

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
***Millettia laurentii* De Wild. dans le jardin zoologique de**
Kisangani (Province de la Tshopo, RD Congo)

Par
Anuarite KAHAMBU KULUKA



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 toi Seigneur Dieu tout Puissant, l'Auteur de notre vie et le Garant de notre existence. Toi qui as fait de nous ce que nous sommes maintenant et qui a permis la réalisation de ce travail.

A notre mère, pour avoir affectueusement fait de nous une élite intellectuelle et pour t'être imposée des sacrifices pour nous permettre de poursuivre nos études ;

A nos frères : Roger KULUKA, Jean Louis KULUKA, Jermis KULUKA ;

A nos sœurs : Jeannette KULUKA, Sylvie KULUKA pour plein d'amour et de privation ainsi que des peines endurées en faveur de notre formation ;

A notre oncle Emile MBAVULIKIRA, pour votre appui financier à notre formation

A notre beau-frère Blaise KISWAHILI, pour tant des soutiens et d'éducation dans la finalisation de notre formation ;

A vous chers oncles, tantes, frères et sœurs qui, malgré la distance n'avez jamais cessé de nous témoigner votre amour à travers votre appui moral spirituel ;

Je dédie ce travail.

Anuarite Kahambu Kuluka

Remerciements

Au terme des nos études et en ce moment où s'achève la rédaction de notre mémoire de fin d'étude, il nous est un agréable devoir de remercier de tout cœur les personnages qui de le loin ou de près ont contribué à sa réalisation effective.

Nous disons ainsi grand merci à Dieu Tout puissant, qui nous a gardé, protégé et nous a mené au bout de nos recherches.

Nos remerciements s'adressent aux Corps Académique, Scientifique et Administratif de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables (FGRNR/UNIKIS), qui sans cesse continue d'organiser et de soutenir la formation au sein de la faculté en vue de façonner d'avantage le cadre intellectuel de demain.

Notre gratitude s'adresse particulièrement au Directeur du travail, le Professeur Hippolyte NSHIMBA SEYA WA MALALE qui, en dépit de ses multiples occupations a accepté de nous diriger jusqu'au bout de ce travail. Nous remercions également le Chef de Travaux Thierry KAHINDO MALIRO en qualité d'encadreur. Ses remarques pertinentes nous ont été d'une grande utilité et ont permis à ce que le mémoire prenne la forme actuelle.

Que notre mère retrouve 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.

Que la famille Kiswahili, Apollinaire Naye et maman Pricillia trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et nos remerciements les plus sincères.

Enfin, nous ne saurons passer sous silence l'apport de tous nos oncles, tantes, frères, sœurs, amis et connaissances dans la matérialisation de cette grande œuvre. Que ce travail soit pour vous tous un symbole de bons souvenirs.

Anuarite Kahambu Kuluka

Résumé

Une étude a été conduite au jardin zoologique de Kisangani sur l'espèce *Millettia laurentii* De Wild. (Fabaceae) en vue de l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse.

L'échantillon était constitué de 60 arbres non abattus de plus de 10 cm de dhp et appartenant à l'espèce *Millettia laurentii*.

Le volume du fût 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 multiplication de ce dernier par la densité du bois et le BEF (facteur de conversion de la biomasse).

Les équations suivantes ont été obtenues:

$$\text{- Volume fût} = 0,000125 \times D^{2,391256}$$

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

$$\text{- B. fut} = 2,3548464 \times D^{2,354846}$$

$$\text{- B. totale} = 0,1944954 \times D^{2,354846}$$

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

Mots clés : *Millettia laurentii*, équations de volumes et de biomasse, Jardin zoologique de Kisangani.

Abstract

, A survey has been driven to the zoological garden of Kisangani on the species *Millettia laurentii* De Wild. (Fabaceae) in view of the development of the tariff of cubage and biomass.

The sample was constituted of 60 trees non dejected of more than 10 cm of dbh and belonging in the *Millettia laurentii* species.

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 and the biomass had followed itself of it by multiplication of this last by the density of wood and the BEF (the biomass factor).

The following equations have been gotten:

- Volume was = $0,000125 \times D^{2,391256}$

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

- B. was = $2,3548464 \times D^{2,354846}$,

- Total biomass = $0,1944954 \times D^{2,354846}$

The tariffs have been compared with those of the other provinces of the DR of Congo workbenches by the

Direction of inventory and Forest planning (DIAF) as analyzing their parameters and their residues on the volume predicts by the corresponding equations.

