

**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
**Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables**  
**(F.G.R.N.R)**



BP 2012 Kisangani

Département de Gestion des Ressources Naturelles, Option: Eaux et Forêts

**Elaboration du tarif de cubage et de biomasse pour l'espèce**  
***Guarea thompsonii* Sprague & Hutch. Dans la réserve forestière**  
**de Yoko (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo)**

Par

**Patience KASANGE KASONGO**

**Travail de fin d'études**

Présenté et défendu en vue de l'obtention du Grade  
d'Ingénieur en Sciences Agronomiques

Option: Eaux et Forêts

**Directeur: Dr. Roger KATUSI LOMALISA**

**Encadreur: CT Thierry KAHINDO MALIRO**

**ANNEE ACADEMIQUE 2015-2016**

## DEDICACE

A Dieu Tout-Puissant, le créateur du ciel et de la terre pour ton amour infini à notre égard ;

A mes parents Prince KASONGO EBONDO et Marie KOMBA BOTULUKESI ;

A toute la famille KASONGO ;

Je dédie ce travail, fruit de notre endurance et notre persévérance.

Patience KasangeKasongo

## REMERCIEMENTS

A l'éternel Dieu Tout Puissant « maître de temps et de circonstance » qui nous a donné la vie durant cette carrière académique et voilà aujourd'hui nous sommes arrivé à la fin malgré les multiples difficultés rencontrés, il était toujours avec nous, nous disons ainsi grand merci.

Nos remerciements s'adressent aux Corps Académiques, Scientifiques et Administratifs de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables (FGRNR/ UNIKIS), qui sans cesse continuent d'organiser et de soutenir la formation au sein de la dite Faculté en vue de façonner davantage les cadres intellectuels de demain.

Ainsi, nos remerciements s'adressent au Directeur du travail, Dr Roger KATUSI LOMALISA et à notre encadreur le Chef de travaux Thierry KAHINDO MALIRO, qui, en dépit de leurs tâches et multiples occupations, ont bien accepté d'assurer le cheminement de cette œuvre.

Que nos parents retrouvent ici l'expression de notre profonde gratitude pour tous les sacrifices et privations consentis en vue de faire de nous une personne utile à la société.

A toute la famille KASONGO pour leur affection envers nous et cette dernière nous restera inoubliable.

Nous ne saurons pas taire nos sentiments de gratitude aux chefs de travaux Freddy Robert OKANGOLA, Théophile KADANGE NGONGO ainsi qu'à notre vice doyen chargé de l'enseignement Prof Jean-Pierre MUKANDAMA NDOLANDOLA pour ses remarques, conseils, aides, tous nous resteront graver dans la mémoire.

Notre reconnaissance s'adresse à Papa Crispin KAMA, Jacques MUKONKOLE, Barthélemy MUDIMBI, Edmond MUKUTA, Charles KILULA, DEKI pour leurs multiples conseils à tout moment et leurs encouragements dans notre vie académique.

Nous disons aussi merci à mes chers (es) frères et sœurs Anny KITENGE, François KASONGO KAGO et Asca BONGELI pour leurs soutiens et amours malgré les distances, ils nous resteront tous graver dans la mémoire.

A tous les Ingénieurs de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, édition 2015-2016.

A tous mes camarades et compagnons de lutte : Avon NGANDI, Rhode BEBOKA, Charly PONZE, Charly MUKEINA, Nathalie MBATAYO, Julie BORA, Rachel ZAWADI, Elvire SAFI, Judith KAHINDO, Iréné ESUKU, Evariste RAMAZANI, Benjamin ATIBU, Boreck GATA, Fortuna MILAMBO. Que ce travail soit pour tous un souvenir de bon parcours et d'amitié.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin nous disons merci.

Patience KasangeKasongo

## RESUME

Une étude a été conduite à la réserve forestière de la Yoko située à 34 km de Kisangani sur l'espèce *Guareathompsonii* en vue de l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse.

L'échantillon était constitué de 50 tiges non abattus de plus de 10 cm de dhp de l'espèce *Guareathompsonii*.

Le volume a été calculé selon la méthode de cubage par billon successif à l'aide de la formule de Huber et la biomasse s'en était suivie par la multiplication de ce dernier par la densité du bois et le BEF (facteur de conversion de la biomasse).

L'équation suivante a été obtenue :

➤  $\text{Volume fût} = 0.00005308 D^{2.72518739}$

La biomasse fût et la biomasse totale des arbres s'expriment par les équations suivantes :

➤  $B. \text{ fût} = 0.0206369 \times D^{2.768998}$

➤  $B. \text{ Totale} = 0.070165 \times D^{2.768998}$

Les tarifs ont été comparés avec ceux des autres provinces de la RD. Congo établis par DIAF (Direction d'Inventaire d'Aménagement Forestier) en analysant leurs paramètres et leurs résidus sur le volume prédit par les équations correspondantes.

Mots clés : *Guareathompsonii*, équations de volume et de biomasse, Réserve forestière de Yoko.

## ABSTRACT

A study was conducted at the Yoko Forest Reserve located 34 km from Kisangani on *Guareathompsonii* species for the development of the volume table and biomass.

The sample consisted of 50 non felled stems over 10 cm dbh of *Guareathompsonii* species.

The volume was calculated according to the method of scaling by successive ridge using the formula of Huber and biomass was followed by multiplying it by the wood density and BEF (conversion factor of biomass).

The following equation was obtained:

- Volume was  $0.00005308D^2.72518739$

The biomass was and the total tree biomass of the trees expresses themselves by the following equations:

B. was =  $0.0206369 \times D^{2.768998}$

B. Total =  $0.070165 \times D^{2.768998}$

The rates were compared with those in other provinces of the DR. Congo established by DIAF (Department of Forest Inventory Planning) by analyzing their settings and their residues on the volume predicted by the corresponding equations.

Keywords: *Guareathompsonii*, volume equations and biomass Yoko Forest Reserve.

## Listes de Figures et Tableaux

### 1. Figures

Figure 1 : Carte de la localisation de la forêt de Yoko P6 ;

Figure 2 : Qualité des fûts P20 ;

Figure 3 : Distribution des pieds par classe de diamètre fin bout (dfb) P21 ;

Figure 4 : Distribution des pieds par classe de hauteur fût P22 ;

Figure 5 : Graphique du volume ( $m^3$ ) fût en fonction de dhp (cm) P23 ;

Figure 6 : Graphique de biomasses fût et Totale (Kg) en fonction du dhp (cm) P24 ;

Figure 7 : Courbe du volume des données ajustées P26 ;

Figure 8 : Tendence générale de tarif de Yoko(2016) avec les tarifs établis dans l'autre site pour l'espèce *G.thompsonii*. P29

### 2. Tableaux

Tableau 1 : Distribution des pieds par classe de dhp (cm) P19 ;

Tableau 2 : Caractéristiques des modèles de régression P24 ;

Tableau 3 : Comparaison des paramètres de choix des équations : coefficient de corrélation (r), Erreur type sur le coefficient de corrélation (Er) et l'écart-type résiduel (ECTR) P25 ;

Tableau 4 : Paramètres des équations de régression du volume, biomasse fût et biomasse totale des tiges P26 ;

Tableau 5 : Tables de cubage P27 ;

Tableau 6 : Comparaison des caractéristiques des tarifs de Yoko (2016) avec ceux des autres régions pour l'espèce *G.thompsonii*. P28

## 0. INTRODUCTION

### 0.1. Problématique

Dans le cadre de l'aménagement d'une formation naturelle, il est indispensable au gestionnaire de posséder des outils lui permettant de connaître le capital ligneux sur pied. Ces outils sont les tarifs de cubage donnant le volume total du peuplement ou les volumes individuels des arbres formant ce peuplement (Louppe et al. 1992).

À ce volume on peut associer des études de biomasse selon des modèles préétablis pour divers types de forêts. Certes le volume ainsi que la biomasse sont deux termes aussi indispensables dans la connaissance de la dynamique forestière. Certes, si les tarifs de cubage trouvent un écho important dans l'opinion (exploitants forestiers, aménagistes et chercheurs), c'est à cause du fait que l'on peut, non seulement, les relier aux transactions commerciales du bois (Rondeux, 1999 ; Gaudin, 1996) mais également ils constituent l'un des outils indispensables pouvant permettre au gestionnaire forestier de connaître le capital ligneux sur pied aménageable ou exploitable. C'est cela qui justifie la conduite de cette étude.

De ce qui précède, dans le cadre de nos recherches, nous avons tenté de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Est-ce - qu'il existe une relation entre le volume fût et le diamètre à hauteur de la poitrine?
- les équations pour le tarif de cubage utilisées dans quelques cas pris singulièrement, suivent-elles un même modèle que les tarifs établis officiellement dans notre pays (RD Congo) pour la même espèce et au sein des sites différents ?

### 0.2. Hypothèses

L'hypothèse sert de ligne de conduite dans une recherche. C'est une idée directrice ou une tentative d'explication de fait formulé au début de la recherche (BOLINDA, 2010). Notre étude part de deux hypothèses selon lesquelles :

- le tarif de cubage et de biomasse de *Guarea thompsonii* (Bosse foncé) suit le même modèle que les tarifs établis par la DIAF pour la même espèce dans les provinces majoritairement forestières de la RD Congo et en Afrique centrale.
- Il existe une relation entre le volume fût et le diamètre à hauteur de la poitrine.



