

**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**  
***Terminalia superba* Engel & Diels. dans le jardin zoologique**  
**de Kisangani (Province de la Tshopo, RD Congo)**

Par

**Esther KADETWA KAYANGA**

**MEMOIRE**

Présenté et défendu en vue de l'obtention du Grade  
d'Ingénieur, Option: Eaux et Forêts

**Directeur: Prof. NSHIMBA SEYA WA MALALE**

**Encadreur: CT Thierry KAHINDO MALIRO**

**ANNEE ACADEMIQUE 2014-2015**

*Dédicace*

*A mes chers parents KAYANGA LWAMBA et Joséphine RUSIMBUKA,  
pour leurs soutien et encouragements qui nous ont toujours été  
utiles à tout moment et en n'importe quelle circonstance,*

*A mon très cher oncle Jean-Marie RUSIMBUKA pour le sacrifice  
qu'il s'est fait pour que je termine le parcours dans lequel je  
m'étais engagé sans espoir de finir,*

*Je dédie ce travail.*

*Esther KADETWA KAYANGA*

## REMERCIEMENTS

«Tout m'est permis, mais tout n'est pas utile ». A l'Eternel Dieu Tout-puissant à qui rien n'échappe et donateur de la sagesse de savoir distinguer l'utilité de ce cursus étudiantin, pour nous avoir rendu victorieuse dans le combat que nous avons mené et pour nous avoir rendu capable de réaliser ce travail dont la fin marque une longue histoire inoubliable d'endurance, patience et courage en mettant à notre faveur les capacités tant physiques, intellectuelles que morales ; nous lui disons grand merci. .

La réalisation du présent travail sanctionnant la fin de nos études universitaires n'est pas l'œuvre des efforts personnels mais résulte plutôt des efforts conjugués et de la contribution d'une multitude de gens tant du corps scientifique de notre faculté que du corps familial. Raison pour laquelle nous avons le plaisir de leur adresser graduellement nos remerciements et notre reconnaissance.

Nous remercions premièrement toutes les autorités académiques (Professeurs, Chefs de Travaux, Assistantés, Chercheurs) de l'Université de Kisangani en général et celles de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables " F.G.R.N.R." en particulier pour les différentes connaissances scientifiques et valeurs morales mises à notre disposition à notre propre faveur.

Nos sincères remerciements s'adressent plus particulièrement au Professeur **Hippolyte NSHIMBA SEYA WA MALALE** d'avoir accepté sans peine, la direction de ce travail malgré les multiples taches qu'il a à réaliser.

Nos remerciements s'adressent au Chef de Travaux Ir **Thierry KAHINDO MALIRO** pour les sacrifices qu'il s'est imposés en dépit de ses occupations, il accepté de conduire cette étude depuis le terrain jusqu'à présent.

Nos remerciement s'adressent à tous nos enseignants de la " F.G.R.N.R." et plus particulièrement au Professeur **Jean-Pierre MATE MWERU**, pour leurs contributions dans notre formations scientifique.

A toute notre famille spirituelle de l'Eglise de la 8<sup>e</sup> CEPAC GOSHIEN et à toute la famille mutuelle **LUKULA Kisangani** en général, au groupe des intercesseurs et groupe les messagers en particulier qui ont été notre refuge pendant les moments de bonheur comme les moments de malheur.

Grand merci au couple **Frédéric KAGAYO**, Famille **DIDACE SHAMULAGO**, Famille **BASHIMBIRWA Patrice**, Famille de Son Excellence **PAPA LONU** (Ministre de l'Agriculture et Environnement/PO), Famille Révérent Pasteur **KABUNGA**, Famille **IGNACE** et tous les autres chrétiens de l'église qui de loin ou de près ont contribué pour notre cheminement pour que nous soyons ce que nous sommes aujourd'hui.

A ma grand mère TEREZA DORCAS, à tout mes oncles paternels-maternels, à toutes mes tantes paternels-maternels en général et à maman chef des Divisions des affaires sociales DOMITILA RUSIMBUKA, à maman HENRIETTE RUSIMBUKA, JEANNE RUSIMBUKA en particuliers.

A tous mes amis, frères, sœurs, cousins et cousines en général et à Mamie BICHANO, WALTER SAFARI, SHETONDE KAYANGA, NEEMA KAYANGA, MATUMAINI KAYANGA, FURAHA KAYANGA, MANEGABE Bienfait, MANEGABE Patient, MANEGABE Selemani, NASHASHI RUKUNDO Jolie, WIVINE TULIYA, Fidel KIHEMBO ROMBA, MUDULO Héritier, Josué KABENGWA, Fr Stanley MUKENE, Fr Aimé, Fr Amini, Fr Pichen, Fr Amitié, Fr Fiston et les autres

A mes camarades compagnons de lutte : BADERA CIKURU, KATEMBO MULUHIRWA, IDUMBO LUBANGO, KABOBO LULENGULA, HEMMEDY KAFEKE, EMMANUEL, KOTO MATA, TANDIABUNA FLORANCE, MASIKA SYAHAVA, KAHAMBU KULUKA, BAHATI DATA, que ce travail soit pour tous un souvenir de bon parcours et d'amitié.

Au future père des nos enfants dont l'ombre des mes pense cache encore.

A tous et toutes nous disons grand merci.

**Esther KADETWA KAYANGA**

### Résumé

Une étude a été conduite dans le jardin zoologique de Kisangani sur le *Terminalia superba* en vue de l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse de l'espèce.

Des mesures de diamètre et de hauteur des fût ont été prélevées sur un échantillon de 75 pieds non abattus de plus de 10 cm de diamètre à la hauteur de poitrine (dhp = 10 cm) en vue d'estimer le volume ainsi que la biomasse sur pied.

Les arbres échantillonnés ont été répartis en 9 classes de dhp à savoir : 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm et  $\geq 90$ cm.

Les paramètres dendrométriques qui ont servi au calcul des volumes et de la biomasse étaient principalement le dhp, les diamètres intermédiaires prélevés tous les 1 ou 2 m le long du fût jusqu'à au diamètre fin bout (naissance des grosses branches). Le volume du fût a été calculé selon la méthode de cubage par billon successif à l'aide de la formule de Huber.

Les résultats de cette étude ont abouti aux équations de volume, de biomasse et de biomasse totale ci-dessous :

$$\text{- Volume fût} = 0,000038 \times D^{2,391256} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{- Biomasse fût} = 1,1648129 \times D^{1,6210766}$$

$$\text{- Biomasse totale} = 3,960364 \times D^{1,6210766}$$

Les équations ci-dessus sont des tarifs de cubage et de biomasse en une entrée (dhp).

**Mots clés :** *Terminalia superba*, équations de volume et de biomasse, jardin zoologique de Kisangani.

---

**Abstract**

A survey has been driven in the zoological garden of Kisangani on the *Terminalia superba* in view of the development of the tariff of cubage and biomass of the species.

Of the measures of diameter and height of them was have been appropriated on a sample of 75 feet non dejected of more than 10 cm of diameter in the height of chest (dbh  $\geq$  10 cm) in order to estimate the volume as well as the above ground biomass.

The sampled trees have been distributed in 9 classes of dhp to know: 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm and  $\geq$  90 cm.

The parameters that served to the calculation of the volumes and the biomass was mainly the dbh, the intermediate diameters appropriated all 1 or 2 m along the stock until to the thin diameter boils (birth of the big branches). The volume of the stock has been calculated according to the method of cubage by successive billon with the help of the formula of Huber.

The results of this survey succeeded below to the equations of volume, biomass and total biomass:

- Volume was =  $0,000038 \times D^{2.391256} \text{ (m}^3\text{)}$

- Biomass was =  $1,1648129 \times D^{1.6210766}$

- Total biomass =  $3,960364 \times D^{1.6210766}$

The equations are above tariffs of cubage and biomass in an entry (dbh).

Key words: *Terminalia superba*, equations of volume and biomass, zoological garden of Kisangani.

**LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX****a. Figures**

Figure 1. Jardin Zoologique de Kisangani (Google Earth 2015 modifié)

Figure 2. Qualité des fûts des arbres mesurés

Figure 3. La distribution des arbres par classe de dfb.

Figure 4. Distribution des arbres par classes de hf

Figure 5. Volume fût en fonction du dhp

Figure 6. Biomasse fût et Biomasse totale.

Figure 7. Ajustement des modèles de régressions

Figure 8. Comparaison des tarifs par Province pour l'espèce *Terminalia superba*

**b. Tableaux**

Tableau 1. Distribution des pieds par classe de dhp

Tableau 2. Caractéristiques des équations de régression proposées.

Tableau 3. Comparaison des paramètres de choix des équations.

Tableau 4. Caractéristiques des équations de régression : volume, biomasse et biomasse totale.

Tableau 5. Barème de cubage

Tableau 6. Comparaison du tarif du ZOOKIS à d'autres Provinces

## 0 INTRODUCTION

### 0.1. PROBLEMATIQUE

Depuis le début des années 2000, avec le retour progressif de la paix, la RD Congo a entrepris un vaste programme de réformes politiques, économiques et interinstitutionnelles, concernant notamment, le secteur forestier (Debroux 1998). Ainsi, sous la pression de certains de ses partenaires internationaux (Trefon 2004), le code forestier a été promulgué, la loi n° 011/2002 du 29 Août 2002 - afin de promouvoir la gestion durable des ressources et d'accroître leur contribution au développement économique, social et culturel du pays. Cette loi (art 10) stipule que le domaine forestier comprend les forêts classées, les forêts protégées et les forêts de production permanente.

C'est dans le cadre du jardin zoologique de Kisangani (domaine de forêts classées) que cette étude a été conduite. L'étude a pour but principal l'élaboration d'un tarif de cubage et de biomasse pour *T. superba* (Limba), une espèce qui domine le paysage du site de notre étude mais également inscrite à la première classe sur la liste des essences forestières de la RD Congo (DIAF 2009).

En foresterie, si les tarifs de cubage trouvent un écho important auprès de nombreux forestiers (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 abattu. C'est cela qui justifie la conduite de cette étude au sein du jardin zoologique.

De ce qui précède, nous avons tenté de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Les équations utilisées pour cette étude, suivent-elles un même modèle que les tarifs établis officiellement par la DIAF pour la même espèce au sein des autres provinces de la RD Congo ?
- Quelle est l'appréciation de la qualité du tarif de cubage de cette espèce en plantation comparée à celui trouvé dans d'autres Provinces pour la même espèce ?

## 0.2. HYPOTHESES DE RECHERCHE

Notre étude part de deux hypothèses selon lesquelles :

- Le tarif de cubage et de biomasse de *T. superba* (au jardin zoologique) suit le même modèle “puissance” comme pour les tarifs établis par la DIAF pour la même espèce dans les autres provinces de la RD Congo.
- Vu le port de l'espèce *T. superba* en plantation, la qualité du tarif de cubage est supérieure à celle trouvée pour la même espèce comparée avec d'autres provinces.

## 0.3. OBJECTIF DU TRAVAIL

Ce travail a pour objet d'élaborer le tarif de cubage et de biomasse pour l'espèce *T. superba* sous plantation au jardin zoologique de Kisangani.

Comme objectifs spécifiques, ce travail vise à :

- estimer le volume sur pied de l'espèce *T. superba* (limba) par un tarif approprié
- Calculer la biomasse fût ainsi que la biomasse totale sur pied par la méthode non destructive ou 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.
- Comparer les équations établies au cours de notre étude à celles établies par l'Administration Forestière, à l'occurrence la DIAF pour la même espèce dans l'ensemble des autres provinces.

#### 0.4. INTERET DE L'ETUDE

Ce travail revêt un double intérêt :

- Premièrement, les résultats de notre étude constituent une base par rapport à d'autres études qui pourraient ultérieurement être menées en vue de l'estimation des volumes ou de la biomasse dans le cadre de la gestion du carbone ou d'élaboration des plans d'aménagement.
- En fin cette étude du volume et de la biomasse de l'espèce trouvera son importance auprès des exploitants forestiers, les aménagistes et les décideurs comme un outil à appliquer dans les inventaires d'aménagement et/ou d'exploitation de l'espèce toute en tenant compte de la validité de ce tarif (*cf.* §). Naturellement, les tarifs (de cubage ou de biomasse) trouvent leur application dans les transactions commerciales (en unités monétaires par m<sup>3</sup>) courantes.