Key words: *Millettia laurentii*, equations of volumes and biomass, zoological garden of Kisangani.

Liste des figures

Figure 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)

Figure 2. Qualité des fûts

Figure 3. Distribution des pieds par classe de diamètre au fin bout (dfb)

Figure 4. Distribution des pieds par classe de hauteur fût

Figure 5. Graphique du volume (m^3) fut en fonction du dhp (cm)

Figure 6. Graphique de biomasse fût et biomasse totale (kg) en fonction du dhp (cm)

Figure 7. Courbe de cubage ajusté

Liste des 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 : Coefficient de corrélation (r), Erreur type sur le coefficient de corrélation (E_r) et l'écart-type résiduelle (ECTR).

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

Tableau 5. Tables de cubage

0. INTRODUCTION

0.1. PROBLEMATIQUE

La République Démocratique du Congo est un pays à vocation forestière. Sa couverture forestière s'étend sur environ 145 millions d'hectares soit 62 % du territoire national (Boyemba, 2006) et près de la moitié des forêts denses humides d'Afrique. Au sein de ces dernières l'on enregistre également un bon nombre d'espèces forestières exploitables caractéristiques des forêts tropicales en général et/ou des forêts du bassin du Congo qui, malheureusement restent pour la plupart, peu documentées du point de vue de certains caractères dendrométriques, technologiques, etc. Si on dispose de quelques équations de cubage au niveau national (DIAF 2009) il n'en est pas le cas au niveau des forêts dans les provinces où l'on produit exactement le bois dans le secteur forestier.

Dans le contexte actuel où l'on veut que la forêt puisse contribuer à l'essor économique du pays – la loi n° 011/2002 du 29 Aout 2002-, l'évaluation exacte du volume et de biomasse permettraient au décideur politique de gérer durablement ces ressources. Des évaluations quantitatives et qualitatives s'avèrent de plus en plus indispensables pour les gestionnaires forestiers en établissant les tarifs de cubage et de biomasse pour les espèces d'arbres exploitables. Dans le cadre de l'aménagement des formations forestières (peuplement naturelle ou artificielle), tel est le cas du jardin zoologique de Kisangani, il est impératif de posséder des outils, devant permettre de connaître la valeur ligneuse sur pied susceptible de fournir le volume total des peuplements aménageables (Kahindo 2009).

En effet, si les tarifs de cubage trouvent un écho important auprès de nombreux forestiers (exploitants forestiers, sylviculteurs, etc.), aménagistes et chercheurs, c'est parce qu'ils sont souvent associés aux transactions commerciales du bois sinon, ils constituent l'un des outils indispensables pouvant permettre au gestionnaire forestier de connaître le capital ligneux aménageable sur pied, abattu ou exploitable (Gaudin 1998 ; Rondeux 1999).

C'est dans cette optique que nous avons mené cette étude au sein du jardin zoologique de Kisangani (domaine de forêts classées) dans le but principal de l'élaboration d'un tarif de cubage et de biomasse pour *M. laurentii* (Wenge), une espèce qui domine son paysage mais également compte tenu de son importance et de sa valeur technologique confirmée (DIAF 2009).

(i) Quelle sera la valeur du tarif de cubage de l'espèce en plantation (zookis) comparé à celui trouvé dans d'autres Provinces pour la même espèce en milieu naturel? Comment se présente la relation entre le volume fût ou la biomasse et diamètre à hauteur de poitrine (dhp) ?

(ii) Les équations de volume et de biomasse, 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 ?

0.2. HYPOTHESES

Notre étude part de deux hypothèses selon lesquelles :

- le volume et la biomasse sont fortement corrélés au diamètre à la hauteur de poitrine (dhp) pour l'espèce *M. laurentii*
- le tarif de cubage de *M. laurentii* (au jardin zoologique) suit relativement le même modèle que les autres tarifs établis pour l'espèce dans d'autres sites en RD Congo.

0.3. OBJECTIFS

Cette étude s'attend généralement à l'élaboration du tarif de cubage et de biomasse pour l'espèce *M. laurentii* au jardin zoologique de Kisangani.

Ses objectifs spécifiques sont :

- élaborer un tarif de cubage spécifique et de biomasse de *M. laurentii* à partir du diamètre à hauteur de poitrine (tarif à une entrée) ;
- déterminer les paramètres des équations qui caractérisent et intervenant dans le cadre le calcul des tarifs de cubage et de biomasse de l'espèce ;
- comparer ces équations obtenues par cette avec celles établies officiellement par la DIAF pour la même espèce dans l'ensemble de forêts des provinces de la RD Congo.

