFA 10.001-2-3-4 de la CFC

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b	c
1	27173,41324	-7,0000000	,000000000	,000000000
1.1	623,4969139	2,30878052	-,10516200	,001933101
2	623,4969139	2,30878052	-,10516200	,001933101

Run stopped after 3 model evaluations and 2 derivative evaluations.  
 Iterations have been stopped because the magnitude of the largest correlation between the residuals and any derivative column is at most  $RCON = 1,000E-08$

### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	7226,71033	2408,90344
Residual	139	623,49691	4,48559
Uncorrected Total	142	7850,20724	
(Corrected Total)	141	2356,59128	

R squared =  $1 - \text{Residual SS} / \text{Corrected SS} = ,73542$

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	2,308780522	1,789354551	-1,229091437	5,846652480
b	-,105161996	,051328699	-,206647957	-,003676035
c	,001933101	,000355953	,001229319	,002636883

### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b	c
a	1,0000	-,9718	,9196
b	-,9718	1,0000	-,9846
c	,9196	-,9846	1,0000

## ANNEXE 7: TARIF DE CUBAGE DE L'UFA 10.021 DE LA GVI

All the derivatives will be calculated numerically.

Iteration	Residual SS	a	b
1	4304,995642	,000000000	1,00000000
1.1	385,6237626	,097950670	1,00000000
2	385,6237626	,097950670	1,00000000
2.1	29136,96490	-,04039374	1,31803924
2.2	377,8379282	,084275034	1,03216805
3	377,8379282	,084275034	1,03216805
21.1	268,8117893	,001512316	1,93448041
22	268,8117893	,001512316	1,93448041
22.1	268,8110972	,001516452	1,93378577
23	268,8110972	,001516452	1,93378577
23.1	268,8110971	,001516247	1,93381657

Run stopped after 49 model evaluations and 23 derivative evaluations.  
 Iterations have been stopped because the relative reduction between successive residual sums of squares is at most SSSCON = 1,000E-08

### Nonlinear Regression Summary Statistics      Dependent Variable Volume

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	4036,18455	2018,09227
Residual	58	268,81110	4,63467
Uncorrected Total	60	4304,99564	
(Corrected Total)	59	774,80670	

R squared = 1 - Residual SS / Corrected SS = ,65306

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	,001516247	,001340979	-,001168015	,004200509
b	1,933816566	,195981087	1,541517797	2,326115335

### Asymptotic Correlation Matrix of the Parameter Estimates

	a	b
a	1,0000	-,9993
b	-,9993	1,0000



## ANNEXE 9 : FICHE DE CUBAGE DES ARBRES EN FORET NATURELLE

Date.....

UFA.....

Concessionnaire.....

AAC.....

Nom du Stagiaire.....

Bloc	N° de L'arbre	Pente en (%)							Diamètre eu UR					$\alpha$	ds	dh	Dhp
		$P_s$	$P_a$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_u$	$P_t$	$D_a$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_u$				

### Légende :

$P_s$  = Pente au sol

$P_a$  = Pente 0 hauteur d'abattage

$P_1, \dots, P_3$  = Pente à hauteur visible.

$P_u$  = Pente à hauteur utilisable

$P_t$  = Pente à hauteur totale

dh = distance horizontale

$D_a$  = diamètre à hauteur utilisable

$D_1, \dots, D_3$  = diamètre à hauteur visible

$D_u$  = diamètre utilisable

$\alpha$  = pente du terrain

ds = Distance de stationnement

Dhp = diamètre à hauteur de poitrine

**ANNEXE 10** : Nombre d'arbre à supprimer par parcelle au cours de la première éclaircie.

<b>Plantations</b>	<b>Densité actuelle (tiges)</b>	<b>Nombre de tiges à supprimer</b>	<b>Densité après éclaircie (tiges/ha)</b>	<b>Volume des tiges à supprimer (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume restant (m<sup>3</sup>)</b>
<b>P741 (Bloc Kébé)</b>	263	<b>43</b>	218	6,14 ± 0,39	188,25 ± 0,46
<b>P745 (Bloc Kébé)</b>	142	<b>56</b>	114	1,75 ± 0,02	120,97 ± 0,67
<b>P746 (Bloc Kébé)</b>	133	<b>46</b>	110	4,53 ± 0,25	106,05 ± 0,55
<b>P72 (Kienké-sud)</b>	871	<b>47</b>	750	25,13 ± 0,97	287,6 ± 2,93
<b>P75 (Kienké-sud)</b>	765	<b>50</b>	582	7,70 ± 0,33	123,88 ± 0,66
<b>TOTAL</b>		<b>242</b>		<b>45,25 ± 1,96</b>	<b>826,75 ± 5,27</b>