#### 0.5. REVUE DE LA LITTERATURE

Depuis 2009, les essences forestières exploitables de notre pays la RD Congo, en plus des dénominations, avaient déjà fait l'objet de description sur le plan de quelques paramètres dendrométriques à savoir : DME, AAM ; y compris leur tarif de cubage pour les anciennes provinces de l'Equateur, Orientale, le Bandundu et le Bas-Congo (DIAF, 2009). On dispose actuellement d'un bon nombre de tarif de cubage pour les espèces à haute valeur économique productrices des bois d'œuvres.

Dans la région de Kisangani et précisément pour le Limba, une espèce qui se retrouve plus en plantation qu'en peuplement naturel, on dispose relativement de peu de littératures en ce qui concerne l'estimation du volume ou la biomasse.

La plupart de tarifs dont on dispose se rapportent à d'autres espèces telles que :

- Biguma (2006) sur le tarif de cubage de *Stadtia stipitata* dans la Réserve de biosphère de Yangambi.
- Kahindo, 2006 : sur le tarif de cubage de *Funtumia africana* dans la de biosphère de Yangambi
- Kambale 2006 : sur le tarif de cubage de *Gilbertiodendron kisantuens* dans la de biosphère de Yangambi.

- Liandja, 2006 : contribution à l'élaboration du tarif de cubage de *Scorodophlocus zenkeri* Hams dans la RB de Yangambi.
- Kahindo (2009) : sur le tarif de cubage et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei*, *Guarea thompsonii* Et *Scorodophloeus zenkeri* dans la Réserve de biosphère de Yangambi.
- Malongola (2010), sur le tarif de cubage de *Gilbertiadendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* à Bawombi (Bengamisa).
- Matondo (2012) : sur le tarif de cubage et de biomasse de *Branchystegia laurentii* dans la Réserve de biosphère de Yangambi, etc

### **0.5. SUBDIVISION DU TRAVAIL**

Le présent travail s'articule autour de quatre chapitres. Outre l'introduction, la conclusion et les suggestions, le premier traite des généralités sur le milieu d'étude, l'espèce, le tarif de cubage et le tarif de biomasse ; 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.

## PREMIER CHAPITRE : GENERALITES

### I.1. MILIEU D'ETUDE

#### I.1.1. Description et choix du milieu d'étude

Le jardin zoologique de Kisangani constitue l'un de département du bureau au Ministère de l'environnement et de développement Durable (MEDD). Depuis un certain temps, les facultés des sciences et de Gestion de Ressources Naturelles Renouvelables de l'université de Kisangani y mènent traditionnellement des recherches botanique, zoologie et forestière.

Localement, le jardin représente un site et un point stratégique, écologique et touristique sur la carte de la ville de Kisangani. Ce qui attire de plus, les populations auprès du jardin c'est non seulement, sa diversité végétale et animale (plusieurs animaux en captivité) mais aussi et surtout un microclimat à l'environnement humain de la ville et qui fait de lui un site touristique et récréatif en raison de sa localisation aux abords directs de la rivière et qu'il abrite une des plages les plus attractives de la ville de Kisangani.

Sur le plan national, l'étendue de la concession du jardin zoologique de Kisangani est un écosystème particulier qui est compté parmi les zones protégées en République Démocratique du Congo pour la conservation intégrale.

Actuellement, peu d'informations sont disponibles sur l'évolution de la faune ainsi que la flore du jardin zoologique de Kisangani, d'où la nécessité d'y intensifier et d'y mener plus des recherches scientifiques dans le cadre d'un partenariat avec les institutions de recherche de la place dont l'UNIKIS.

C'est dans cette optique que nous avons choisi d'y mener cette étude sur *T. superba*, l'une des essences qui dominant son paysage.

#### I.1.2. Historique, situation géographique et administrative du Jardin zoologique

Le jardin zoologique de Kisangani, communément appelé « ZOOKIS » est l'un des cinq jardins que compte actuellement la RD Congo à savoir : le jardin botanique de Kisantu au Bas-Congo, le jardin zoologique et botanique d'Eala dans la Province de l'Equateur, le jardin zoologique de Lubumbashi au Katanga et le jardin zoologique de Kinshasa.

Situé dans l'ancienne Province Orientale actuellement province de la Tshopo, le jardin zoologique de Kisangani a été créé en 1951 par l'Ordonnance Présidentielle n° 78-215 du 5 mai

1978. Il est localisé sur la rive droite de la rivière Tshopo sur l'axe routier Kisangani-Buta à environ 4-6 km du centre ville du côté nord. Il occupe une superficie de 84 ha Kadange (1996).

Selon l'étude faite par Kabangi (1986), ce jardin a été créé le 21 juin 1951 et servait de station de quarantaine aux animaux capturés à l'intérieur de la région et qui devaient être expédiés vers les métropoles ou dans d'autres jardins du Zaïre (Paluku, 2006).

A partir des années 1978, suite à l'ordonnance présidentielle n° 78-215 du 5 mai 1978, la gestion des jardins zoologiques et Botaniques qui était assurée par l'Institut des Jardins Zoologique et Botanique du Zaïre a été confiée au ministère de l'environnement conservation de la nature et tourisme (MECNT) en sigle (actuellement appelé Ministère de l'environnement et Développement Durable : MEDD) pour des raisons de sauvegarde de la faune, de la flore en milieu urbain et pour une organisation plus adéquate Kadange(1996).

Il est limité :

- au Nord par la Paroisse Malkia wa Mashahidi,
- à l'est et au sud par la rivière Tshopo et
- à l'ouest par la rivière Tshopo Moke.

Il s'étend en amont et en aval du pont qui relie les deux rives de la rivière Tshopo. Il se situe à la rive droite de la rivière Tshopo entre le Beach UNIBRA et la centrale hydroélectrique de la société nationale d'électricité (SNEL). Les coordonnées géographiques sont : 00° 32'41, 0''N, 25°11'16,6'' E, altitude de 419 m (Balekage, 2009).

### **I.1.3. Description du milieu physique du Jardin Zoologique de Kisangani**

Le jardin zoologique de Kisangani fait intégralement partie de la ville de Kisangani. Administrativement, la ville est subdivisée en six communes : Lubunga (852 km<sup>2</sup>), Makiso (25km<sup>2</sup>), Mangobo (18km<sup>2</sup>), Tshopo (489km<sup>2</sup>), Kabondo (449 km<sup>2</sup>) et Kisangani (276km<sup>2</sup>), Bola (2002).



Photo 1. Vue aérienne du jardin zoologique sous forme d'une galerie forestière sur la rive droite de la rivière Tshopo (tirée de Google Earth 2015 en juillet)

#### a. Climat

Le jardin zoologique de Kisangani faisant partie intégrale de la ville de Kisangani, jouirait d'un climat typiquement équatorial chaud et humide de type Af selon la classification de Köppen (Juakaly, 2007). Cependant actuellement plusieurs travaux reconnaissent que le climat subit d'énormes variations ces dernières années dont les causes sont multiples. La température et la pluviosité en restent beaucoup plus affectées et varient inhabituellement d'une période à l'autre.

#### b. Sol

Ce jardin est couvert d'un sol forestier ferrallitique qui provient comme tout autre sol des modifications physiques, chimiques et biologiques subie par la « roche mère » sous argileux perméable.

#### c. Végétation

De par sa végétation, le jardin zoologique bénéficie d'un microclimat spécial. Sa concession présente une végétation du type des forêts artificielles dominées par l'espèce *T.*

*Superba* (Limba). Cette végétation est répartie en trois strates dont la strate arborescente, arbustive et la strate herbacée. Les espèces forestières sont réparties au sein de ces strates comme suit :

- ❖ Dans la strate arborescente, en plus du *T. superba* on y trouve les *Musanga cecropioides*, *Pycnanthus angolensis*, *Myrianthus arboreus*, *Millettia laurentii*, et
- ❖ Dans la strate arbustive et herbeuse, nous notons la présence dominante du *Rauwolfia vomitoria*, *Alchornea cordifolia*, *Alchornea floribunda*, *Macaranga spinosa* et les herbes qui sont dominés par *Costus lucanosianus*, *Afromomum laurentii*, *Panicum maximum*, *Paspalum paniculatum*, etc.

On note exactement la présence de plusieurs espèces animales en captivité dont principalement des primates, quelques reptiles, etc. Kadange(1996)

## **I.2. APERÇU SUR L'ESPECE *T. superba***

### **I.2.1. Dénominations**

L'espèce étudiée est connue sous le nom de *Terminalia superba* Engel et Diels. Son nom commercial est Limba. On l'appelle également : Fraké (Côte d'Ivoire, Cameroun), Afara (Grande Bretagne, Nigéria), Kojagéi ou Mendi (en sierra Leone et Libéria), Fraké ou Twi (au Ghana), Ngango ou Lissongo (en RCA), Limba (Kiyombe), Limba ou N'dimba (à Kabinda et Angola)

### **I.2.2. Position systématique**

Le *T. superba* (Limba) appartient à la famille des Combrétacée, ordre des Myrtales, classe Magnoliopsida et Embranchement des Magnoliophyta,

La famille de combrétacées compte environ 18 genres avec 450 espèces dont à peu près 200 sont du genre *Terminalia*, Groulez et Wood, (1985).

### **I.2.3. Présentation du port**

*T. superba* présente :

- Une base avec des grands contre forts minces ailés, triangulaire qui peuvent aller jusqu'à 4 m voire même 5 m sur la hauteur de l'arbre et qui s'étendent à plusieurs mètres sur le contour de la base.
- Un fût droit cylindrique de 35 à 45 m de longueur et 1,3 m de diamètre

- Un houppier de couleur blanche avec branches étagées et étalées horizontalement.
- Une écorce grisâtre lisse chez les jeunes arbres, peu épaisse de presque 1cm, fendillée longitudinalement et se détachant par plaques rectangulaires minces donnant un aspect tranchée de blanc et rougeâtre chez les vieux arbres avec une tranche brunâtre.
- Il a un aubier non différencié
- Son bois présente des couleurs variantes selon leur origine dont : le limba blanc (blanc à jaune pâle), Limba noir (gris, olive à brun noir), limba bariolé (veine, claire et flanché) et le fraké (avec tache noire disséminée).
- Ses feuilles sont caduques alternes, simple (8-18x-10cm), en petites touffes dressées à l'extrémité des rameaux à long pétiole (8-7 cm) avec souvent deux glandes
- Les fruits sont des samares à deux ailes, transversalement des longueurs de (2-3X 5-6 Cm) Vivien et Faure, (1985)

#### I.2.4. Caractéristiques écologiques et floristiques

Le limba est une espèce africaine, endémique des forêts ombrophiles, semi-sempervirentes appartenant à la région phytogéographique guinéenne qui se développe préférentiellement sous une pluviométrie annuelle supérieure à 1500mm et une saison sèche inférieure à 4 mois. *Terminalia superba* se développe dans les zones d'une température comprise entre 20 et 28°C.

C'est une espèce héliophile, on la retrouve majoritairement entre 150 et 280m d'altitude dans les vallées des pentes de l'ordre de 0.5 à 50% des sommets des collines et des bases des pentes. Cette espèce préfère des sols alluvionnaires riches et frais, rouge ou rouge violacé développés sur des amphibolites mais aussi les sols sableux, sablo-argileux, bruns ou brun jaune à PH acide avec un taux élevé des matières organiques, Groulez et Wood, (1985).

C'est dans ces conditions que cette espèce atteint son développement maximum.