### 0.3. Objectif du travail

#### 1. objectif général

Cette étude a pour objectif global celui d'élaborer le tarif de cubage et de biomasse pour l'espèce *G.thompsonii* dans la réserve forestière de Yoko.

#### 2. objectif spécifique

L'objectif spécifique est d'estimer le volume sur pied ainsi que la biomasse de l'espèce *G.thompsonii* (bossé foncé) par un tarif spécifique, de calculer la biomasse fût ainsi que la biomasse totale sur pied par la méthode non destructive (la méthode indirecte) en appliquant l'équation du tarif établi préalablement au cours de ce travail à partir des volumes fûts sur pied et de la densité de l'espèce.

### 0.4. But du travail

Cette étude a pour but de déterminer et élaborer le tarif de cubage et de biomasse approprié pour l'espèce *G.thompsonii* dans la réserve forestière de Yoko

### 0.5. Intérêt du travail

La présente étude revêt un double intérêt d'autant plus que :

- Sur le plan Scientifique : les résultats de cette étude vont nous permettre de rendre disponible un tarif de cubage et de biomasse approprié à l'espèce *G. thompsonii* comparable à d'autres tarifs.
- Sur le plan pratique : le tarif de cubage et de biomasse est un outil de base de calcul et d'estimation de la matière ligneuse potentiellement aménageable et exploitable pour les exploitants forestiers, les aménagistes et les décideurs comme dans le cadre des inventaires d'aménagement et/ou d'exploitation en tenant compte de la validité de ce tarif.

## 0.6. Revue de la littérature

Depuis 2009, la liste des essences forestières de la RD Congo a été publiée sous forme de guide opérationnel. En plus des noms scientifiques, pilotes et vernaculaires, les différentes espèces ont également fait l'objet de description quant à quelques paramètres dendrométriques tels que : DME, AAM et leur tarif de cubage pour les anciennes provinces de l'Equateur, Orientale, le Bandundu et le Bas-Congo (DIAF, 2009). Et localement, on dispose actuellement d'un bon nombre de tarif de cubage pour les espèces à haute valeur économique productrices des bois d'œuvres.

En région de Kisangani et précisément les forêts environnantes, on en compte relativement quelques dizaines de tarifs de cubage et de biomasse pour plusieurs espèces. Il convient de rappeler que nombre de recherche sur les espèces de la place sur ces tarifs se rapportent à des endroits bien divers. Parmi eux, on peut citer :

- Biguma (2006) qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage de *Stadtiastipitata* dans la Réserve de biosphère de Yangambi.
- Kahindo, 2006 : qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage de *Funtumia africana* dans la de biosphère de Yangambi
- Kambale 2006 : qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage de *Gilbertiendendron kisantuensis* dans la de biosphère de Yangambi.
- Liandja, 2006 : qui a travaillé sur la contribution à l'élaboration du tarif de cubage de *Scorodophloeus zenkeri* dans la RB de Yangambi.
- Assumani, 2009 : a écrit sur le bilan dendrométrique de plantations expérimentales de *Pericopsis elata* et *Milletia laurentii* installées à Yangambi ;
- Kahindo (2009) : qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Gilbertiendendron dewevrei*, *G. thompsonii* et *Scorodophloeus zenkeri* dans la Réserve de Yoko.
- Malongola (2010), qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage pour les espèces *Gilbertiendendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogozenkeri* à Bawombidans la région de Bengamisa.
- Matondo (2012) : sur le tarif de cubage et de biomasse de *Branchistegia laurentii* dans la Réserve de biosphère de Yangambi,
- Kadetwa (2015) qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Terminalia superba* au Jardin zoologique de Kisangani.

- Kahambu (2015) qui a travaillé sur l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Millettialaurentii* au Jardin zoologique de Kisangani, etc.

### 0.7. Subdivision du travail

Hormis son introduction, la conclusion et les suggestions, ce travail s'articule autour de quatre chapitres, le premier se rapporte aux généralités ; le second chapitre présente le milieu et l'approche méthodologique utilisée ; le troisième chapitre concerne la présentation des résultats et le quatrième et dernier chapitre se rapporte à la discussion des résultats.

## CHAPITRE PREMIER: CONSIDERATIONS GENERALES

### 1.1. Description du milieu

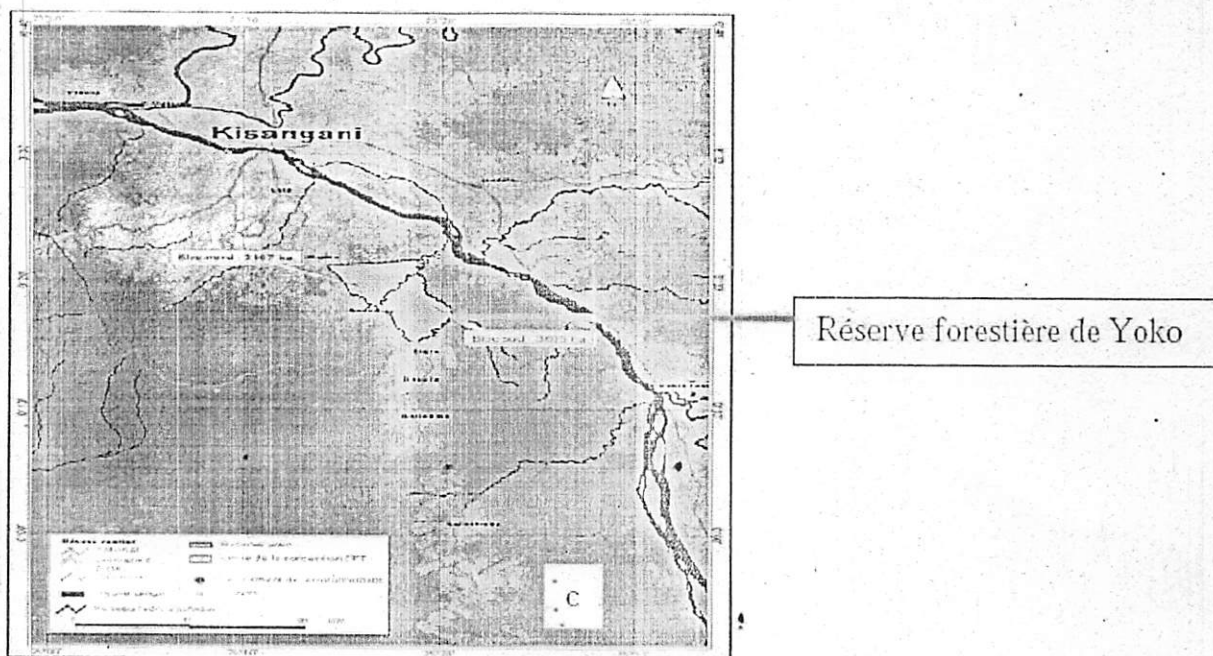
L'étude a été conduite dans la réserve forestière de Yoko à environ 32 kilomètres de la ville de Kisangani sur l'axe routier Kisangani-Ubundu précisément dans les 400 hectares du dispositif permanent mis en place dans le cadre du projet REAFOR.

#### 1.1.1. Situation Géographique et Administrative

La réserve forestière de Yoko est située dans le district de la Tshopo, dans le territoire d'Ubundu et la collectivité des Bakumu-Mangongo. Elle s'étale sur l'axe routier Kisangani-Ubundu (à gauche) aux points kilométriques 21 à 38. La réserve forestière de Yoko est délimitée au nord par la ville de Kisangani et les forêts perturbées, au sud et à l'est par la rivière Biaro qui forme une demi-boucle en suivant cette direction, à l'ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle se prolonge des points kilométriques 21 à 38 (Lomba et Ndjele 1998). Elle est régie par l'ordonnance loi n° 52/104 du 28/02/1959 du Ministère de l'Environnement et Tourisme (Rapport provincial de l'Environnement, 1989).

La réserve forestière de Yoko est une propriété privée de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature conformément à l'ordonnance – loi n° 75-023 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat dans le but de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance – loi n° 78-190 du 5 mai 1988.

La figure 1 illustre la localisation de la réserve forestière de Yoko par rapport à la ville de Kisangani en RD Congo.



**Figure 1 :** Localisation de la réserve forestière de Yoko par rapport à la ville de Kisangani en RD Congo (Kumba 2008 in Kahindo 2009)

### 1.1.2. Climat

La réserve forestière de la Yoko et ses environs bénéficient du climat équatorial chaud et humide du type Af selon la classification de Koppen. Vu sa position à proximité de Kisangani, nous avons préféré lui attribuer à titre indicatif les mêmes données climatiques de Kisangani. Elle est caractérisée par des températures moyennes du mois le plus froid supérieures à 18°C avec une amplitude thermique annuelle inférieure à 5°C. La moyenne de précipitations du mois le plus sec oscille autour de 60mm.

Il pleut presque toute l'année, les saisons sèches durent de décembre à février et de juin à juillet. Par contre, les saisons de pluie s'étendent d'avril à mai et d'août à novembre.