0.4. INTERET

Ce travail revêt un double intérêt :

1. Sur le plan scientifique, cette étude permettra de rendre disponible le tarif de cubage et biomasse appropriée pour l'espèce *Mi. laurentii* conformément à la validité (notamment au niveau de la province).
2. Sur le plan pratique, la prédiction du volume sur pied ainsi que la biomasse aérienne de l'espèce peut actuellement permettre aux gestionnaires forestiers d'élaborer des plans d'aménagement, des plans d'exploitation et des zonages conformément aux conditions réelles du moment en vue de gérer rationnellement le patrimoine national que regorge les vastes étendus forestières comme les forêts naturelles, les jardins botanique, les jardins zoologique ainsi que d'autres plantations.

Il convient de signaler que les études basées sur la prédiction (l'estimation) du volume ou de la biomasse datent de longtemps et bon nombre de chercheurs s'étaient déjà penchés à la question.

En RDC, 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 quelques tarifs de cubage pour les anciennes provinces de l'Equateur, Orientale, le Bandundu et le Bas-Congo (DIAF, 2009).

Il s'agit principalement des tarifs de cubage pour les espèces à haute valeur économique productrices des bois d'œuvres.

Dans la région de Kisangani, à l'instar de quelques espèces, le *M. laurentii* (Wenge), une espèce qui se retrouve plus en plantation qu'en peuplement naturel, on dispose relativement de peu de données en ce qui concerne les équations de volume et moins encore de biomasse. Plusieurs travaux similaires ont déjà été réalisés dans le cadre de nos forêts, par exemple :

- Matondo (2013) sur l'élaboration du tarif de cubage et d biomasse de *Brachystegia laurentii* dans la réserve forestière de Yangambi ;
- Malongola (2010) sur le tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chyscaspa* et *Diogoia zenkeri* et biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* à Bawombi (Bengamisa);
- Kahindo (2009) sur le tarif de cubage et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei*, *Guarea thompsonii* et *Scorodophleus zenkeri* à Yoko ;

- Assumani (2009) sur le bilan dendrométrique de plantations expérimentales de *Pericopsis elata* et *Millettia laurentii* installée à Yangambi entre 1938 et 1942 dans la réserve forestière de Yangambi;
- Biguma (2006) sur le *Staudtia kamerunensis* dans la réserve forestière de Yangambi;
- Kahindo (2006) sur le tarif de cubage de *Funtumia africana* dans la réserve forestière de Yoko;
- Kambale (2006) sur le *Gillettiodendron kisantuensis* dans la réserve forestière de Yoko.

Hormis l'introduction et la conclusion et quelques suggestions, notre travail s'articule autour de quatre chapitres, à savoir :

- le premier chapitre concerne les généralités sur le milieu d'étude, l'espèce, le tarif de cubage et de biomasse ;
- le deuxième chapitre porte sur les matériels et méthodes du travail ;
- le troisième chapitre porte sur la présentation des résultats ;
- le quatrième et dernier chapitre porte sur la discussion des résultats.

CHAPITRE PREMIER : LE MILIEU D'ETUDE

1.1. DESCRIPTION ET CHOIX DU MILIEU D'ETUDE

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 botaniques, zoologiques et forestières.

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 à 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 *M. laurentii* l'une des essences qui dominant son paysage.

1.2. HISTORIQUE, SITUATION GEOGRAPHIQUE 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 (Comm. personnelle), le jardin zoologique de Kisangani a été créé en 1951 par l'Ordonnance Présidentielle n° 78-215 du 5 mai 1978. (Muhindo 2013).

Le jardin zoologique de Kisangani se localise 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.

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 Jardin Zoologique et Botanique du Zaïre a été confié 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.

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 le 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).