#### I.2.5. Aire de distribution

Le Limba occupe naturellement une aire très vaste depuis la sciera-Leone et la Guinée jusqu'au Mayumbe en R.D.Congo, République Centre Africaine, puis descend le long du système fluvial au Bangui-Congo dans l'hémisphère Sud pour rejoindre le Mayumbe en R.D.Congo, République du Congo, au Nord-Ouest de l'Angola. Au Sud, elle se disloque en îlots dispersés jusqu'à une limite méridionale qui est située à 12° de latitude Sud.

### I.2.6. Ennemis naturels

Les ennemis naturels de *T. superba* sont nombreux, seuls pouvant porter des gravités sont les bostryches foreur de tronc, les cérambycidés foreurs de tronc, platypes des piqûres noires internes, C.T.F.T, (1988).

Certains insectes peuvent s'attaquer aux Limba tels que : *Componutus cherculeanus*, les Bostryches chalcographe, le *clohermis flavicollis*, etc.

### I.2.7. Usage et condition des régénérations

Après avoir subi les traitements de préservation appropriés, l'espèce *T. superba* est employée avec succès en menuiserie extérieure particulièrement volets persiennes, volets roulants. Dans cet usage il est conseillé de peindre.

Le Limba est actuellement utilisé dans la fabrication de contreplaqué et la menuiserie de bâtiment : plinthes, moulures, aménagement intérieurs divers, portes planes. Ses feuilles tranchées sont employées en décoration. Il est trop tendre pour un usage en parquets.

Le limba blanc est beaucoup plus recherché dans la fabrication de contre plaqués et des placages tranchés. Ceux-ci sont utilisés dans leurs couleurs naturelles ou après teinture. Tandis que les rondins de limba noir ou bariolé sont parfois touchés et destinés à la décoration.

Cette espèce convient aussi bien à la fabrication des meubles peints et plaqués qui sont en faveur dans le mobilier contemporain. Ses caractéristiques permettent son utilisation en charpente : charpentes assemblées classiques et charpentes la mallées collées BFT, (1974).

Quant aux conditions de la régénération de *T. superba*, Groulez et Wood (1985) montrent que sa régénération naturelle exige de trouver dans la canopée des forêts des conditions suffisamment propres pour que la graine puisse atteindre le sol forestier, avec absence de compétition pendant plusieurs années. Ces conditions sont remplies assez rarement et la régulation naturelle est possible dans un système de gestion sylvicole des forêts, mais cette méthode est très coûteuse.

### **I.3. TARIF DE CUBAGE ET TARIF DE BIOMASSE**

#### **I.3.1 Tarif de cubage**

##### **I.3.1.1 Définition**

Selon la CTFT, (1956), Bouchon, (1974), Kahindo (2009), un tarif de cubage est un tableau chiffré, une formule ou un graphique qui donne une estimation d'un volume d'un arbre ou d'un ensemble d'arbres (peuplement) en fonction de diverses variables qui sont les entrées du tarif. Les entrées sont caractéristiques de l'arbre (diamètre, hauteur moyenne, hauteur dominante...)

Mabiala et Kandaka (1981) définissent le tarif de cubage comme étant un tableau qui présente le volume d'un arbre (variable dépendante) avec ou sans écorce en fonction d'un ou de plusieurs paramètres alors appelés variables.

##### **I.3.1.2. Sorte de tarif de cubage**

Il y a deux types de tarif de cubage dont :

**Le tarif de cubage des arbres :** les données de base sont prises à l'échelle de l'arbre (dhp, hauteur total, ...). Il exprime différents types des volumes des arbres en fonction d'un seul paramètre dendrométrique mesuré. On parle dans ce cas de tarif local ou tarif spécifique.

Le tarif de cubage des arbres peut aussi être à plusieurs entrées qu'on appelle par fois « tarifs généraux » lorsqu'il présente des arbres en fonction des plusieurs paramètres dendrométriques mesurés. Il se calcule par  $V = a + bD^2H$  avec a, b des constantes, D : diamètre à hauteur de la poitrine et le H hauteur fût, Anonyme, (1997)

NB : Il est à noter que les tarifs à double entrées sont préférables, car ils font intervenir la hauteur et la circonférence des arbres et permettent d'observer de près la réalité et d'atteindre ainsi une bonne précision. Malheureusement, ces tarifs à deux entrées sont d'une utilisation malaisée car il faut mesurer les circonférences de tous les arbres du peuplement pour en connaître le volume, mais aussi les hauteurs, ce qui présente un travail trop lourd.

Il est aussi nécessaire d'établir en parallèle un tarif à une seule entrée avec la circonférence dont l'utilisation est plus aisée et pratique pour le forestier au terrain.

L'établissement d'un tarif de cubage n'est jamais définitif, il doit être mis à jour grâce à des données supplémentaires au fur et à mesure de l'avènement des travaux d'inventaire et du vieillissement des peuplements, Matondo, (2012).

**Le tarif de cubage des peuplements :** les données de base sont les paramètres peuplements : ( ST, Hauteur dominante par exemple.)

D'après Ahuka, (1976) et Biguma, (2006) le tarif des peuplements peut aussi être à une entrée ou à plusieurs selon les paramètres dendrométriques pris en considération. Les tarifs des peuplements à deux et 3 entrées se calculent par les relations suivantes :

➤ Tarif à 2 entrées (G et H)=  $V=a+Bg+Ch+dgH+e GH^2$  avec  $V= abHc$

Où V = volume tige / ha

G = surface terrière à l'ha

H = Hauteur moyenne ou hauteur dominante

➤ Tarif à 3 entrées ( $N_1, N_2, N_3$ ) =  $V = a_1 N_1 + a_2 N_2 + a_3 N_3$  Où V= volume/ha sur écorce du bois de feu,  $N_1$  = nombre/ha des brins de hauteur totale < 2m,  $N_2$  = nombre/ha des brins de hauteur comprise entre 2 et 6 m,  $N_3$  = nombre/ha des brins de hauteur > 6 m

NB : C'est ce dernier modèle qui est bien adapté aux peuplements pour lesquels, les mesures de diamètre sont plus compliquées que les mesures de hauteur (arbres à tiges de mauvaise forme,...).

### I.3.1.3. Intérêt et validité d'un tarif de cubage

Comme nous l'avons annoncé à l'introduction, l'intérêt d'un tarif découle du fait qu'il peut être utilisé dans les transactions commerciales (en unité monétaire par  $m^3$ ) ou dans des travaux d'aménagement forestier en vue d'estimer le volume potentiellement aménageable Matondo, (2012)

Etant donné que les tarifs de cubage ne sont que des relations statistiques, ils ne sont valides que pour :

- l'essence ou le groupe d'essences auxquelles le tarif se réfère,
- le type de peuplement (futaie régulière adulte, taillis sous-futaie),
- la zone de validité (région, localisation du peuplement échantillonné)
- la définition des variables dépendantes et explicatives (niveau de mesure, unités, etc.)
- le nombre d'arbres échantillonnés,
- la méthode de calcul des volumes individuels des arbres échantillonnés
- la méthode de construction, les classes de diamètre utilisées (graphique,...)

Rondeux (1993) ; Picard (2005).

### **I.3.2. Tarif de biomasse**

Selon Kahindo, (2009) ; un tarif de biomasse est une équation (ou tableau, graphique) permettant de prédire la biomasse d'un arbre à partir des caractéristiques dendrométriques facilement mesurables tel que le diamètre à hauteur de la poitrine ou la hauteur. Plusieurs autres auteurs définissent le tarif de biomasse différemment à l'occurrence.

C'est la quantité totale de matière organique aérienne présente dans des arbres exprimées, 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 F.A.O (1991). Selon Guitet, (2007); Kahindo (2009), la biomasse épigée est définie comme étant la masse de la partie ligneuse (Tronc, écorce, branche, brindilles, feuilles, etc) des arbres vivants ou morts, les arbustes et des buissons à l'exclusion de la souche et des racines.

## DEUXIEME CHAPITRE : MATERIEL ET METHODE

### II.1. MATERIEL

Cette étude a été menée dans le jardin Zoologique de Kisangani sur l'espèce *T. superba* (limba). Le prélèvement de données se faisait sur des pieds (arbres) non abattus. Quelques instruments nous ont été indispensables à la récolte de données à savoir : un relascope de Bitterlich à bandes larges pour la mesure des diamètres (Dhp, dfb et hauteur totale ou hauteur du fût), un télémètre (Leica Disto) ou un pentadécamètre pour mesurer les distances horizontales entre les points de prise de mesure et l'arbre à mesurer).

Tous les pieds de plus de 10 cm appartenant à l'espèce *T. superba* avaient été marqués (numérotés) et leur circonférence à 1,30 m était mesurée (par conséquent leur dhp connu).

### II.2 METHODES DU TRAVAIL

#### II.2.1 Echantillonnage

Un Echantillon est constitué d'un nombre limité d'individus, d'objet dont l'observation permet de tirer de conclusion applicable à la population (peuplement) entière à l'intérieur de laquelle le choix de ce dernier a été effectué Kambale, (2006).

En effet en plus du dhp, pour chaque pied retenu dans cette étude quelle que soit sa classe de diamètre, nous subdivisions le fût en billons fictifs de longueur  $\leq 2$  m et nous avons prélevé sur ces derniers (moyennant un relascope de Bitterlich) les diamètres intermédiaires (au bout de chaque billon) à partir, soit du diamètre à la souche ou du dhp (1,30 m) jusqu'à la naissance de la plus grosse branche ou l'apparition du plus grand défaut de forme du fût. C'est ainsi qu'à l'issue des mesures directes sur chaque pied, l'on retenait: le dhp (ou le diamètre de la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires et la longueur ou la hauteur totale du fût.

#### II.2.2. La taille de l'échantillon.

Plusieurs études, ont démontré qu'il faut 30 à 100 arbres pour élaborer un tarif de cubage d'un peuplement, 400 arbres pour une forêt, 1000 arbres pour une région et 2000 pour un pays, Picard et *al.*, (2005) ; FAO (2000) ; ATIBT, (2006). Pour ce qui concerne nos données, le diamètre minimum a été fixé par défaut à 10 cm. La taille de l'échantillon a quant à elle, été fixée de manière à ce qu'on puisse avoir un même nombre de tiges ou un minimum égal dans le plus de classes de diamètre possible, ATIBT, (2006).

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu 75 arbres dont le dhp était  $\geq 10$  cm. Ils étaient répartis en 9 classes de dhp en raison de 5 à 10 pieds par classe de diamètre, soit les classes de 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm, 40–50 cm, 50–60 cm, 60–70 cm, 70–80 cm, 80–90 cm et  $\geq 90$  cm.

Pour le calcul du volume les paramètres retenus étaient : le dhp (ou le diamètre de la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires, la longueur (hauteur) du fût.

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 (de coupe des bois).

Étant donné que la biomasse des fûts devrait être tirée du volume fût respectivement, les classes de diamètres ou de hauteur des fûts sont restées les mêmes tant pour le tarif de cubage (le volume) que le tarif de biomasse en raison de 9 classes de dhp.

### II.2.3. Traitement des données

Le traitement commence par la préparation des données récoltées. Cette préparation nous a permis de transformer les données prélevées au Relascope en données réelles. Le Relascope est gradué en unités relascopiques (bandes larges et bandes étroites) qui, après prélèvement des paramètres devront être transformées selon la formule conventionnelle ci-après :  $D=2Dh (Nbl+NBe/4)$  où  $D$  : diamètre,  $Dh$  : (distance horizontale) soit la distance de l'arbre au point de prise de mesure,  $Nbl$  : le nombre de bandes larges et  $Nbe$  : le nombre de bandes étroites vues et comptées au relascope.

### II.2.4. Construction des tarifs

#### II.2.4.1. Tarif de Cubage

La construction d'un tarif de cubage se base sur plusieurs méthodes à savoir ; la méthode graphique et la méthode mathématique, lesquelles sont toutes actuellement remplacées par la méthode mathématique où les tarifs sont présentés sous-forme d'équation résultant de l'application de la méthode statistique de régression, Otomabongaa, (2007) in Matondo, (2012).