### 1.1.3. Sols

Selon Schnell (2006) les sols tropicaux sont dépourvus d'une cuirasse. Ces sols forestiers sont généralement recouverts par une mince couche de débris végétaux en décomposition rapide puis vient un horizon faiblement coloré renfermant de la matière organique et moins argileux dont la couleur varie couramment depuis le rouge jusqu'au rouge vif ou même au rouge violacé dans son milieu inférieur.

La région de Kisangani se situe côte à côte avec la zone des plateaux qui entourent la cuvette centrale congolaise (Germain Evrard, 1956), Elle est caractérisée par les sols ferrallitiques propres des forêts tropicales.

La Cuvette Congolaise avec son sol auquel appartient la ville de Kisangani et ses environs est d'après Kombele, (2004) cité par Katya,(2007), constitue des roches sédimentaires. Ces sols sont ferrallitiques et formés d'éléments généralement avec un pH oscillant autour de 5. Une particularité de sol a calcaire a été observée, dans le milieu d'étude.

#### 1.1.4. Végétation

La réserve de la Yoko a une végétation caractéristique de celle de la cuvette congolaise. Elle est caractérisée par des forêts ombrophiles sempervirentes et des forêts liées aux sols hydromorphes.(Lomba 2007)

La végétation du Nord a été étudiée par Lomba et Ndjele, (1998). Ces derniers l'ont classé dans le groupe des forêts mésophiles sempervirentes à *Brachystegia laurentii*, ce type de forêt avait déjà été étudié par Germainet Evrard (1956) dans la région de Yangambi, Lebrun et Gilbert (1954) l'ont classé dans l'alliance de *Brachystegialaurentii*, dans l'ordre *Gilbertiondendretaliadewevrei* et la classe de *Strombosio-Parinarietea*.

La partie Sud de la réserve appartient au type de forêt mésophile sempervirente à *Scorodophloeuszenkeri*, à l'alliance *Oxystigno-Scorodophleion*, à l'ordre des *Piptadenio - Celtidetalia* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (Lebrun et Gilbert, 1954) (Lomba, 2007). Les forêts sur sols hydromorphes sont situées principalement le long du réseau hydrographique. Elles résultent de la présence de sols mal drainés et de fréquentes inondations et sont par conséquent, économiquement peu intéressantes à cause de leur mauvaise accessibilité (Boyemba, 2006).

## 1.2. Généralités sur l'espèce

### A. Dénominations

Son nom spécifique est *Guareathompsonii*, dans le commerce international on l'appelle Bossé foncé ou Bossé noire.

On l'appelle Mutigabnaye et Nougouatan en Côte d'Ivoire ; Ikoudwerere et N'kisiko au Gabon, Obobo-nekwī au Nigéria ; Diambi en Allemagne, Belgique et Hollande ; Black Guarea en Angleterre ou Diambi, Bossé foncé en République Démocratique du Congo. (Kahindo 2009)

### B. Aire de répartition en Afrique tropicale et habitat de l'espèce *Guareathompsonii*

L'aire de répartition s'étend du Liberia au Zaïre (RDC) (Vivien et al, 1985 ; BFT, 1978), il est moins abondant dans les forêts d'Afrique de l'Ouest.

C'est une essence des forêts denses africaines, on la rencontre en forêt dense sempervirente et également en forêt semi-décidue surtout dans les zones de transition avec les forêts sempervirentes.

### C. Description de l'espèce *Guareathompsonii*

L'espèce appartient à la famille des Meliaceae et dans l'ordre des Sapindales.

C'est un arbre de grande taille, cylindrique dès la base ou avec empattements formant des lobes peu profonds et pouvant mesurer jusqu'à 1 m voire plus. Le fût élancé, droit et cylindrique peut atteindre 20 m de hauteur et 1,20 m voire 1,50 m de diamètre donnant ainsi 12 à 18 m<sup>3</sup> de bois dont le diamètre est situé entre 60 et 100 cm.

La cime est globuleuse, dense. Les branches maîtresses sont ascendantes et tordues.

L'écorce, épaisse de 0,5 à 1 cm se desquame en plaques allongées de 2 à 4 cm. La tranche est granuleuse, jaunâtre, un peu odorante et exsudant un latex laiteux blanc. Le rhytidome est brun gris cendré.

Le houppier est très feuillu, à feuilles non groupées en étoiles à l'extrémité des branches ;

Aubier : bien différencié, blanchâtre, épaisseur variable entre 5-10 cm ;

Bois : Bois de cœur rouge à brun, jaune à brun-rouge, sans veines. Couleur de l'aubier différente du bois de cœur.

Feuilles : Persistantes, alternes, composées pennées à 3-6 paires de folioles opposées (8-20 × 3-7 cm), plus une foliole terminale, sans réseau des nervures visibles.

Fruit : Capsules globuleuses, d'environ 3 à 4 cm de diamètre, lisses, glabres, parfois rugueuses, gris orangé parfois rose violet, ou violet, rougeâtre s'ouvrant par 2-4 valves, contenant 2 à 8 graines par capsule ; arille orangé.

#### D. Propriétés physiques et mécaniques de *Guareathompsonii*

Le *Guareathompsonii* est un bois léger à mi-lourd, mi-dur à dur. Ses retraits linéaires transversaux sont faibles à moyens. Son retrait volumique est moyen et ses caractéristiques mécaniques sont moyennes.

Les principales caractéristiques technologiques sont :

- Densité basale de 0,52–0,55–0,65 g/cm<sup>3</sup> ; mi-dur, moyennement nerveux (Aubreville; Richter et Dallwitz, 2000)
- Masse volumique à l'état sec : de 600 à 700 kg/m<sup>3</sup>
- Point de saturation des fibres : 29 %
- Retrait volumique total : 12,4 %
- Retrait tangentiel total : 6,8 %
- Retrait radial total : 4,1 %
- Sensibilité aux variations d'humidité de l'air : faible
- Stabilité en service : bonne
- Contrainte de rupture en compression parallèle : 59 MPa
- Contrainte de rupture en flexion statique : 115 MPa
- Module d'élasticité longitudinal: 10 800 MPa

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

Son bois est assez fissile, élastique : Le bois se peint et se vernit sans difficulté mais l'exsudation de résine sous les produits de finition peut provoquer l'apparition de taches.

Le Bossé se déroule et se tranche sans difficulté, et fournit des placages utilisés en ébénisterie, en décoration et en ameublement.

Le Bossé sèche facilement et rapidement. Les risques de déformation sont un peu plus élevés que le *Guareacedrata*. Lors du séchage, la résine contenue dans le bois peut ressortir et altérer les états de surface. Le bois s'usine bien et le contrefil n'est pas gênant, mais l'effet abrasif du bois.

Le bois se ponce bien mais il est recommandé d'équiper les machines de systèmes d'aspiration efficaces car les poussières dégagées ont parfois une action irritante sur certaines personnes. Il se peint et se vernit sans difficulté mais l'exsudation de résine sous les produits de finition peut provoquer l'apparition de taches.

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



En conditions industrielles, des avant-trous sont conseillés pour *Guareathompsonii* qui est plus dur que les deux autres espèces. Le collage ne présente aucune difficulté particulière.

### **E. Utilisations du bois de *Guareathompsonii***

Le *Guareathompsonii* (bossé foncé) possède des bonnes qualités physiques et mécaniques. Il se porte bien au sciage, déroulage, tranchage et se conserve bien. Son contrefil n'est pas gênant. Ses sciages donnent un aspect particulièrement bon.

En général, le bois de *Guareathompsonii* est un excellent bois de menuiserie extérieure et intérieure. Il peut convenir pour la fabrication de revêtements de façade, de portes d'entrée, de fermetures extérieures, de fenêtres.

Il est aussi employé pour la fabrication de lambris ainsi qu'en agencement intérieur, en ameublement, en ébénisterie et en décoration sous forme massive ou plaquée. Il est utilisé comme l'Acajou pour la construction de bateaux de plaisance. Pour son odeur, il est aussi employé comme le Cedro pour la fabrication de boîtes à cigares.

Par tranchage on obtient des placages d'ébénisterie, par déroulage des contreplaqués. Le seul inconvénient réside dans le fait que ses exsudats peuvent, dans certains cas, persister (auséchage à l'air libre, exposition solaire) et se réduire à des petites tâches.

### **1.3. Tarifs de cubage et de biomasse**

#### **1.3.1. Tarif de cubage**

##### **A. Définition**

Un tarif de cubage est un tableau chiffré parfois aussi appelé « table de cubage », un graphique ou encore une équation qui fournit le volume d'un arbre en fonction d'une ou de plusieurs caractéristiques dendrométriques. (Assumani 2009)

##### **B. Sortes de tarifs de cubage**

Il existe généralement deux sortes de tarifs de cubage :

### — Tarif individuel (arbre)

On appelle tarif individuel, un tarif qui fournit le volume d'un arbre en fonction d'entrées relatives à l'arbre. On distingue :

- Tarif de cubage à 1 entrée (circonférence de référence ou DHP)

$$V = acb$$

- Tarif de cubage à 2 entrées (circonférence et hauteur)

$$V = acbHd$$

- Tarif de cubage à 3 entrées (circonférence de référence, hauteur, circonférence à mi-hauteur)

$$V = ac^b H^d C_{\frac{H}{2}} \text{ ou } V = ac^b H^d C^e H/2$$

### — Tarifs de peuplement

Un tarif de peuplement est un tarif qui fournit le volume d'un peuplement en fonction d'entrées qui sont relatives au peuplement lui-même. On distingue :

- Le tarif de peuplement à 2 entrées  $V = aG^b H^c$

$G$ =surface terrière à l'ha ;  $H$ =hauteur moyenne ou hauteur dominante.