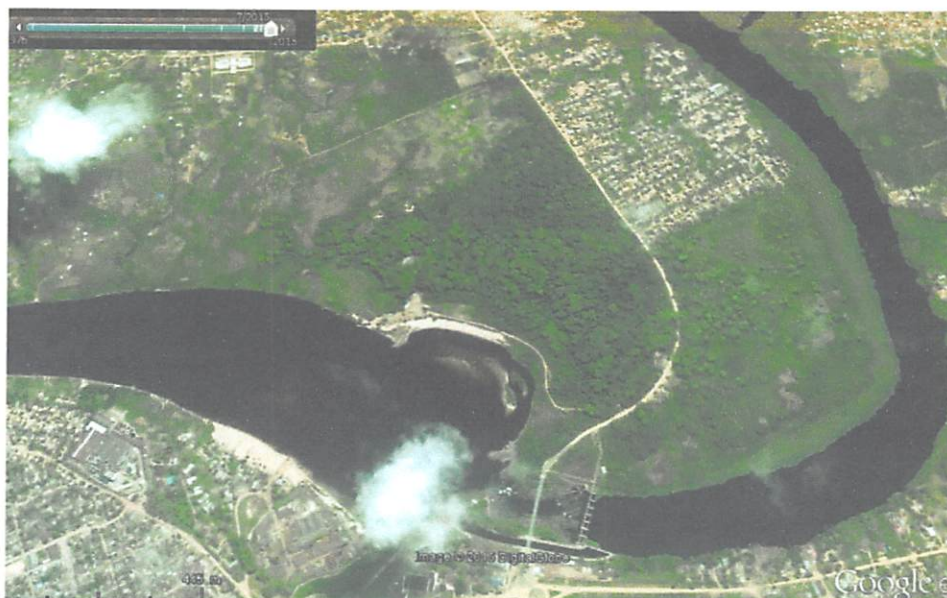


Photo 1 : Vue aérienne du jardin zoologique sous forme d'une galerie forestière sur la rive droite de la rivière Tshopo (tirée de Google Earth 2015 en juillet).

I.3. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

Le jardin zoologique de Kisangani fait intégralement partie de la ville de Kisangani. Administrativement, la ville est subdivisée en six communes : Lubunga (852 km²), Makiso (25km²), Mangabo (18km²), Tshopo (489km²), Kabondo (449 km²) et Kisangani (276km²) (Bola 2002).

I.3.1. Climat

Le jardin zoologique de Kisangani jouit d'un climat typiquement équatorial chaud et humide de type Af selon la classification de Köppen (JUAHALY, 2007). Signalons qu'UYONGO en 2007 reconnaît que le climat subit d'énormes variations ces dernières années dont les causes ne sont pas encore bien identifiées, la température et la pluviosité en restent beaucoup plus affectées et varient inhabituellement d'une période à l'autre.

I.3.2. Sol

Ce jardin est couvert d'un sol forestier qui provient des modifications physiques, chimiques et biologiques subie par la « roche mère » sous argileux perméable. (Muhindo 2013).

I.3.3. Végétation

Le ZOOKIS bénéficie d'un microclimat spécial. Sa végétation est répartie en trois strates dont la strate arborescente et la strate arbustive-herbeuses. Les espèces forestières sont réparties au sein de ces strates comme suit :

Dans la strate arborescente, en plus du *Terminalia superba* on y trouve les *Musanga cecropioïdes*, *Pycnanthus angolensis*, *Myrianthus arboreus*, *M. laurentii*, etc.

Dans la strate arbustrive et herbeuse, nous notons la présence dominante du *Rauwolfia vomitoria*, *Alchornea cordifolia*, *Alchornea floribuna*, *Macaranga spinosa* et les herbes qui sont dominées par *Costus lucanusianus*, *Aframomum laurentii*, *Panicum maximum*, *Paspalum paniculatum*, etc.

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

I.3.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique est assez important dans la station de Kisangani. La plantation du chantier se trouve le long de la rivière Tshopo qui se jette dans la Lindi et forme avec celle-ci un affluent droit important du fleuve Congo.

I.4. TARIF DE CUBAGE ET TARIF DE BIOMASSE

I.4.1. Définition

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 (CTFT 1956 ; Bouchon 1974, Rondeux 2003,

Kahindo 2009 ; ATIBT 2006 ; Rondeux *et al*, 2008). Les entrées sont caractéristiques de l'arbre (diamètre, hauteur moyenne, hauteur dominante...)

On définit également 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 (Mabiala & Kandaka 1981).

I.4.2. Deux sortes de tarif de cubage

On parle le plus souvent de :

- **Le tarif de cubage pour arbres** : les données de base sont prises à l'échelle de l'arbre (dhp, hauteur total, etc.). 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 1976).

- **Le tarif de cubage des peuplements** : les données de base sont des paramètres pris sur des peuplements comparativement au tarif pour arbres (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 entrées selon les paramètres dendrométriques pris en considération. Les tarifs des peuplements à deux et 3 entrées se calculent par les relations suivantes :

I.4.3. Validité d'un tarif de cubage

Etant donné que les tarifs de cubage ne sont que des relations statistiques, ils ne sont valides que pour (Rondeux 1993 ; Picard 2005) :

- l'essence ou le groupe d'essences auxquelles le tarif se réfère,
- le type de peuplement (futaie régulière adulte, taillis sous-futaie),

- la zone d'étude (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.