Plusieurs étapes sont à suivre dans l'élaboration de tarifs de cubage dont le calcul des volumes individuels des arbres en se servant des données prélevées sur le terrain, la sélection ou le choix des équations qui expriment les volumes en fonction des variables explicatives

(diamètre, hauteur du fût ou hauteur totale etc.); l'ajustement des équations ou données observées et enfin la construction des tables de cubage, Thibaut et al; (1998).

#### a. Calcul du volume

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

$$V = \frac{\pi.L}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) = \frac{\pi.L}{4} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

Où L désigne la hauteur du billon ;  $d_1$  le diamètre inférieur à la base du fût et enfin  $d_2, \dots, d_n$  sont respectivement les diamètres au bout du premier billon à partir de la base,  $d_3$  au 2<sup>e</sup>, ...,  $d_n$  au fin bout (hauteur totale du fût) soit au bout de  $n-1$  <sup>nième</sup> billon.

#### b. Equation de régression

Nous servant d'une expression ou équation de régression, nous avons calculé les paramètres (a et b) et le coefficient de corrélation (r) à partir des volumes fût observés (Y obs) et du Dhp (x). Coefficient de corrélation r ou de détermination R ( $R=r^2 \cdot 100$ ) où le carré du coefficient est exprimé en %.

Selon Mabiala, (1981), la valeur maximale du coefficient de corrélation lorsque l'ajustement est parfait est égal à 1. Mais pour le tarif de cubage, ce n'est pas le cas. Un coefficient de corrélation d'une valeur égale à 80%, c'est-à-dire 0,8 montre déjà une bonne régression. Kahindo (2006) ajoute que le coefficient dont la valeur est inférieur à 0,8 et ceux dont les valeurs des volumes sont négatives sont rejetés car les volumes des arbres sont logiquement positifs.

Plusieurs obstacles biologiques s'imposent dans le développement architectural des arbres selon différentes littératures sur les tarifs de cubage déjà élaborés. Il convient de signaler que les contraintes biologiques sont naturellement le plus traduites selon un modèle puissance. Après analyses exploratoires sur les données de volumes, une seule équation de régression a été retenue pour l'ajustement en fonction des paramètres statistiques divers.

$$IC = \frac{\sum (Y_o - Y_c)^2}{N(N-1)} \text{ avec SCE : sommes des carrés des écarts (} Y_o - Y_c \text{) et N : échantillon}$$

Il s'agit de la forme puissance qui se présente comme suit :  $V=aX^b$  où  $V=Volume$ ,  $X=dhp$  (variable explicative ou indépendante);  $a$  &  $b$  sont les paramètres de l'équation communément appelés "coefficients de régression".

Ce modèle étant non linéaire, et ces données présentant habituellement l'hétéroscédasticité (c'est-à-dire une augmentation de la variance du volume avec l'accroissement des diamètres), la transformation log-log permet de le ramener à une régression linéaire :

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

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

Ensuite le test sur le volume résiduel nous a également servi de prédire la qualité de tarifs.

En effet, l'analyse résiduelle est basée sur la comparaison des résidus des modèles à un seuil de confiance donné. On cherche à avoir une variance qui tend à minimiser la somme de carré des écarts.

Cette variance résiduelle (Var) se calcule par la relation:

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

avec  $V_{obs}$  = volume calculé pour un arbre donné de diamètre connu  $D$  et  $V_{prédit}$  = volume estimé par le modèle (soit  $Vol = aD^b$ ). Après ajustement le modèle prédit est :  $Vol = a_s + b_s D_i + \varepsilon$

- L'écart-type résiduel (ECTR)

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

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)

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

-l'intervalle de confiance (IC)

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

### II.2.4.2. Tarif de biomasse

Le tarif de Biomasse sera établi de la même façon que le tarif de cubage en procédant par le calcul de la biomasse individuelle des arbres sur base de leur dhp, l'établissement des équations de Biomasse, calcul de la biomasse fût, calcul de la biomasse totale.

Nous servant des équations allométriques, nous avons déterminé la biomasse fût et la biomasse totale à travers les relations suivantes :

$$\text{Biomasse (fût)} = \text{volume} \times \rho$$

$$\text{Biomasse totale} = \text{volume du tronc} \times \rho \times \text{BEF}$$

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

Ce facteur d'expansion de la biomasse devrait varier d'une espèce à l'autre Timothy *et al.*, (2005), Kahindo, (2009).

En effet, comme nous n'avons pas prélevé des échantillons de bois (méthode non destructive) sur les arbres et surtout que nous n'avons pas testé la densité au laboratoire, nous nous sommes servi des Constantes proposées dans les études antérieures pour l'ensemble de forêts tropicales humides, notamment celles qui ont été menées en Amazonie par Brown (1997) et Chave *et al.* (2005) cité par Kahindo (2009).

### CHAP III : PRESENTATION DES RESULTATS

Ce chapitre présente les résultats de ce travail sous-forme des tableaux et graphiques commentés conformément aux données de l'étude.

#### III.1 DISTRIBUTION DES PIEDS PAR CLASSE DE DHP

Le tableau 1 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.

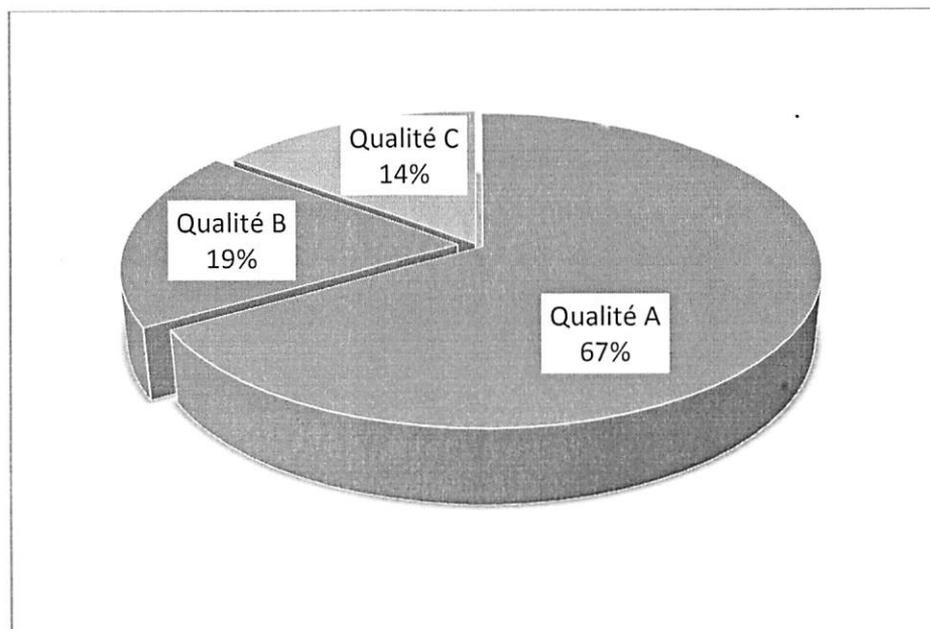
**Tableau 1** : Distribution des pieds par classe de dhp

N°	Cl <sub>1</sub> (cm)	Cl <sub>2</sub> (cm)	Cl <sub>3</sub> (cm)	Cl <sub>4</sub> (cm)	Cl <sub>5</sub> (cm)	Cl <sub>6</sub> (cm)	Cl <sub>7</sub> (cm)	Cl <sub>8</sub> (cm)	Cl <sub>9</sub> (≥ 90 cm)
1	16,5	24	30,75	40	50	61,25	70	80	91,25
2	18	24	32	42	51,25	61,25	71,25	80	92,5
3	18,75	25,5	35	42	51,25	62,5	72,5	81,25	93,75
4	18,75	27	35	43	52,5	63,75	72,5	83,75	98,75
5	19,5	28,5	35,75	43	55	63,75	73,75	85	100
6		28,5	36	43,75	56,25	63,75	73,75	85	100
7		29	36	45	57,5	65	77,5	86,25	101,25
8			37	47	57,5	68,75	78,75	87,5	105
9			37		57,5	68,75		87,5	
10			38					88,75	
11								88,75	
<b>Total/classe</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>8</b>
<b>Sommation</b>	<b>75</b>								

Il ressort de ce tableau que l'échantillon sur lequel a porté notre étude est constitué de 75 arbres de plus de 10 cm de dhp au total répartis dans 9 classes. Dans le souci de garder un même nombre de pieds (ou presque) par classe de dhp, nous avons pris globalement 7 ou 9 arbres par classe de dhp sauf pour les classes qui ont fait l'objet de moins ou de plus de 8 pieds en raison du manque ou de large indisponibilité des pieds de la grosseur dans le site (notamment les classes 1, 4 et 9). Nous rappelons également que, malgré quelques difficultés de visibilité, la plupart de ces pieds présélectionnés pour l'étude présentaient un fût droit, ± cylindrique et relativement bien visible sur toute la hauteur à des distances de 20 à 30 m par rapport aux arbres de mesure échantillonnés. La qualité A représente 67% des cas et le reste représente respectivement 19% et 14 % pour les qualités B et C (cf. figure2).

### III.2. QUALITE DES FUTS

La figure 2 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 méplats sur toute la hauteur du fût, 2 ou 3 méplats au dessus des contreforts] et C : [1 Courbure prononcée, forme conique, plus d'un méplat sur toute la hauteur du fût, contreforts allongés].

### III. 3 DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE DIAMETRE AU FIN BOUT (DFB)

La figure 3 ci-dessous présente la distribution des arbres par classe de dfb.

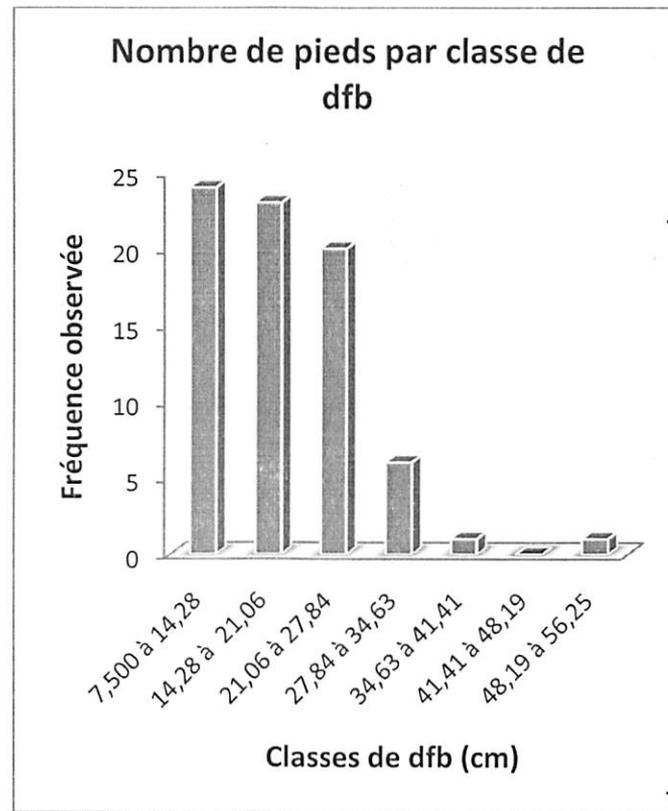


Fig.3 : Nombre des pieds par classe de diamètre au fin bout (dfb)

Il ressort de cette figure que le nombre des pieds par classe de dfb a varié d'une classe à l'autre. Toutefois, le plus grand nombre est observé dans les 3 premières classes entre 7,5 et environ 28 cm. Le minimum observé est de 7,5 cm et le maximum est de 56,25 cm (cf. tableau en annexe1).