- Le tarif de peuplement à 3 entrées :  $a_1 N_1 + a_2 N_2 + a_3 N_3$

$$V = \text{volume}$$

$N_1 = \frac{\text{nombre}}{\text{ha}}$  de brins de hauteur totale comprise entre inférieure à 2m ;

$N_2 = \frac{\text{nombre}}{\text{ha}}$  de brins de hauteur totale comprise entre 2 et 6m ;

$N_3 = \frac{\text{nombre}}{\text{ha}}$  de brins de hauteur totale > 6m

Les tarifs de peuplement ne sont cités que pour mémoire car dans le cadre actuel il n'est possible de présenter que des individuels qui sont en pratique les plus couramment établis et utilisés.

### C. Intérêt et zone de validité d'un tarif de cubage

L'intérêt général de tarif de cubage réside dans le fait qu'il doit être associé soit aux transactions commerciales (unité monétaire par m<sup>3</sup>) soit aux travaux d'aménagement forestier en vue d'estimer le volume potentiellement aménageable.

Quant à sa validité, le tarif de cubage est applicable que dans la zone d'étude pour les essences ainsi que les classes des diamètres retenus par l'échantillon d'arbres ayant servi de base de mesure (ATIBT, 2006 ; Rondeux et al, 1993 ; Kahindo, 2009), Ceci définit le domaine de validité du tarif.

### 1.3.2. Tarif de biomasse

Un tarif de biomasse est une équation (ou tableau, graphique) qui permet de prédire la biomasse d'un arbre à partir du caractéristique dendrométrique facile à mesurer comme le diamètre à hauteur de poitrine ou la hauteur.

La biomasse est généralement définie comme étant « la masse de manière vivante produite par une population, unité de surface et exprimée en matière sèche » (Brown et al, 1997 in Kahindo, 2009) à un moment donné, exprimer en kg/ha).

D'après la F.A.O. (1990), c'est la quantité totale de matière organique aérienne présente dans les arbres exprimés soit en tonne par hectare (t/ha) dans le cas d'une densité de la biomasse ; soit tout simplement en tonne pour l'estimation totale de la biomasse.

## CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES UTILISES

Ce chapitre présente les matériels utilisés ainsi que la démarche méthodologique de notre recherche.

### 2.1. Matériels du travail

L'étude a été menée dans la réserve forestière de Yoko sur l'espèce *Guareathompsonii* (Bossé foncé). Les mesures et les données ont été prélevées sur des pieds (arbres) non abattus. Les principaux instruments qui nous ont été indispensables à la récolte de données étaient : le relascope de Bitterlich à bandes étroites pour la mesure des diamètres (dhp, dfb et hauteur totale ou hauteur du fût), un décamètre pour mesurer les distances horizontales entre les points de prise de mesure et l'arbre à mesurer, un gabarie de 1,30 m pour matérialiser sur chaque arbre le niveau du dhp.

Tous les pieds de plus de 10 cm de dhp appartenant à l'espèce *Guareathompsonii* avaient été marqués (numérotés) et leur circonférence à 1,30 m était mesurée (par conséquent leur dhp connu).

### 2.2. Méthodes du travail

#### 2.2.1. Echantillonnage

D'après Delansheeke (1972) « échantillon » représentatif comporte un nombre limité d'individus, d'objet ou développement dont l'observation permet de tirer des conclusions applicables à la population entière à l'intérieur de laquelle le choix a été fait (Kambale, 2006 cité par Kadetwa, 2015).

Le choix et la répartition des arbres par classe de diamètre étaient dictés par les résultats du préinventaire.

En effet, à plus du dhp, pour chaque pied retenu par quelle que soit sa classe de diamètre, nous subdivisions le fût en billons fictifs de longueur minimale de 2 m et 5m au maximum. Nous prélevions sur ces derniers le diamètre à la souche, les diamètres intermédiaires (au bout de chaque billon) à partir soit du diamètre à la souche ou du dhp(1,30m) jusqu'à la naissance de la plus grosse blanche ou l'apparition du plus grand défaut de forme du fût. C'est ainsi qu'à l'issu

des mesures directes sur chaque pied, l'on retenait : le dhp (ou le diamètre à la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires et la longueur ou la hauteur totale du fût.

#### **2.2.1.1. La taille de l'échantillon**

Le nombre et les catégories de taille des arbres à cuber sont fondamentaux, car c'est finalement à partir d'eux (de cet échantillon limité) que seront estimés les volumes des arbres quelque soit leur nombre en peuplements.

Si le tarif concerne une aire limitée où les conditions de croissance sont relativement homogènes, on peut admettre un échantillon variant de 30 à 100 arbres (Assumani, 2013).

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu 50 arbres dont le dhp était  $\geq 10$  cm. Ils étaient répartis en 8 classes de diamètre soit 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80cm et  $\geq 80$  cm.

Pour ce qui est du volume, les paramètres retenus étaient : le dhp, hauteur du fût et la hauteur totale des arbres.

Comme nous l'avons déjà dit, la biomasse quant à elle était estimée par la méthode indirecte (méthode non destructive sur les pieds non abattus) en s'appuyant sur les avantages que présente celle-ci par rapport à la méthode directe (coupe de bois).

Etant donné que la biomasse des fûts devrait être tirée du volume fût respectivement, les classes de diamètre ou de hauteur des fûts doivent restées les mêmes que pour le tarif de cubage (le volume) soit 8 classes au total (Kahindo, 2009, Kadetwa, 2015).

#### **2.2.2. Traitement des données.**

##### **2.2.2.1. Préparation des données**

Il est très important d'organiser et de prétraiter les données récoltées sur le terrain (données brutes) en vue de la phase de construction de tarif proprement dit.

Dans le cadre de notre étude, les données prises au relascope ont préalablement nécessité une transformation des unités relascopiques en unités réelles de diamètre (en cm). Pour cela, nous avons utilisé la formule ci-après :  $D = 2 D_h (N_{bl} + N_{be}/4)$  ou  $D$  = diamètre,  $D_h$  = distance horizontale,  $N_{bl}$  = nombre des bandes larges et  $N_{be}$  = nombre de bandes étroites vues et comptées au relascope.

### 2.2.2.2. Construction des tarifs de cubage

Les différentes étapes du traitement de données d'un tarif concernent le calcul des volumes individuels des arbres à partir de résultat de répartition des tiges par classe de DHP, la sélection des équations de régression, ajustement des équations par les tests statistiques et la construction de table de cubage.

#### A. Calcul de volume

Les volumes des arbres ont été calculés selon la méthode de cubage par billons successifs à l'aide de la formule de Huber.

Ceci réduisant radicalement les coûts et les efforts d'échantillonnage.

$$\text{Vol} = \frac{\pi \cdot L}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) = \frac{\pi \cdot L}{4} \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Avec "L" la hauteur du billon, d1 le diamètre inférieur à la base du fût représenté soit par le dhp ou le diamètre de la souche et d2 à dn sont respectivement les diamètres au bout du premier billon à partir de la base, d3 au 2e, ... dn au fin bout (hauteur totale du fût) soit au bout de n-ième billon.

#### B. Estimation du volume

A partir des volumes fûts (ou volume observé = yobs) et des dhp (x) nous sommes parvenus à estimer facilement par analyse exploratoire quelques équations de régression, leurs paramètres (a et b) et les coefficients de corrélation (r) en testant respectivement le :

- modèle de régression puissance :  $y = ax^b$
- modèle de régression exponentiel :  $y = ae^{xb}$
- modèle de régression linéaire :  $y = a + bx$
- modèle de régression logarithmique :  $y = a + b \ln x$
- modèle de régression quadratique :  $Y = a + bx + cx^2$
- modèle de régression inverse :  $Y = a + b^1/x$

#### C. Equations de régression

Les cinq premières équations des régressions ont été testées sur base de leurs caractéristiques de: coefficient de corrélation "r" ou coefficient de détermination "R" ( $R^2 = r^2 \times 100$ ) ou le carré du coefficient r exprimé en pourcentage.

En principe selon Mabiala (1981) et Kahindo (2006), un coefficient de corrélation d'une valeur  $\geq 0,80$  dénote une bonne régression sinon celle qui aurait un coefficient  $r$  inférieur doit être rejetée tout comme celle dont, celle faisant ressortir des valeurs des volumes négatives car les volumes d'arbres sont naturellement positifs (Kahindo, 2006).

#### D. Ajustement des équations des régressions et analyse résiduelle des données

Il convient de rappeler que les estimations se rapportent aux arbres non abattus. Conformément aux tarifs les plus fréquemment rencontrés dans la littérature et qui traduisent des contraintes biologiques dans le développement architectural des arbres, nous avons opté également pour un modèle de la forme puissance :

$$(1) \quad V = aDb$$

Où  $v$  = Volume,  $D$  le dhp, et  $a$  et  $b$  sont les coefficients du modèle. Ce modèle étant non linéaire et ses données présentant habituellement de l'hétéroscédasticité (c'est-à-dire une augmentation de la variance du volume avec l'accroissement des diamètres), la transformation log-log permet de se ramener à une régression linéaire :

$\text{Log}(v) = a^* + b^* \log(D)$  avec « log » désigne le logarithme népérien (Kahindo, 2009).

Après la transformation log-log, les autres paramètres statistiques nous ont également permis de tester la qualité du modèle dont l'écart-type (ECT), l'écart-type résiduel (ECTR), intervalle de confiance (IC), etc.

Après le test sur le coefficient de détermination  $R^2$ , le test sur le volume résiduel nous a également servi à prédire la qualité de nos tarifs. En effet, l'analyse résiduelle est basée sur la comparaison des résidus des modèles à un seuil de confiance donnée.

On cherche à avoir une variance qui tend à minimiser la somme de carré des écarts.

La variance résiduelle (Var) est calculée par la relation suivante :

$$\text{Var} = \frac{1}{n} = \sum_{i=0}^n (V_{\text{obs}} - V_{\text{préd}})^2$$

Variance résiduelle (Var) avec  $V_{\text{obs}}$  = volume calculé pour un arbre donné de diamètre connu  $D$  et  $V_{\text{préd}}$  = volume estimé par le modèle (soit  $\text{vol} = aDb$ ). Après ajustement le modèle prédit est :  $\text{vol} = a_s + b_s D_i + \epsilon$

- L'écart type résiduel (ECTR)

$$ECTR = \frac{\sqrt{1}}{n} \cdot \varepsilon (Y_{obs} - Y_c)^2$$

Avec :  $Y_o$  : volume observé de Smalian,  $Y_c$  : volume calculé (estimé) par équations de régression,  $n$  : l'échantillon ;

- Le coefficient de variation résiduel (CVR) : il correspond à l'écart type résiduel exprimé en pourcentage de la moyenne (Rondeux, 1998)

$$CVR = \frac{ECTR}{Y_c}, \text{ avec } Y_c = \text{moyenne des volumes calculés, } ECTR = \text{écart type résiduel ;}$$

- L'intervalle de confiance (IC)

$$IC = \frac{Y_c \pm 2\sqrt{SCE}}{N(N-1)}, \text{ Avec } SCE : \text{sommes des carrés des écarts } (Y_o - Y_c)$$

$N$  : effectif de l'échantillon

### 2.2.2.3. Elaboration de tarifs de biomasse

Les différentes étapes du traitement de tarif de biomasse sont presque les mêmes pour celles d'un tarif de cubage :

- calcul de la biomasse individuelle des arbres en fonction de leurs Dhp.
- établissement des équations de biomasse
- la biomasse de fût, peut être obtenue en multipliant le volume du fût par la densité des bois.
- la biomasse totale quant à elle était calculée par le produit de la biomasse de fût par le BEF ou « un facteur d'expansion de biomasse » (Timothy *et* Broun 2005, Kahindo, 2009).

Le BEF a également été pris comme une constante.

La valeur moyenne du BEF pour les forêts tropicales humides est généralement de 3,4 (Eggleston, 2006)

- **Biomasse (fût) = volume x  $\rho$**
- **Biomasse totale = volume du tronc x  $\rho$  x BEF**

Où  $\rho$  désigne la densité et BEFB le facteur d'expansion de la biomasse.

Il est donc important de signaler que, nous avons dû construire des tarifs de cubage et de biomasse à une entrée. Les tarifs de cubage utilisés en aménagement de forêt naturelle sont des tarifs à une entrée qui permettent de déterminer les volumes bruts d'un arbre,



conventionnellement compris entre le diamètre de référence et la naissance de la première grosse branche ou du plus gros défaut (ATBIT, 2006 cité par Kahindo, 2009).

## TROISIEME CHAPITRE : PRESENTATION DES RESULTATS

## 3.1. Distribution des arbres par classe de dhp

Le tableau ci-dessous présente le nombre total des pieds que nous avons utilisé pour l'élaboration de notre tarif de cubage et de biomasse en fonction de classe de dhp.

Tableau1 : Distribution des pieds par classe de dhp

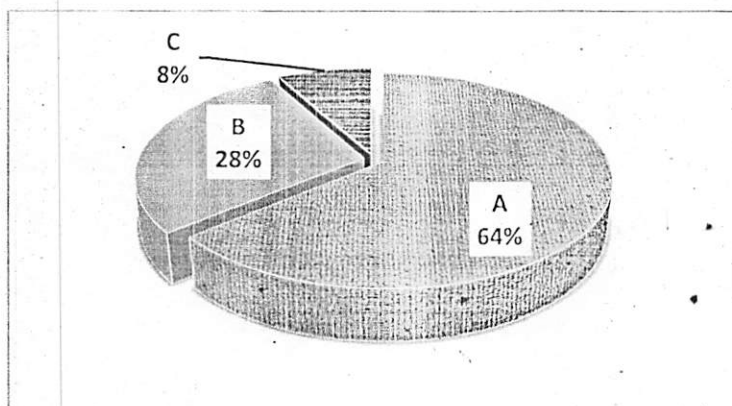
N°	Cl1 (cm)	Cl2 (cm)	Cl3 (cm)	Cl4 (cm)	Cl5 (cm)	Cl6 (cm)	Cl7 (cm)	Cl8 (cm)
1	15,4	21,5	32,5	41,6	52,0	60,5	71,0	82,5
2	15,6	21,8	33,0	42,5	55,0	61,8	73,0	84,1
3	18,5	23,0	33,0	43,0	55,2	62,4	74,0	84,6
4	19,0	23,0	34,9	45,5	55,8	62,5	76,0	89,0
5	19,5	24,4	35,1	46,0	56,0	63,0	76,5	89,0
6		26,0	35,5	46,5	56,2	64,8	78,3	
7		26,7	6,50	47,0				
8		28,0						
Nb.total/class	5	8	7	7	6	6	6	5
Nb. Total	50							

Il ressort de ce tableau que notre échantillon était constitué de 50 pieds de *G.thompsonii* de dhp était supérieur ou égal à 10cm répartis dans 8 classe de dhp. Le nombre de pieds par classe de varie légèrement entre 5et 8 pieds.

Dans le souci de garder un même nombre de pieds (ou presque) par classe de dhp, comme pour bon nombre d'études sur le tarif (Kahindo, 2009 ;Matondo, 2013 ;Kadetwa 2015), nous avons retenu entre au minimum 5 et 8 pieds au maximum par classe de dhp.

### 3.2. Qualité des fûts

La figure ci-dessous présente la qualité des fûts des arbres mesurés. Elle indique la forme et les défauts de conformation des fûts des arbres échantillonnés.



**Fig.2 :** Qualité des fûts. A : [Droit & Cylindrique], B : [1 Courbure légère, forme conique, 1 méplat sur toute la hauteur du fût au dessus des empattements] et C : [1 à 2 ou 3 courbures prononcées, forme conique, un plus d'une méplat sur toute la hauteur du fût au dessus des empattements].

En ce qui concerne la qualité des fûts, nous avons constaté que la plupart des pieds sur lequel a porté l'étude, présentaient quelques défauts. Comme nous montre la figure 2 ci-dessus, la qualité A représente 64% soit 32 pieds, la qualité B représente 28 % soit 14 pieds et enfin la qualité C 8 % pour la qualité C soit 4 pieds.

### 3.3. Distribution des arbres par classe de diamètre au fin bout (dfb)

La figure 3 ci-dessous présente le nombre des arbres par classe de dfb .

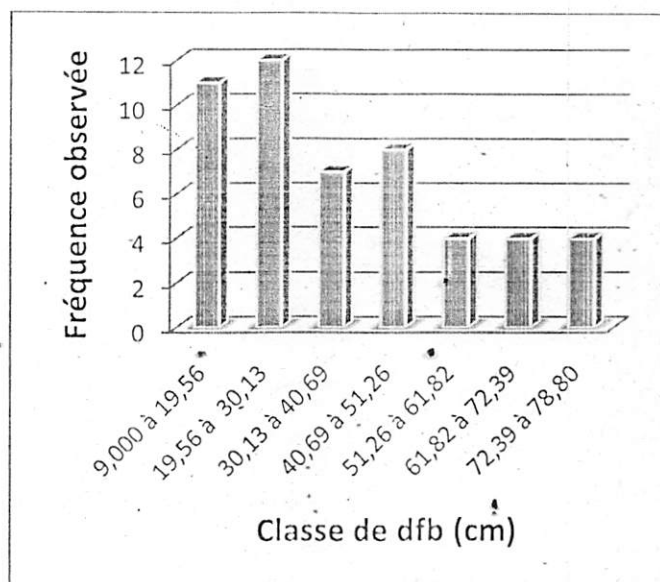


Fig.3: Distribution des pieds par classe de dfb

Il ressort de cette figure que le nombre des pieds par classe de dfb a varié d'une classe à l'autre. Le plus grand nombre est observé dans les classes 1 et 2 (entre 9 et 30,13 cm) suivies des classes 3 et 4 (de 30,13 à 51,26 cm) puis des autres classes. Le dfb minimum est de 9 cm et le maximum est de 78,8 cm.