### III. 4 .DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE HAUTEUR FUT (HF)

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

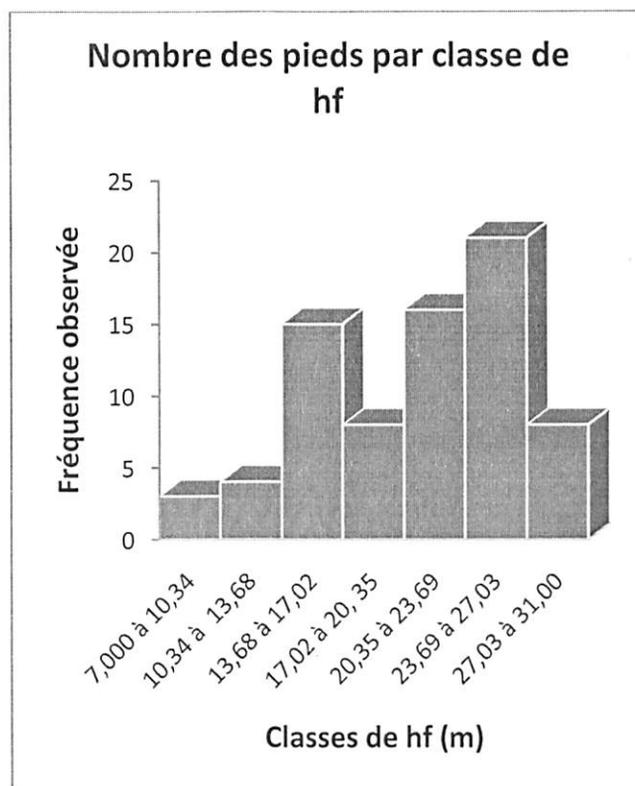


Fig.4 : Nombre des pieds par classe de hauteur fût

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 de notre échantillon sur le *T. superba* (Limba), nous avons noté que les arbres possèdent des fûts relativement élancés. Le plus grand nombre des pieds enregistrés a été observé entre 13,6 m et 31 m. La longueur minimale observée est de 7 m (cf. tableau en annexe 2).

### III.5. VOLUME FUT EN FONCTION DU DHP

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

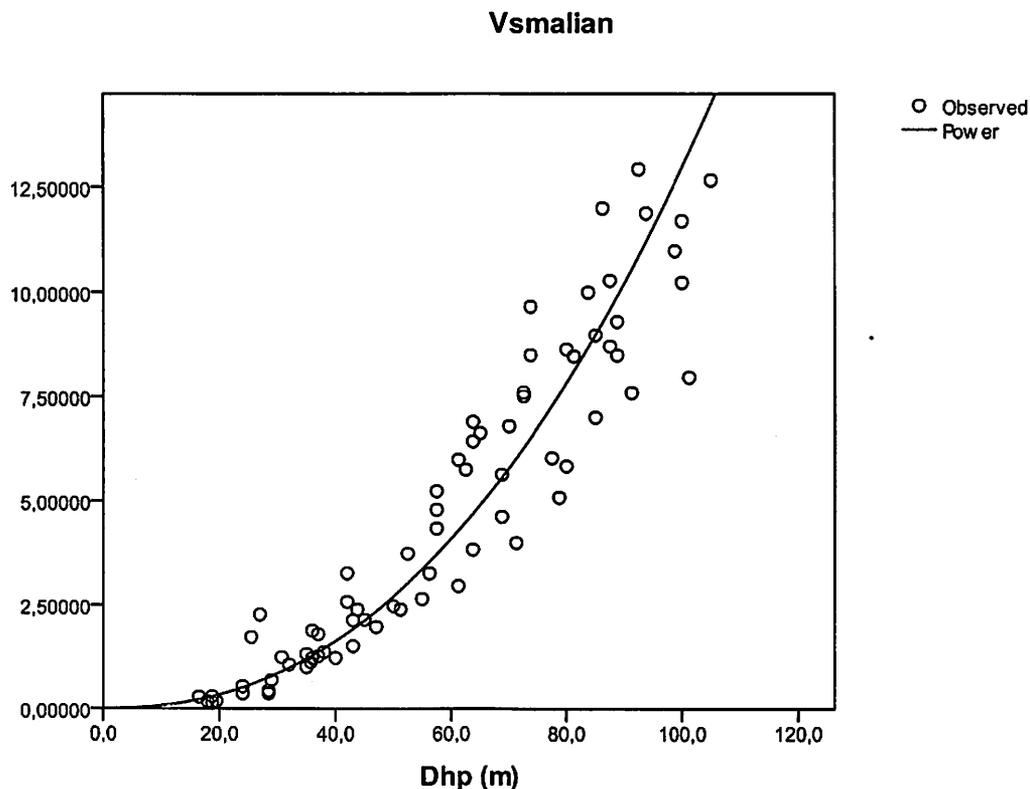


Figure 5 : Graphique de cubage ou du volume en fonction du dhp.

Le graphique de cubage avec sa courbe de lissage qui correspond et qui exprime le volume en fonction du dhp montre qu'au fur et à mesure que le dhp augmente, les points qui représentent les volumes individuels ne sont pas proportionnels de dhp. La courbe présente une allure exponentielle croissante (modèle puissance) avec une forte hétéroscédasticité (variance du nuage des points) à partir des tiges de plus de 35 cm au dhp. Cela indique qu'il convient mieux de procéder aux transformations logarithmiques (cf. § II.2.3.1) pas seulement pour réduire l'hétéroscédasticité mais également pour tenter de linéariser la relation du volume (la variable expliquée) en fonction du dhp (la variable explicative (cf. § II.2.3.1.)).

### III.6. BIOMASSE & BIOMASSE TOTALE DES ARBRES EN FONCTION DU DHP

Comme nous l'avons exprimé au chapitre II paragraphe II.2.3, la biomasse fût a été 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 ».

Le BEF a également été pris comme une constante. La valeur moyenne du BFE pour les forêts tropicales humides est généralement de 3,4 Eggleston, (2006). Et comme pour le volume fût, les courbes de biomasse fût et biomasse totale (deux paramètres biologiques) en fonction du dhp sont compatibles, présentent l'hétéroscédasticité, leurs relations se traduisent mieux par le modèle puissance. La figure 6 ci-dessous présente l'évolution de la biomasse fût et de la biomasse totale.

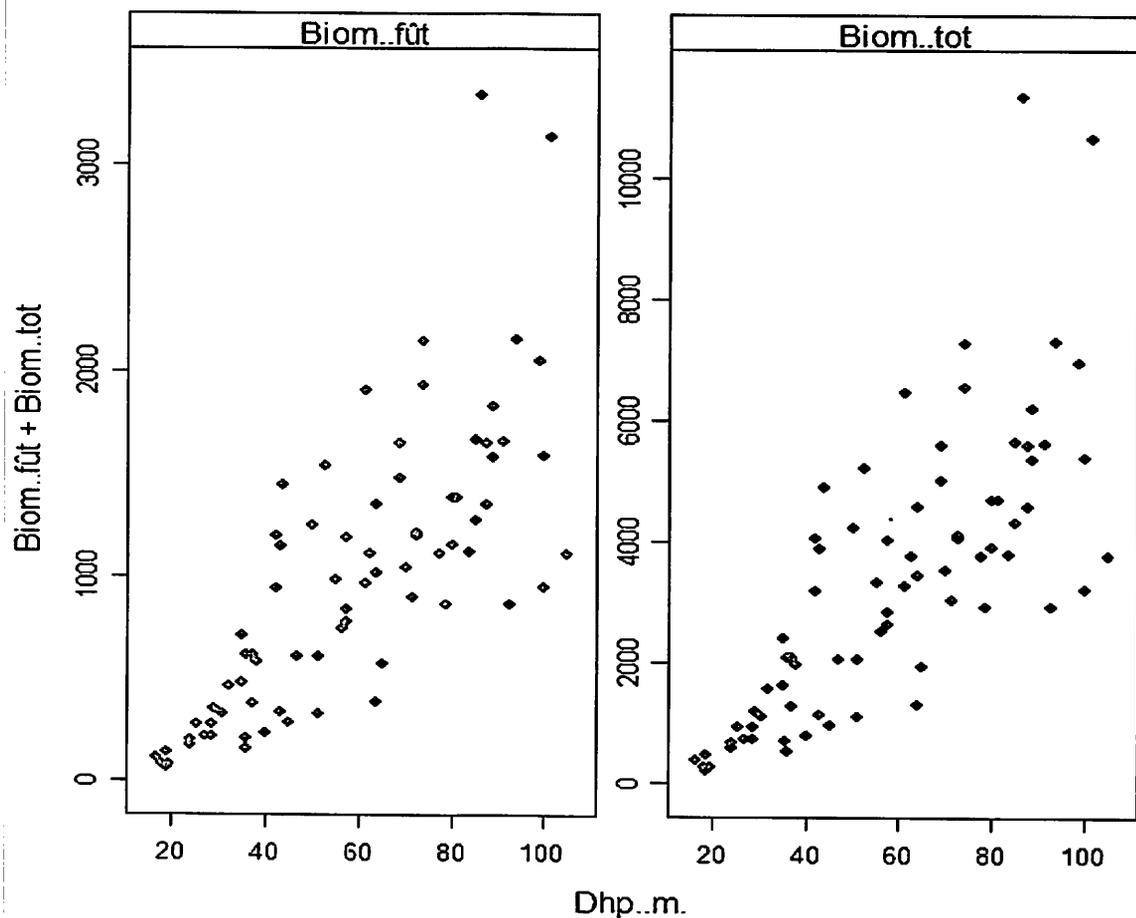


Figure 6: Graphiques de biomasse fût (à gauche) et de biomasse totale (kg) (à droite) en fonction du dhp (cm)

Au regard de ces deux courbes de biomasse fût et biomasse totale qui résultent toutes du volume en incorporant des constantes (densité et BEF), nous remarquons directement qu'elles sont semblables entre elles (mêmes allures) et ce ne sont que les quantités en ordonnées qui marquent la différence de l'une et de l'autre. La biomasse totale est supérieure à la biomasse fût.

### III.7. PRESENTATION DES MODELES DE REGRESSION

#### III.7.1 Caractéristiques de modèles de régression.

La relation entre le volume et le dhp nous a permis de calculer et d'examiner quelques paramètres statistiques (leurs coefficients de régression a, b et les coefficients de corrélation "r" et de détermination "R" (figure 6 page suivante) pour 4 types d'équations de régressions, à savoir : linéaire, logarithmique, puissance et exponentielle. L'importance de ces différents modèles réside dans la comparaison des paramètres de décision dans le but d'en retenir celle qui correspondra aux critères de choix Dagnelie (1985, Rondeux (1999).

**Tableau 2** : Comparaison des paramètres des équations de régression proposées

Modèle	Coefficients de régression		Coeff. de corrélation	Coeff.de détermination
	a	b	r	R
Linéaire	-3,38	0,14	0,878	77,0884
Logarithmique	-21,64	6,677	0,782	61,1524
Puissance	0,000387	2,2623	0,915	83,7225
Exponentielle	0,247	0,043	0,836	69,8896

#### III.7.2. Choix de modèle de régression

Le choix de la meilleure équation parmi les 4 modèles s'est respectivement basé sur la comparaison des caractéristiques de chacune d'elles. En effet, celle dont les coefficients de détermination R est le plus élevé mais dont l'écart-type résiduel ainsi que l'erreur type sur le coefficient « Er » sont les plus bas devrait être retenue pour le tarif de cubage propre à l'espèce.

**Tableau 3 :** Comparaison des paramètres de choix des équations : Coefficient de Corrélation (r), Erreur type sur le coefficient (Er) et l'écart-type résiduelle(ECTR).

	Linéaire	Logarithmique	Puissance	Exponentielle
R	0,878	0,782	0,915	0,836
ECTR	0,99333222	0,99471427	0,99275631	0,99395677
Er	1,34098921	14,1495273	1,269083	2,67506927

Au regard de ce tableau sur la comparaison de ces trois principaux paramètres statistiques, il s'en est suivi le choix pour le « modèle puissance » modèle, qui dans la globalité a réuni les 3 critères (cf. Tableau 3)

### III.7.3. Equation de cubage et de biomasse

Le tableau4 ci-dessous présente le type, la forme et les différents paramètres (coefficients de régression, de corrélation r ou de détermination  $R^2$ ) des équations de régression retenues pour la prédiction du volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale des arbres en fonction du dhp.