### 3.4. Distribution des arbres par classe de hf

La figure 4 ci-dessous présente le nombre des arbres par classe de hf.

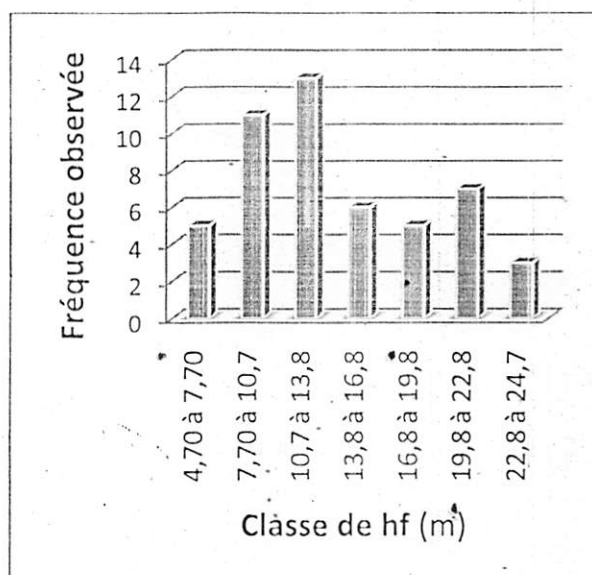


Fig.4: Distribution des pieds par classe de hauteur fût

Il ressort de cette figure que le nombre des pieds par classe de hf a également varié d'une classe à une autre. Pour le cas sous examen sur *G.thompsonii* (bossé foncé), nous avons noté que les arbres possèdent les fûts élancés. Le plus grand nombre de pieds enregistré a été observé entre 7,70 et 13,8m. La longueur minimale des fûts observée est de 4,70m et maximale est de 24,7m.

### 3.5. Volume fût en fonction du dhp

D'après plusieurs auteurs (Picard, 2007 ; DIAF, 2009), les contraintes biologiques se traduisent dans bien de cas par un modèle de régression de type de puissance, et il en est de même pour les trois variables dans le cadre de cette étude, à savoir le volume fût, biomasse fût ainsi que la biomasse totale des arbres.

Le graphique de la figure 5 ci-dessous présente le volume fût en m<sup>3</sup> en fonction du dhp.

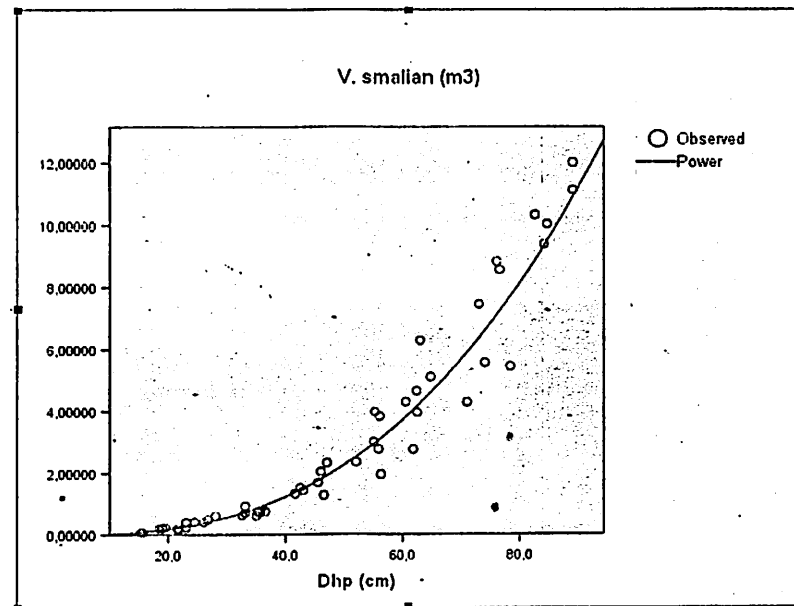


Fig.5: Graphique de cubage (volume en fonction du dhp)

Cette courbe de cubage traduit l'expression du volume en fonction de dhp. Elle laisse voir que l'augmentation des volumes n'est pas proportionnelle à l'augmentation des dhp. La courbe présente une allure exponentielle croissante (modèle de puissance). Elle montre une forte hétéroscédasticité (variance de croissance) à partir des tiges de 45 cm du dhp.

Il s'avère indispensable de procéder aux transformations log-log non seulement pour réduire cette hétéroscédasticité mais aussi tenter de stabiliser la relation entre le volume (la variable expliquée) et le dhp (variable explicative) en essayant de linéariser la courbe.

### 3.6. Biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp

Comme nous l'avons annoncé au point 2.2.2.3., la biomasse de fût a été calculée en multipliant le volume du fût par la densité des bois. La biomasse totale quant à elle était calculée par le produit de la biomasse de fût par le BEF ou «un facteur d'expansion de biomasse». La densité de *G. thompsonii* est de 550 kg. m<sup>3</sup> et le BEF généralement admis pour tous les arbres de forêts tropicales est de 3,4 par défaut des données spécifiques correspondantes (Eggleston, 2006).

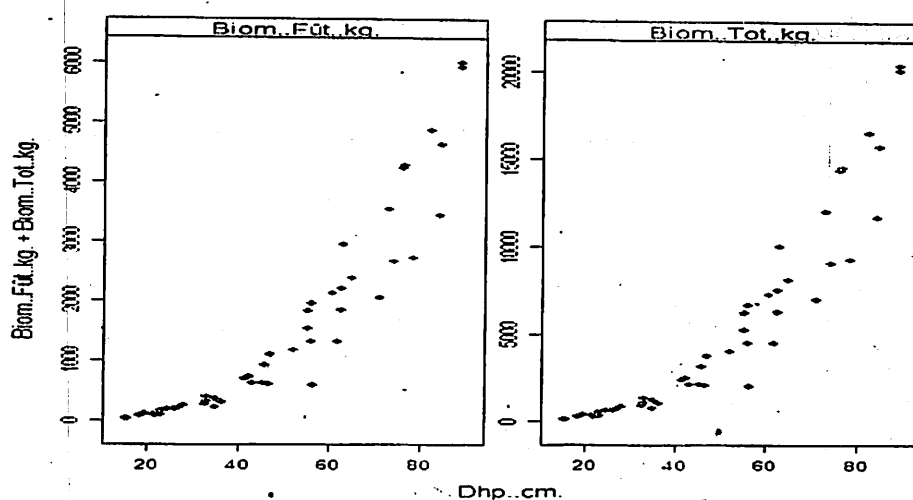


Fig.6: Graphiques de biomasse fût (à gauche) et de biomasse totale (kg) (à droite) en fonction du dhp (cm).

Au regard de ces deux courbes relative à la biomasse fût et biomasse totale des arbres résultant du volume en incorporant des constantes (densité et BEF), nous remarquons directement qu'elles ont une même allure et ce ne sont que les quantités en ordonnées qui marquent la différence de l'une et de l'autre.

### 3.7. Présentation des modèles de régression

#### 3.7.1. Caractéristique des modèles de régression

Les différents modèles de régression sont présentés dans le tableau 2

Tableau 2 : caractéristique des modèles de régression

Modèle	Coefficients de régression			Coeff. de corrélation	Coeff.de détermination
	a	b		R	R
Linéaire	3,697438	0,14184		0,856	73,27
Logarithmique	-17,8025	5,57196		0,703	49,42
Inverse	7,59697	-167,439		0,515	26,52
Quadratique	1,30383	0,09968	0,00237	0,95	90,25
Puissance	0,0000531	2,72518		0,974	94,86
Exponentielle	0,07704	0,06148		0,93	86,49

La relation entre le volume et le dhv nous a permis de calculer et de comparer les paramètres principalement pour 6 types d'équations de régressions, à savoir : leur coefficient de régression (a, b et c) et le coefficient de corrélation et de détermination (r et R) en vue de retenir celle qui présentera les bonnes caractéristiques (Dagnelie, 1989, Rondeux, 1999).

### 3.7.2. Choix des modèles de régression

Le choix de la meilleure équation parmi les 6 modèles s'est basé sur la comparaison des caractéristiques de chacune d'elles et seulement des modèles linéaires, logarithmiques, exponentiels et puissances respectivement pour lesquels les valeurs absolues sont numériquement supérieures. En effet, celle dont les coefficients de détermination R est le plus élevé mais dont l'écart-type résiduel ainsi est le plus bas devra être définitivement retenu pour le tarif de cubage propre à l'espèce.

Tableau 3: Comparaison des paramètres de choix des équations : coefficient de détermination (R) et l'écart-type résiduelle (ECTR).

Modèle de régression	Ecart-type résiduelle (ECTR)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> ) en %
Linéaire	0,5228	73,27
Logarithmique	4,1188	49,42
Inverse	0,6796	26,52
Quadratique	0,4472	90,25
Puissance	0,4408	94,86
Exponentiel	0,4422	86,49

Au regard de ce tableau sur la comparaison de ces deux principaux paramètres statistiques, il s'en est suivi le choix pour le « modèle puissance » modèle, qui dans la globalité a réuni les 2 critères.