**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 ( $m^3$ )	0,0003874	2,2623202	0,915	$VF = 0,0003874 \times D^{2,391256}$
Biom. fût (en kg)	1,1648129	1,6210766	0,759	$BF = 1,1648129 \times D^{1,6210766}$
Biom. totale (en kg)	3,960364	1,6210766	0,759	$BT = 3,960364 \times D^{1,6210766}$

Comme nous l'avions annoncé bien avant ( point II.2.3.1 sous-point a du chapitre II), les contraintes biologiques se traduisent le plus souvent par un modèle de régression de type puissance, il en été de même pour les trois variables retenues dans le cadre de cette étude, à savoir le volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale des arbres. Le modèle puissance exprime mieux nos 3 contraintes ( $Y=aD^b$ ).

### III.7.4. Ajustement des modèles 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 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)

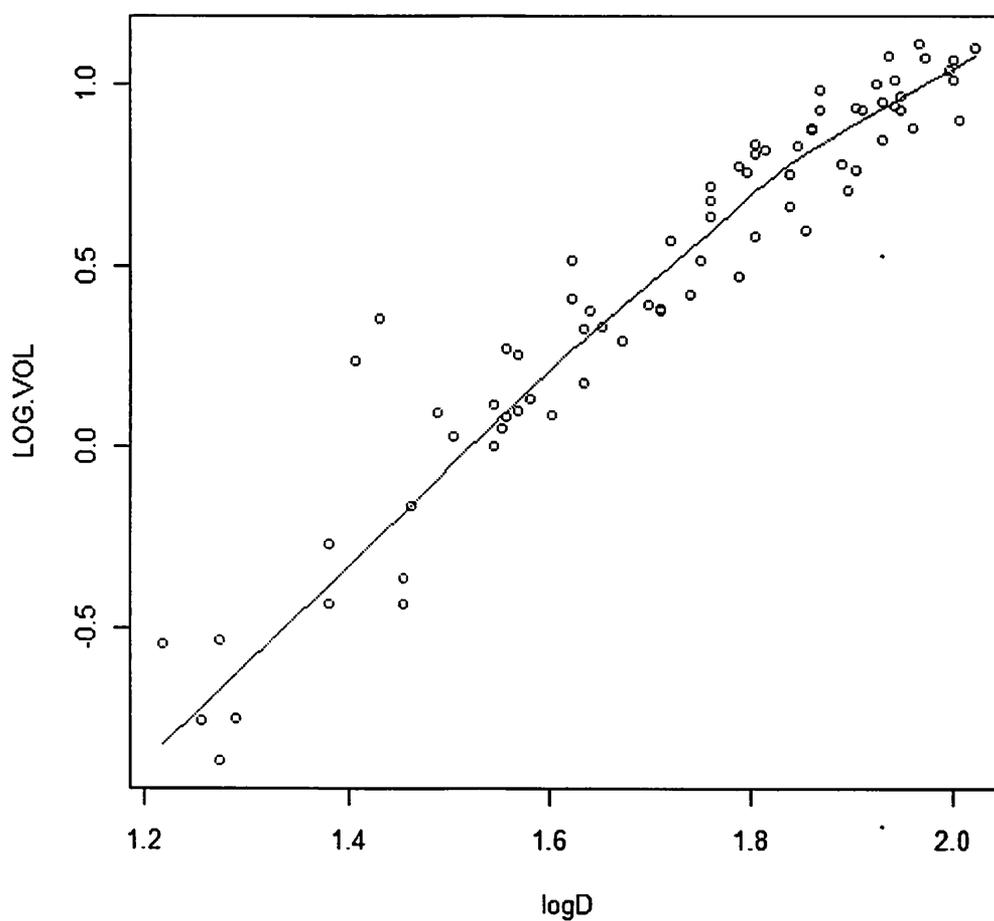


Figure 7. Courbe du volume des données ajustées

### III.7.5. Barème (ou table) de cubage

Ce barème de cubage permet d'estimer directement le volume fût en fonction du dhp suivant la validité du tarif, soit à partir du dhp minimum ou dhp maximum par rapport à l'échantillon de départ. Les lignes du tableau correspondent aux classes de dhp tandis que les colonnes correspondent, dans chacune des classes, aux intervalles de classe au sein (tableau 5)

**Tableau 5 : Barème de cubage**

<b>Essence:</b>										
<b>Jardin Zoologique de Kisangani "ZOOKIS" :</b>										
<b>Caractéristiques de l'équation:</b>										
<b>dhp (cm)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	0,0709	0,0879	0,1071	0,1283	0,1517	0,1774	0,2052	0,2354	0,2679	0,3028
<b>2</b>	0,3400	0,3797	0,4219	0,4665	0,5136	0,5633	0,6156	0,6705	0,7280	0,7881
<b>3</b>	0,8509	0,9165	0,9847	1,0557	1,1295	1,2060	1,2854	1,3676	1,4526	1,5405
<b>4</b>	1,6313	1,7251	1,8217	1,9213	2,0239	2,1295	2,2380	2,3496	2,4642	2,5819
<b>5</b>	2,7026	2,8265	2,9534	3,0835	3,2166	3,3530	3,4925	3,6352	3,7811	3,9301
<b>6</b>	4,0825	4,2380	4,3968	4,5589	4,7242	4,8929	5,0648	5,2401	5,4187	5,6007
<b>7</b>	5,7860	5,9747	6,1667	6,3622	6,5611	6,7634	6,9691	7,1783	7,3909	7,6070
<b>8</b>	7,8266	8,0497	8,2763	8,5064	8,7400	8,9771	9,2178	9,4621	9,7099	9,9614
<b>9</b>	10,2164	10,4750	10,7372	11,0030	11,2725	11,5456	11,8224	12,1029	12,3870	12,6748
<b>10</b>	12,9663	13,2614	13,5604	13,8630	14,1693	14,4794				

## QUATRIEME CHAPITRE : DISCUSSIONS DES RÉSULTATS

Ce chapitre présente la discussion des nos résultats par rapport aux observations des paramètres de tarifs de cubage (à une entrée) présenté précédemment et ceux relatifs à la même espèce dans les autres provinces de la R.D Congo et d'autres contrées, par prédiction des volumes.

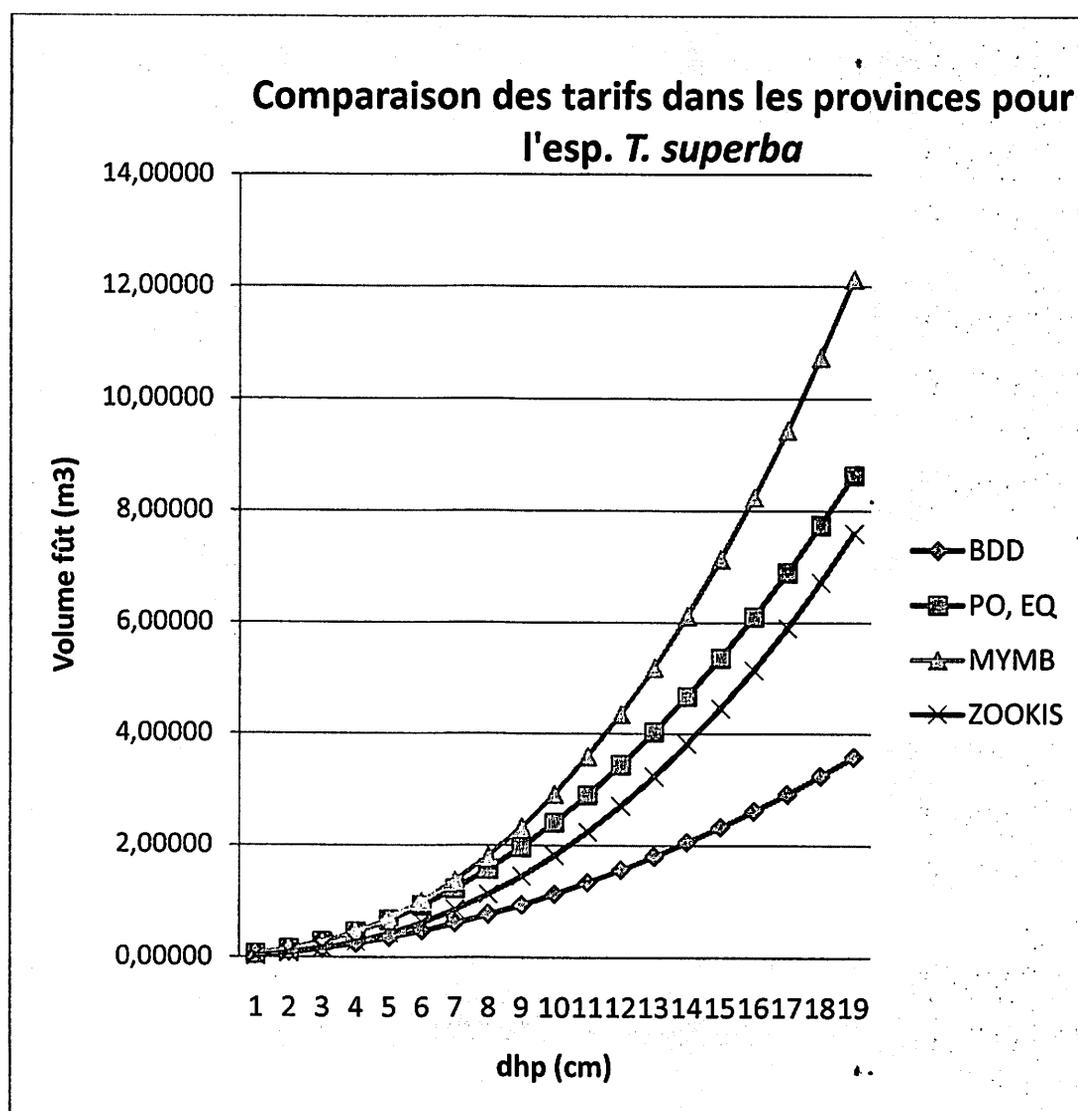
### IV.1. COMPARAISON DU TARIF DU ZOOKIS AVEC CEUX DES AUTRES PROVINCES

- Le tableau 6 compare les paramètres de 4 tarifs au niveau national établis par la DIAF dans les anciennes provinces de Bandundu, du Bas-Congo, de l'Equateur et l'Orientale, un tarif établi dans la région de Mayumbe et celui établi sur l'espèce Limba par notre étude au sein du jardin. Le constat fait de cette comparaison est que les paramètres de chacun des tarifs diffèrent d'une province à l'autre ou d'un site à l'autre au sein d'une même province. Ceci relèverait exactement de la validité de chacun des 6 tarifs (cf. tableau 6 ci-dessous). Toutefois, les six tarifs suivent le modèle puissance ( $Y = aX^b$ ). Il convient de rappeler que les résultats de plusieurs études convergent et ont abouti à la conclusion selon laquelle la plupart des contraintes biologiques se traduisent le plus sous le modèle puissance DIAF (2009) ; Kahindo *et al.*, (2010), Picard (2005). Ceci répond à la première hypothèse de notre étude selon laquelle le tarif de cubage et de biomasse de *T. superba* (au jardin zoologique) suit le même modèle "puissance" comme pour les tarifs établis par la DIAF pour la même espèce dans les autres provinces de la RD Congo.

**Tableau 6:** Comparaison des paramètres de quelques tarifs en RD Congo

Province	Paramètres (coeff. de régression)	
	a	b
Equateur	0,0004658	2,1340008
Bas-Congo	0,0002228	2,4606141
Province Orientale	0,0004658	2,1340008
Bandundu	0,0001824	2,2750500
Mayumbe	0,0002101	2,3807140
ZOOKIS (2015)	0,0003874	2,2623202

- Les prédictions basées sur les équations des tarifs en remplaçant les paramètres a & b par leurs valeurs dans chacun des 6 tarifs précités montrent que, comparativement à ceux du tarif retenu au jardin zoologique (le plus récent de tous), le tarif du Bandundu sous-estime le volume des arbres quelle que soit la classe de dhp alors que les autres par contre le surestiment quelle que soit la classe de dhp des arbres. Ceci affirme en partie notre deuxième hypothèse selon laquelle vu le port de l'espèce *T. superba* en plantation, la qualité du tarif de cubage est supérieure à celle trouvée pour la même espèce comparée avec d'autres provinces. La Figure 8 illustre correctement ce scénario observé.