### 3.7.3. Equation de cubage et de biomasse

Le tableau ci – dessous présente les paramètres des équations de régression du volume fût, biomasse fût et biomasse totale.

Tableau 4: Paramètres des équations de régression du volume, biomasse fût et biomasse totale des tiges.



Variable	a	b	R	Forme de l'équation
Volume fût (m <sup>3</sup> )	0,0000531	2,72518	94,86	$VF = 0,0000531 \times D^{2,72518}$
Biom. fût (kg)	0,0206369	2,768998	93,31	$BF = 0,0206369 \times D^{2,768998}$
Biom. totale (kg)	0,070165	2,768998	93,31	$BT = 0,070165 \times D^{2,768998}$

Le tableau ci-dessus présente les caractéristiques, la forme et les différents paramètres (coefficient de régression et de détermination R<sup>2</sup>) des équations de régression retenues pour la prédiction du volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale des arbres en fonction de dhp.

### 3.7.4. Ajustement de modèle aux données

L'introduction du logarithme dans l'équation de puissance, un modèle non linéaire permet de réduire la dispersion (l'hétéroscédasticité) de points autour de la courbe d'équation. Et dans le cas du volume fût sa permet de stabiliser la variance résiduelle. La figure 7 ci-dessous montre le nuage de point de courbe de volume fût ajustée ou linearisée.

Après transformation des paramètres, sa forme linéarisée devient :  $\ln Y = \ln a + \ln D + \varepsilon$  (où  $\varepsilon$  représente le résidu à minimiser).

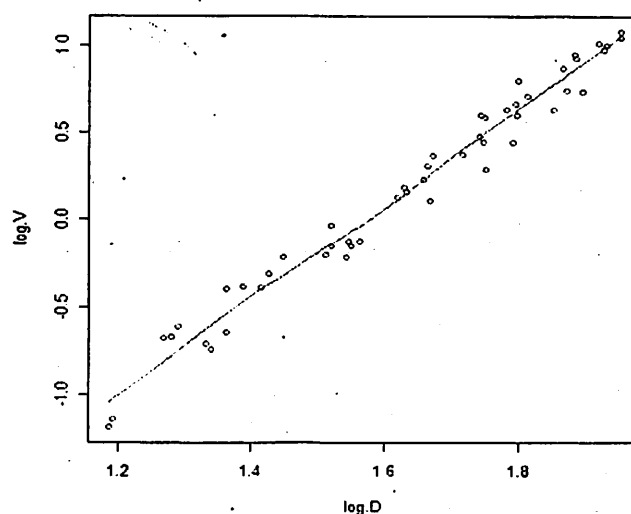


Figure 7 : courbe du volume des données ajustées

## 3.7.5. Barème de cubage

Les différentes tables de cubage sont présentées dans le tableau 5

Tableau 5 : Tables de cubage

Essence: <i>Guareathompsonii</i>										
Réserve forestière de Yoko										
Caractéristiques de l'équation: $Y = a X \text{ où } X = \text{dhp} ; a = 0,0000531 \text{ et } b = 2,72518$										
dhp (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0282	0,0366	0,0464	0,0577	0,0706	0,0851	0,1015	0,1198	0,1399	0,1622
2	0,1865	0,2130	0,2418	0,2729	0,3065	0,3426	0,3812	0,4225	0,4665	0,5134
3	0,5630	0,6157	0,6713	0,7300	0,7919	0,8570	0,9254	0,9971	1,0723	1,1510
4	1,2332	1,3190	1,4086	1,5018	1,5989	1,6999	1,8049	1,9138	2,0268	2,1440
5	2,2653	2,3909	2,5208	2,6552	2,7939	2,9372	3,0850	3,2375	3,3946	3,5565
6	3,7232	3,8947	4,0712	4,2526	4,4391	4,6307	4,8274	5,0294	5,2366	5,4491
7	5,6670	5,8904	6,1192	6,3536	6,5936	6,8393	7,0907	7,3478	7,6108	7,8797
8	8,1545	8,4352	8,7221	9,0150	9,3141	9,6194	9,9309	10,2488	10,5730	10,903

## CHAPITRE QUATRIEME: DISCUSSION DES RESULTATS

### 4.1. Comparaison des caractéristiques des tarifs de cubage

Une comparaison basée sur les paramètres de quelques tarifs de cubages est reprise dans le tableau 6 ci-dessous. Il s'agit des tarifs établis par la DIAF (2009) globalement dans les ex-provinces du Bandundu, Bas-Congo, Equateur et l'Orientale, à Yoko (2009) et au Cameroun pour l'espèce de notre étude (*G. thompsonii*) en comparaison avec notre tarif à Yoko (2016). Le constat fait de cette comparaison est que les paramètres de chacun des tarifs diffèrent d'une province à l'autre, d'une région à l'autre et d'un site à l'autre au sein d'une même province conformément à la validité de chacun des tarifs mis en comparaison. Toutefois, la convergence entre les différents tarifs relève du fait qu'ils suivent tous le modèle puissance ( $Y = ax^b$ ). Les résultats rejoignent ceux de nombre d'études qui stipulent que la plupart des contraintes biologiques se traduisent le plus sous le modèle puissance DIAF (2009) ; Kahindo *et al.*, (2010), Picard (2005). Ceci correspond à la première hypothèse de notre étude selon laquelle le tarif de cubage de *G. thompsonii* suit le même modèle "puissance" que les tarifs établis pour la même espèce dans d'autres sites.

Tableau 6 : Comparaison des caractéristiques des tarifs de Yoko (2016) avec ceux des autres régions pour l'espèce *G.thompsonii*

Province	Coefficients de régression	
	a	B
Bas-Congo, Equateur et Orientale	0,0004658	2,1340008
Bandundu	0,00018242	2,27505
Cameroun	0,00182	2,379844
Yoko 2009	0,000093119	2,49657
Yoko 2016	0,00005308	2,72518

En remplaçant les ordonnées à l'origine (coefficient a) et les pentes (coefficient b) de ces équations et en les appliquant sur des données similaires ( $10 \leq dhp \leq 100$  cm), les divers tarifs génèrent des tendances comparativement nettes. Ceci s'affiche exactement dans la figure 8 ci-dessous.

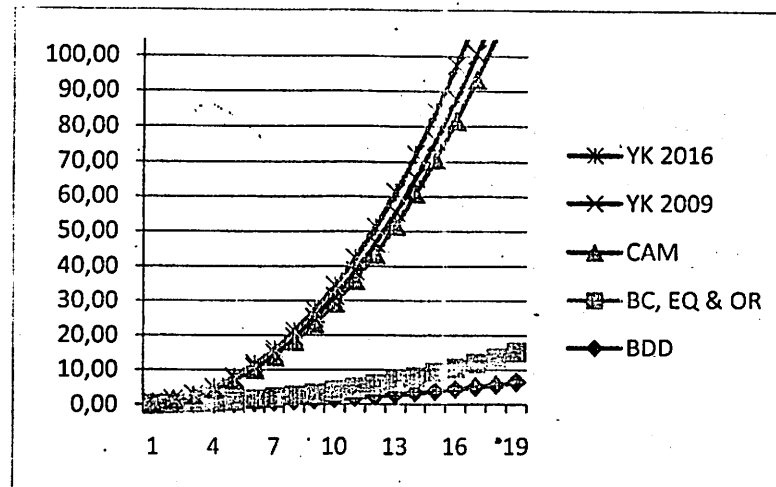


Fig.8 : Tendance générale du tarif de Yoko (2016) avec les tarifs établis dans d'autres sites pour l'espèce *G. thompsonii*

De cette figure il ressort directement deux grandes tendances. Le tarif de Yoko (2016) se rapprochent le plus de celui de Yoko de 2009 et celui du Cameroun d'un côté et ceux établis par la DIAF s'en écartent nettement de l'autre. Ces derniers sous-estiment les volumes des arbres quelque soit la classe de dhp. Dans le premier cas, leur tendance commune démontre que ces tarifs de Yoko (2016, 2009 et Cameroun) peuvent par défaut se substituer mutuellement.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le présent travail avait pour objectif général l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de *G.thompsonii* dans les deux parcelles permanentes de la réserve forestière de la Yoko.

Au cours de cette étude, nous avons obtenu des tarifs de cubage et de biomasse à une entrée qui est le diamètre à hauteur de potine (dhp).

Pour la construction de ces tarifs, notre échantillon était constitué de 50 pieds non abattus (arbres sur pieds) appartenant à l'espèce *G.thompsonii*, répartis en 8 classes de dhp et dhpsupérieur ou égal à 10cm. Concernant le prélèvement des données de diamètre et de hauteur des fûts ; nous avons utilisé le relascope de Bitterlich à bande étroite.

Le calcul du volume sur pied s'est fait selon la méthode de cubage par billons successifs en utilisant la formule de Huber

$$\text{Vol} = \frac{\pi.L}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) = \frac{\pi.L}{4} \sum_{n=1}^n x_{di}^2$$

La biomasse fût quant à elle, était estimée à partir du produit de volumes fût par la densité et la biomasse totale par le produit de facteur d'expansion de la biomasse (BEF) par la densité de bois et le volume du tronc.

Au cours de cette étude, un modèle de cubage a été développé. La forme de l'équation de cubage du volume fût (vf) est :  $\text{Vol} = 0,00005308 \times D^{2,72518}$  (une équation de régression du type puissance). Et les équations de biomasse fût et biomasse totale des arbres sont respectivement:

- Biomasse fût (BF) =  $0,026369 \times D^{2,768998}$
- Biomasse totale (BT) =  $0,07165 \times D^{2,768998}$

Comme ce travail n'a pas l'intention d'être complet, nous suggérons qu'à la longue des études sur les tarifs de cubage de biomasse soient multipliées dans différents sites des nouvelles provinces sur l'espèce *G. thompsonii* vue de mettre en place une base de données applicables à plusieurs endroits non seulement pour l'intérêt de recherche scientifique mais également pour l'intérêt économique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSUMANI, A., 2009 : Bilan dendrométrique des plantations expérimentales de *Pericopsis elata* charms van Mecuwem et *Milletia laurentii* de Wild installée à Yangambi (RDC) entre 1938 et 1942 mémoire DEA/UNIKIS, 119p.

ATIBT .2006 : Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier .Module2. Dendrométrie et topographie. Libreville, Gabon, 47 p.

BIGUMA, J., 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de *Staudtia stipitata* (= s. kamerunensis/warb) dans la réserve de Loweo (Yangambi, RDC) mémoire inédit FSA/UNIKIS, 49p.

BOYEMBA, B.2006 : Diversité et Régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC) .DEA inédit, VLB, Lab Bot ,Syst,101p.

DAGNELIE, P., 1985 : Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 378p.

EGGLESTON S.2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4, Japan.678 p

GAUDIN, S., 1996. Dendrométrie des peuplements. Module D42. BTSA-Gestion Forestière, CFPPPA/CFAA de Château farine, Besançon), 66 p.

GERMAIN,R etEV RAND,C.( 1956) : Etude écologique et physiologique de la forêt a *brachystegia laurentii*,Serie No 67 INEAC 102 p.

KAHAMBU, K., 2015 : Elaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Milletia laurentii* de Wild dans le jardin zoologique de Kisangani (Province de la Tshopo R.D.Congo). Mémoire inédit, FGRNR/UNIKIS, 36p.

KADETWA, K., 2015 : Elaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Terminalia superba* Engel & Diels dans le jardin zoologique de Kisangani (Province de la Tshopo R. D.Congo). Mémoire inédit, FGRNR/UNIKIS, 39p.

- KAHINDO, M., 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de *Futumia africana* (Benth/stapt dans la réserve forestière de la Yoko (Nord Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire inédit FSA/UNIKIS, 42p.
- KAHINDO, M., 2009 : Elaboration de tarif de cubage et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* (Dewild) J.Léonard, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch et *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de la Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire DEA/UNIKIS, 67 p
- KAMBALE, M., 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage *Gilbertiodendron kisanianse* (Vermoesen ex. Dewild) J.Léonard dans la réserve forestière de la Yoko (Bloc Nord), Ubundu, Province Orientale, RDC. Mémoire inédit, FSA/UNIKIS, 46p.
- KOMBELE, B. 2004 : Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. thèse de doctorat F. S.A Gembloux, pp 12-25.
- LOMBA et NDJELE (1998) : Utilisation de la méthode de transept en vue de l'étude de la phytodiversité dans la réserve de Yoko Fac. Sc. /UNIKI, pp 35-46.
- LOMBA, B. 2007 : Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de Yoko. D.E.S inédit, Fac, sc /UNIKIS, 60 p.
- LOUPPE, D.; KOUA, M. & COULIBALY, A., 1994. Tarifs de cubage pour *Isoberlinia* Craib & Stapf en forêt de Badénou (nord Côte d'Ivoire). Technical report, Institut des Forêts (IDEFOR), département foresterie, Côte d'Ivoire, 12 p.
- LIANDJA, A. 2006 : Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve floristique de Loweo à Yangambi. Mémoire inédit FSA/UNIKIS, 48 p.
- LEBRUM et GILBERT 1954 : Une classification écologique des forêts du Congo Bruxelles, Belgique, INEAC. 58p.
- MALONGOLA, J. (2010) : Etablissement de tarif de cubage : *Gilbertiodendron dewevrei* J. Léonard, *Diospiros* *Chyscarpa* F. White et *Diogoaz* *Zenker* (Engler) Excel et Men et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale RD CONGO/ mémoire inédit, FAC des sciences, 35 p.
- MATONDO, D. (2012) : Elaboration de tarif de cubage et de biomasse de *Brachystegia laurentii* (De wild.) Louis dans les peuplements monodominants de la réserve, de Yangambi. Mémoire inédit FSA/UNIKIS, 37 p.

- PICARD, N. 2008. Analyse des données de preinventaire de Yoko, CIRAD-ES :
- Reitsma, J.M. 1988. *Végétation forestière du Gabon*. Tropenbos Technical Series 1, The Tropenbos foundation, Wageningen, The Netherlands, 142p
- REYES, G., Brown, S., Chapman, J., Lugo, A-E. 1992: Wood Densities of Tropical Tree Species. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 15 p. (Gen. Tech. Rep. SO-88).
- RICHTER, H.G. et DALLWITZ, M. J. 2000. Commercial timbers: descriptions illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. Version: 4th May 2000.
- RONDEUX, J-J *et al*, 1998 : Construction de tarif de cubage d'arbres pour *l'almusglutineux* (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) presses agronomiques de Gembloux, Belgique, pp 1-11.
- TIMOTHY, M., 2005: Guide des mesures et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbues. Winrock international. Écosystème Service Unit 1621 N Kent St, Suite 1200 Arlington, VA 22209, 39 p.



## TABLE DES MATIERES

<b>0. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
0.1. Problématique.....	1
0.2. Hypothèses .....	1
0.3. Objectif du travail .....	2
0.4. But du travail.....	2
0.5. Intérêt du travail .....	3
0.6. Revue de la littérature.....	3
0.7. Subdivision du travail .....	5
<b>PREMIER CHAPITRE: CONSIDERATIONS GENERALES .....</b>	<b>7</b>
1.1. Description du milieu .....	7
1.1.1. Situation Géographique et Administrative.....	7
1.1.2. Climat.....	8
1.1.3. Sols.....	9
1.1.4. Végétation .....	9
1.2. Généralités sur l'espèce.....	10
A. Dénominations.....	10
B. Aire de répartition en Afrique tropicale et habitat.....	10
C. Description de l'espèce.....	10
D. Propriétés physiques et mécaniques.....	11
E. Utilisations.....	12
1.3. Tarifs de cubage et de biomasse .....	13
1.3.1. Tarif de cubage.....	13
1.3.2. Tarif de biomasse .....	15
<b>CHAPITRE DEUXIEME : MATERIELS ET METHODES UTILISES.....</b>	<b>16</b>
Ce chapitre présente les matériels utilisés ainsi que la démarche méthodologique de notre recherche. ....	16

2.1. Matériels du travail .....	16
2.2. Méthodes du travail .....	16
2.2.1. Echantillonnage.....	16
2.2.2. Traitement des données.....	18
<b>CHAPITRE TROISIEME: PRESENTATION DES RESULTATS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Distribution des arbres par classe de dhp .....	22
3.2. Qualité des fûts .....	23
3.3. Distribution des arbres par classe de diamètre au fin bout (dfb) .....	24
3.4. Distribution des arbres par classe de Hf .....	25
3.5. Volume fût en fonction du dhp.....	25
3.6. Biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp .....	26
3.7. Présentation des modèles de régression.....	27
3.7.1. Caractéristique des modèles de régression .....	27
3.7.2. Choix des modèles de régression.....	28
3.7.3. Equation de cubage et de biomasse.....	29
3.7.4. Ajustement de modèle aux données.....	30
3.7.5. Barème de cubage .....	30
<b>CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>32</b>
4.1. Comparaison des caractéristiques des tarifs de cubage .....	32
<b>CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>39</b>

---

## ANNEXE

### 1. Nombre de pieds par classe de diamètre au fin bout (dfb).

Classe	Fréq. Obs	Fréq. Rel (%)	Fréq. Cum
9,000 à 19,56	11	22,00	22,00
19,56 à 30,13	12	24,00	46,00
30,13 à 40,69	7	14,00	60,00
40,69 à 51,26	8	16,00	76,00
51,26 à 61,82	4	8,00	84,00
61,82 à 72,39	4	8,00	92,00
72,39 à 78,80	4	8,00	100,00
<b>Total</b>	<b>50</b>		

### 2. Nombre de pieds par classe de hauteur fût (hf)

Classe	Fréq. observé	Fréq. Relative	Fréq. Cum
4,70 à 7,70	5	10,00	10,00
7,70 à 10,7	11	22,00	32,00
10,7 à 13,8	13	26,00	58,00
13,8 à 16,8	6	12,00	70,00
16,8 à 19,8	5	10,00	80,00
19,8 à 22,8	7	14,00	94,00
22,8 à 24,7	3	6,00	100,00
<b>Total</b>	<b>50</b>		