La Figure 8 Comparaison des tarifs par Province pour l'espèce *T. superba*

Au regard de ces différences, les 6 tarifs ne se rapprochent et ne sont pas substituables l'un par l'autre, sauf pour les tiges de faible diamètre (rejet de la première hypothèse). Pour chacun des tarifs la notion de la validité liée à la zone d'application doit être scrupuleusement observée. Dans le cas échéant, le tarif retenu pour le jardin ne se limiterait qu'à cette concession. On remarque notamment que dans tous les cas, les différences entre les différents coefficients ne sont pas visiblement grandes surtout pour ce qui concerne les pentes coefficients  $b$  malgré que ceci n'a pas eu trop d'influence sur le volume estimé.

#### **IV.2. BIOMASSE FÛT ET BIOMASSE TOTALE**

Des études menées en forêt tropicale ont montré que la biomasse des arbres en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine varie selon les types de forêts et dans une même forêt d'une espèce à l'autre en fonction de la densité des espèces Kurniatum *et al.*, (2001), Keller *et al.*, (2001), Chave *et al.*, (2005).

D'après certains chercheurs, les différences relèveraient des méthodes de travail adoptées par chacun, des objectifs, de la disponibilité en données ou connaissances de base sur espèces dans les régions respectives.

Quant à l'espèce retenue dans le cadre de cette étude, il y a encore peu de données propres et disponibles pouvant servir à estimer la biomasse. La densité étant connue Rayes *et al.*, (1992) et le facteur d'expansion de la biomasse (BEF) utilisé par défaut 3,4 Eggleston, (2006), la biomasse aérienne estimée ( $B_{est}$ ) équivaldrait au produit de la densité ( $\rho$  en  $g/cm^3$ ), du diamètre au carré ( $D^2$  en  $cm$ ) et la hauteur totale des arbres ( $H$  en  $m$ ):  $B_{est} \equiv 0,0694 \times \rho D^2 H$ , ou  $B_{est} = 0,0430 (\rho D^2 H)^{0,950}$  ou encore  $B_{est} \equiv 0,0509 \times \rho D^2 H$  Chave *et al.* (2005). Dans le cadre de cette espèce le limba (du jardin), on est donc encore loin de procéder aux bonnes comparaisons vue la méthodologie, l'indisponibilité de toutes les données et les échantillonnages (question de validité). Le nombre obtenu par l'une ou l'autre de ces formules fois le nombre de pieds par ha correspondrait à la biomasse aérienne spécifique par ha.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude avait pour objectif l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de *T. superba* dans la concession du Jardin Zoologique de Kisangani.

Au cours de celle-ci, nous avons obtenu des tarifs de cubage et de biomasse à une entrée : le diamètre à hauteur de poitrine (dhp).

Pour la construction de ce tarif, notre échantillon était constitué de 75 pieds de *T. superba* non abattus (volume d'arbres sur pied) reparti en 9 classes de dhp et ayant un diamètre (dhp) supérieur ou égal à 10 cm.

Le calcul du volume sur pieds s'est fait selon la méthode de cubage par billons successif en

utilisant la formule de Huber 
$$V = \frac{\pi \cdot L}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) = \frac{\pi \cdot L}{4} \sum_{n=1}^n d_i^2$$

Pour le prélèvement des données sur les diamètres et les hauteurs fût ; nous avons utilisé le relascope de Bitterlich à bande étroite et large.

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

Au cours de cette étude, nous sommes arrivés à un modèle de cubage dont l'équation est la suivante :

$VF = 0,0003874 \times D^{2,391256}$  (une équation de régression du type puissance) a été développée. Cela nous conduit à confirmer notre hypothèse selon laquelle la relation entre les paramètres dendrométrique s'exprimerait en une équation de régression du type puissance.

Et les tarifs de biomasse respectivement pour la biomasse fût et la biomasse totale des arbres sont:  $BF = 1,1648129 \times D^{1,6210766}$  et Biomasse totale =  $3,960364 \times D^{1,6210766}$ .

Dans la discussion des résultats, malgré qu'il y a peut d'études qui ont déjà été fait surtout pour le tarif de cubage de *T. superba*, une comparaison basée sur les caractéristiques et paramètres des modèles de cubage établis par la DIAF et celui développé dans le cadre de cette étude révèle que dans la plupart de cas, ils ne peuvent pas se substituer les uns par les autres en ce qui concerne l'estimation du volume. Leur application est limitée par leur validité respectivement.

Nous noterons que même ce modèle de tarif de cubage du Jardin Zoologique n'est qu'un tarif local qui ne doit s'appliquer que dans le respect et les limites de sa validité pour la concession forestière du ZOOKIS, les classes diamètres (dhp) allant de 10 cm à 110 cm et pour l'espèce *T. superba*.

Vu l'importance de la recherche scientifique pour le développement du monde en général et du pays en particulier, et vu l'objectif de la création des Jardins botanique et zoologique, nous suggérons au gouvernement de mettre en place des mécanismes d'aménagement de cette zone et les stratégies de valorisation des diversités biologiques de ce milieu et surtout organiser le reboisement pour la grande partie déforestée.

Nous suggérons en plus que les études sur le tarif de cubage et de biomasse soient multipliées sur les différentes réserves et sur l'espèce *T. superba* pour mettre en place des bases des données applicables à plusieurs endroits non seulement pour l'intérêt des recherches scientifiques mais également pour l'intérêt économique et autres.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. AHUKA, K., 1976 : Tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild en forêt naturelle (Km 16 route Buta). Mémoire inédit IFA- Yangambi, 45p.
2. ANONYME, 1997. Rapport intermédiaire sur la mise en œuvre de la convention relative à la biodiversité en RDC, Ministère de l'environnement, conservation de la nature et tourisme. 74p
3. ATIBT, 2006. Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier. Module 2. Dendrométrie et topographie. Libreville, Gabon, 47 p.
4. BALEKAGE, B. ; 2009 : Contribution à la connaissance de la biodiversité des musaraignes (*Soricomorpha*, *Mammalia*) de l'habitat forestier du Jardin Zoologique de Kisangani(R.D.Congo). TFC inédite, Faculté des sciences/ UNIKIS, 29p.
5. B.F.T. 1974 : Barème de cubage. Ministère de la coopération française. 4<sup>ème</sup> édition. Paris 52 p.
6. BIGUMA, J., 2006. Contribution à élaboration d'un tarif de cubage de *Staudtia stipitata* (= *staudtia camerunensis*/warb dans la réserve floristique de Loweo (Yangmbi, RDC) Mémoire inédit F.S.A/UNIKIS, P49.
7. BOLA, M., 2002 : Epiphytes vasculaires et Sporophytes de l'écosystème Urbain de Kisangani. D.E.S. inédite, Faculté des Sciences /UNIKIS, 214p.
8. BOUCHON, J. 1974 : Les tarifs de cubage. Nancy, France, ENGREF, 57p.
9. CHAVE J., CANDOLO C., S. BRONW., CAIRNS M.A., J;Q CHAMBERS., ENMUS D., FOISTER H., FROMARD F., HIGUCHI N., VIRA T., LESCURE J.P., NELSON W. B, OGAWA H., PIUGU H., RIERA B., YAMAKURA T:(2005): Tree allometry and improved estimation of carbon stoks and balance in tropical forests p89, 90, 94.
10. C.T.F.T. 1956 : Mémento du forestier. 1<sup>ème</sup> édition. Ministère de la coopération. 1216p.
11. C.T.F.T .1988 : Mémento du forestier 3<sup>ème</sup> édition. Ministère de la coopération, République française 1244p.
12. DAGNELIE, P., 1985. Tables de cubage des arbres et peuplements forestiers presses agronomiques de Gembloux, Belgique, P. 378.

13. DEBROUX, L., 1998. L'aménagement des forêts tropicales fondé sur la gestion des populations d'arbres : l'exemple du Moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) dans la forêt du Dja, Cameroun, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 323 p
14. DIAF, 2009. Liste des essences forestières de la R.D Congo, DIAF. 52p.
15. DIANZENZA, M., 2012 : Elaboration du tarif de cubage et de biomasse de *brancystégia laurentii*(De Wild.)Louis dans les peuplements monodominants de la réserve forestière de Yangambi(Province Orientale, RD Congo) Mémoire Ingénieur, inédit F.S.A/UNIKIS , 42 P
16. EGGLESTON S., BUENDIA K-M. , NGARA T. & TANABE, K. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4, Japan. 678 p
17. FAO, 1991: Non- Wood forest products, the way a head, FAO, Rome, 37 p.
18. FAO, 2000 : Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal Etude FAO forêt no 140, Rome, 85p.
19. GAUDIN, S., 1996. Dendrométrie des peuplements. Module D42. BTSA-Gestion Forestière, CFPPPA/CFAA de Châteaufarine, Besançon), 66 p.
20. GUITET, S. 2007. Principales définitions utilisées dans le modèle de l'offre mondiale
21. GROULEZ, J. & WOOD, P.-J. 1985. *Terminalia superba* : amograph.
22. IYONGO, B., 2007 : Contribution à l'étude de l'impact d'une foret classée sur le développement socio-économique de la population riveraine :cas de la concession du Jardin Zoologique de Kisangani P.O. Monographie inédite I.S.E.A / Bengamisa. 45p
23. JUAKALY, M., 2007 : Résilience et Ecologie des Araignées du sol d'une foret équatoriale de basse altitude (réserve Forestière de Masako, Kisangani, R.D.Congo). Thèse de doctorat inédite, Faculté des Sciences UNIKIS, 149p.
24. KABANGI, 1986 : rapport de stage effectué au jardin zoologique de Kisangani(ZOOKIS). Rapp inédit, ISA/ BENGAMISA, Kisangani, 15p.
25. KADANGE, N., 1996. Distribution écologique et Essaie de capture-recapture de Petits Mammifères (Rongeurs et Insectivores) de la concession du Jardin Zoologique de Kisangani. Mémoire inédit ; Fac. Des Sciences/UNIKIS, 71p.

26. KAHINDO, M., 2006. Contribution à élaboration de tarif de cubage de *Futumia africana* (Benth/stapt dans la réserve forestière de Yoko (Nord Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire Ingenieur, inédit F.S.A/UNIKIS, 42p.
27. KAHINDO, M., 2009. Elaboration de tarif de cubage et de Biomasse pou *Gilbertiodendron dewevrei* (Dewield) J. Léonard, *Guarea thompsonii* sprague & Hutch- et *Scorodophoeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de YOKO (Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire D.E.A/UNIKIS, P. 67p.
28. KAHINDO, M., LOKOMBE, D. et PICARD, N. 2010 : Volume, équation and biomas estimates for three species in tropical moist forest in the Orientale Province, DRC, Southern forest 2010, 72(3/4) : 141-146.
29. KAMBALE, M. 2006. Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de *Gilbertiodendron kisantuense* (Vermoesen ex.Dewild) J. Leonard dans la réserve forestière de Yoko(Bloc Nord), Ubundu, Province Orientale, RDC. Mémoire inédit, FSA/UNIKIS.46p
30. KELLER, M., PALACE, M. & HURTT, G.; 2001. Biomass estimation in the Tapajos National Forest, Brazil examination of sampling and allometric uncertainties. Forest Ecology and Management, 154(3):371–382.
31. KURNIATUN, H., SITOMPUL, S.M., MEINE, V.N., PALM, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Center for Research in Agroforestry. Bogor, Indonesia, 23 p
32. LIANDJA, A, 2006 : Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de *scorodophloeus zenkere* HAMS dans la réserve floristique de Loweo à Yangambi. Mémoire inédit F.S.A/ UNIKIS, 48 p.
33. MABIALA, M., 1981. Normes d'inventaire forestier. Tarif de cubage n° 4 SPIAF, Kinshasa, 70p
34. MABIALA & KANDAKA.1981. Tarif de cubage. Norme d'inventaire forestier. Cahier no 4 SPIAF KINSHASA. 58p.
35. MALONGOLA, J. 2010. Etablissement de tarif de cubage : *Gilbertiodendron dewevrei* (J. Léonard, *Diospyros chyscarpa* F. White et *diogoa zenkere* (enger) exell & Men et de Biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale R.D Congo/TFC inédit, ISEA/Bengamisa, P. 35.
36. PALUKU.T., 2006 : Morphométrie, reproduction et structure des populations des Chiroptères dans les habitats naturels du Jardin Zoologique de Kisangani (RDC), memoir inédit Faculté des sciences/ UNIKIS. 39 p.

37. PICARD, N., SYLLAS, L-M., 2005 : Guide méthodologique des évaluations rapides des bois énergies, PREDAS, 90p.
38. REYES, G., BROWN S., CHAPMAN, J., ET LUGO, A. E. 1992 : *Wood densities of tropical treespecies. USDA Forest Service, General Technical Report SO-88*, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, USA 15p.
39. RONDEUX, J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers Presses agronomiques de Gembloux, Belgique : 521 (62-100) p.
40. RONDEUX, J. & OTOUL, C. 1998. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique) : Presses agronomiques de Gembloux, pp 41-68p
41. RONDEUX, J. 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Presse universitaire de Gembloux, Belgique, 521 p.
42. THIBAUT, A., CLAESSENS, H., RONDEUX, J. 1998. Construction de tarifs d'arbres pour l'aulne glutineux [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn]. Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique), 11p
43. TIMOTHY, P. & BROWN S. 2005. Guide de mesure et de suivi de carbone dans les forêts et prairies herbeuses, Ecosystème Services Units, Winrock International, Arlington, USA, 39p.
44. TREFON, 2004 : Ordre et désordre à Kinshasa, réponses populaires à la famille de l'état, cahier africain, 61-62. Harmattan, 256p.
45. VIVIEN, J. et FAURE, J.-J. 1985 : Arbres des forets denses d'Afrique centrale. Agence de coopération culturelle et technique. Paris 178 p.

### WEBOGRAPHIE

46. [htt://www. Ista.upmc.fr](http://www.Ista.upmc.fr).
47. [htt://afm.cirad.fr](http://afm.cirad.fr)
48. [htt://www.FAO.org/docrip/006/s\\_9280\\_F/S\\_9280\\_F.13 htm](http://www.FAO.org/docrip/006/s_9280_F/S_9280_F.13_hm) : Revue bois et forets des tropiques

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENT.....	II
REMERCIEMENT.....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT.....	V
LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX.....	VI
0 INTRODUCTION.....	1
0.1. PROBLEMATIQUE .....	1
0.2. HYPOTHESES DE RECHERCHE .....	2
0.3. OBJECTIF DU TRAVAIL .....	2
0.4. INTERET DE L'ETUDE .....	3
0.5. REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
0.5. SUBDIVISION DU TRAVAIL .....	4
PREMIER CHAPITRE : GENERALITES.....	5
I.1. MILIEU D'ETUDE .....	5
I.1.1. Description et choix du milieu d'étude .....	5
I.1.2. Historique, situation géographique et administrative du Jardin zoologique .....	5
I.1.3. Description du milieu physique du Jardin Zoologique de Kisangani .....	6
I.2. APERÇU SUR L'ESPECE Terminalia superba.....	8
I.2.1. Dénominations .....	8
I.2.2. Position systématique.....	8
I.2.3. Présentation du port .....	8
I.2.4. Caractéristiques écologiques et floristiques.....	9
I.2.5. Aire de distribution .....	9
I.2.6. Ennemies naturels .....	10
I.2.7. Usage et condition des régénérations.....	10
I.3. TARIF DE CUBAGE ET TARIF DE BIOMASSE .....	11
I.3.1 Tarif de cubage.....	11
I.3.2. Tarif de biomasse.....	13
DEUXIEME CHAPITRE : MATERIEL ET METHODE.....	14

II.1. MATERIEL .....	14
Tous les pieds de plus de 10 cm appartenant à l'espèce <i>Terminalia superba</i> avaient été marqués (numérotés) et leur circonférence à 1,30 m était mesurée (par conséquent leur dhp connu) .....	
II.2 METHODES DU TRAVAIL .....	14
II.2.1 Echantillonnage .....	14
II.2.2. La taille de l'échantillon .....	14
II.2.3. Traitement des données .....	15
II.2.4. Construction des tarifs .....	15
CHAP III : PRESENTATION DES RESULTATS .....	19
III.1 DISTRIBUTION DES PIEDS PAR CLASSE DE DHP .....	19
III.2. QUALITE DES FUTS .....	20
III. 3 DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE DIAMETRE AU FIN BOUT (DFB).....	21
III. 4 .DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE HAUTEUR FUT (HF).....	22
III.5. VOLUME FUT EN FONCTION DU DHP .....	23
III.6. BIOMASSE & BIOMASSE TOTALE DES ARBRES EN FONCTION DU DHP .....	24
III.7. PRESENTATION DES MODELES DE REGRESSION .....	25
III.7.1 Caractéristiques de modèles de régression.....	25
III.7.2. Choix de modèle de régression .....	25
III.7.3. Equation de cubage et de biomasse .....	26
III .7.4. Ajustement des modèles aux données .....	27
III.7.5. Barème (ou table) de cubage.....	28
Ce barème de cubage permet d'estimer directement le volume fût en fonction du dhp suivant la validité du tarif, soit à partir du dhp minimum ou dhp maximum par rapport à l'échantillon de départ. Les lignes du tableau correspondent aux classes de dhp tandis que les colonnes correspondent, dans chacune des classes, aux intervalles de classe au sein (tableau 5) .....	
QUATRIEME CHAPITRE : DISCUSSIONS DES RÉSULTATS.....	29
IV.1. COMPARAISON DU TARIF DU ZOOKIS AVEC CEUX DES AUTRES PROVINCES .....	29
IV.2. BIOMASSE FÛT ET BIOMASSE TOTALE .....	31
CONCLUSION ET SUGGESTIONS .....	32
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE .....	34
TABLE DES MATIERES .....	38

**ANNEXES****Annexe 1. Distribution des arbres par classe de dfb**

Classe	Fréq. Obs	Fréq. rel	Fréq. Cum
7,500 à 14,28	24	32,00	32,00
14,28 à 21,06	23	30,67	62,67
21,06 à 27,84	20	26,67	89,33
27,84 à 34,63	6	8,00	97,33
34,63 à 41,41	1	1,33	98,67
41,41 à 48,19	0	0,00	98,67
48,19 à 56,25	1	1,33	100,00
<b>Total</b>	<b>75</b>		

**Annexe 2. Distribution des arbres par classe de hf**

Classe	Fréq. Obs	Fréq. rel	Fréq. Cum
7,000 à 10,34	3	4,00	4,00
10,34 à 13,68	4	5,33	9,33
13,68 à 17,02	15	20,00	29,33
17,02 à 20,35	8	10,67	40,00
20,35 à 23,69	16	21,33	61,33
23,69 à 27,03	21	28,00	89,33
27,03 à 31,00	8	10,67	100,00
<b>Total</b>	<b>75</b>	-	-

## Annexe3. Données du terrain avant leur traitement.

No ordre	No terrain	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Hf	Qualité
1	33	19,5	18	16,5					8	C
2	64	18	16,5	13,5	11,25	9			11	B
3	73	18,75	17,25	13,5	9				7	C
4	80	16,5	15	12,75	12				13	C
5	83	18,75	17,25	15	12				12,5	C
6	5	27	24	22,5	20,25	18,75	7,5	7,5	21	B
7	28	25,5	24	21	18	12,75			17	A
8	31	24	21	18	15,75	13,5	12	9,75	17	B
9	32	28,5	25,5	22,5	20,25				21	A
10	34	28,5	27	24	21	18,75			8	A
11	38	29	28	23	20	17			16	A
12	44	24	21	18	13,5				13	A
13	1	35,75	31,5	28,5	9,75	7,5			18	A
14	2	36	24,75	18,75	11,25	9	7,5		23	A
15	3	30,75	28,5	24	20,25	18	13,5	7,5	27	A
16	6	37	36	32	27	27	25	10	20	A
17	7	36	32	30	27	24	18	15	28	A
18	9	32	30	28	26	20	18	15	20,5	A
19	10	38	34	30	27	25	22	3	20,5	B
20	11	37	32	28	23	18	13	10	26	B
21	12	35	27,5	25	21,25	18,75	15		25	A
22	30	35	32	29	27				16	C
23	8	47	40	38	35	22	18	12	20	A
24	15	43,75	40	37,5	36,25	33,75	31,25		23	A
25	17	40	38	22	14	10			15	A
26	21	42	38	35	32	30	27	25	27,5	B
27	23	43	39	35	32	27			22	B
28	24	42	39	35	30	23			21	A
29	76	43	40	34	22	12	10	10	16,5	A
30	77	45	42	27	13	10			16,5	B
31	16	56,25	41,25	35	27,5	18,75			19,5	A
32	18	57,5	52,5	42,5	32,5	25	12,5		24	B
33	36	55	50	45	38,75	31,25	18,75		17	C
34	37	51,25	40	28,75	15	12,5			17	A
35	40	51,25	50	42,5	27,5	25	16,25	12,5	17	A
36	46	50	47,5	42,5	36,25	22,5			21	A
37	47	57,5	52,5	48,75	36,25	25	20		27	A
38	75	52,5	50	46,25	41,25	35	27,5	25	26	A
39	14	61,25	55	48,75	43,75	40	35	25	28	B
40	27	57,5	50	35	28,75	25	21,25		21	A

41	39	63,75	50	20	20	10			17	C
42	41	61,25	46,25	38,75	32,5	21,25			19	C
43	42	62,5	50	43,75	38,75	25	18,75		27	A
44	45	63,75	60	50	43,75	27,5	12,5		31	A
45	50	63,75	52,5	37,5	31,5	25	21,25		26,5	A
46	61	65	52,5	33,75	20	6,25			27	A
47	52	68,75	58,75	50	45	37,5	17,5		24	A
48	56	72,5	58,75	46,25	32,5	12,5			26	A
49	58	72,5	58,75	46,25	33,75	31,25	12,5		25	A
50	66	70	53,75	40	27,5	20			25	A
51	71	77,5	62,5	48,75	31,25	18,75			20	A
52	74	73,75	62,5	53,75	37,5	28,75			29	A
53	81	68,75	56,25	47,5	40	33,75	31,25		23	A
54	82	71,25	55	38,75	32,5	25			15	A
55	49	73,75	52,5	38,75	25				31	A
56	51	80	62,5	51,25	40	25			17	A
57	53	87,5	75	46,25	27,5	22,5			26	A
58	57	85	60	43,75	35	31,25			23,7	B
59	59	83,75	66,25	46,25	32,5	26,25	12,5		27	A
60	60	80	65	58,5	35	22,5	15		25	A
61	68	81,25	68,75	52,5	31,25	18,75			25	A
62	79	78,75	48,75	35	31,25	27,5			15,5	B
63	48	92,5	55	40	27,5	20	15		30	A
64	69	87,5	72,5	61,25	36,25	21,25			22	A
65	72	88,75	72,5	52,5	33,75	25			23	A
66	78	91,25	72,5	55	38,75	31,25			18	C
67	85	85	60	46,25	37,5	22,5			18,5	A
68	88	88,75	71,25	57,5	41,25	25			21	A
69	89	86,25	70	50	45	40			31	A
70	54	100	77,5	66,25	45	31,25	15		21	A
71	55	100	62,5	30	15				24	A
72	62	105	76,25	48,75	23,75	18,5			24	B
73	84	98,75	86,25	77,5	50	37,75	30	17,5	23	B
74	86	101,25	82,5	67,5	56,25	56,25			16	C
75	87	93,75	72,5	61,25	37,5	27,5			27	C