I.5. 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 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. 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 (F.A.O. 1990).

1.6. APERÇU SUR L'ESPECE

1.6.1. Position systématique

M. laurentii De Wild. est une essence forestière appartenant à la famille des Fabaceae, sous-famille des Faboideae (Tailfer, 1989). La famille comprend environ 12 000 espèces réparties en plus de 650 genres (Gilbert et Boutique 1953) dont 800 espèces réparties en plus de 450 genres appartiennent à la sous-famille Faboideae

Les caractères distinctifs de *M. laurentii* (Wenge) sont particulièrement reconnaissables. C'est un arbre de taille moyenne, atteignant 30 m de hauteur et 80 cm de diamètre, à feuilles 5-7 jugulées. Le fût est de 8-15 m de long rarement bien droit.

1.6.2. Détermination de l'espèce

Base du tronc : cylindrique ou avec de légers empattements

Fût : Cylindrique, rarement droit et souvent noueux, Branchu bas (à partir de 1,5 m de hauteur)

Ecorce : grisâtre d'aspect lisse de loin, rugueux vu de près, 1,5 à 2 cm d'épaisseur.



Figure 1 : Présentation de la base du tronc et du fût d'un pied de *M. laurentii*

Houppier : tronc se divisant en plusieurs branches avec des nombreuses ramifications, rameux, sinueux, retomba, feuillage dense.

Feuilles: alternes, composées pennées, longues (25-30cm) de 6-9 paires de folioles opposées (12-15, 3-5) plus une foliole terminale plus large, terminées, en pointe, a nervure médiane proéminente en dessous, nervures secondaires saillantes sur les 2 faces. Souvent jaunes à terre.

Tranche: granuleuse extérieurement, lamellée intérieurement, blanc moucheté de jaune orange, a l'exsudation sortant rouge à l'intérieur de l'écorce. Odeur: forte de concombre

Aubier : bien différencie, blanchâtre, crème jaune

Bois : brun sombre veine de noir.

1.6.3. Qualités, taux d'humidité et séchage

Le bois présente sur les faces transversales et radiales une figure uniforme finement striée, avec une alternance de stries très sombres et plus claires.

Le grain est grossier, le fil droit. Dans son aire de croissance optimale, le Wenge a une teinte brun chocolat, avec un reflet pourpre à violet après usinage.

En dehors de cette zone, il est plus noir, moins stable et plus difficile à usiner. Les troncs peuvent présenter des "mulots", des insectes attaquent le bois vert et creusent dans les arbres sur pied des galeries de 5 mm de diamètre et de 1 à 2 cm de long. Les grumes présentant de telles piqûres

d'insectes sont utilisées que pour la fabrication de frises, ce qui n'autorise qu'un rendement très réduit au sciage. Le Wenge se laisse parfaitement sécher, sans déformations (Wikipédia 2007).

1.6.4. Usinage, fixation, finition

Le Wenge s'usine aisément, tant manuellement qu'à la machine. La poussière étant irritante, il est conseillé de prendre des précautions. Un système d'aspiration efficace est indispensable.

Le perforage est recommandé. Lorsque le Wenge est utilisé à l'intérieur, son vernissage ne pose pas de problèmes, à condition d'appliquer d'abord un bouche-pores. Le bois deviendra plus clair sous l'effet de la lumière (Assumani 2009).

Propriétés mécaniques : assez fissile, très élastique, très résistant au choc.

Utilisation : après transformation cette espèce est utilisée dans le placage, ébénisterie, scierie, Ebénisterie fine, ameublement, parquet mosaïque, décoration intérieure, sculpture, arbre ornemental en alignement (Vivien & Faure 1995).

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL

II.1. MATERIEL

L'étude a été menée dans le jardin zoologique de Kisangani sur les forêts artificielles à *M. laurentii* et *Terminalia superba*. Les mesures ont été réalisées sur les arbres non abattus et choisis aléatoirement à travers une population de *M. laurentii* en mélange avec d'autres espèces ligneuses.

L'étude porte particulièrement sur l'espèce *M. laurentii* pour les individus dont le dhp était ≥ 10 cm (matériel biologique). Il convient de signaler que ladite population d'arbres avait été repérée au cours de notre prospection du site au mois de juin 2015. C'est au cours d'un pré inventaire que les arbres de notre échantillon (pieds de dhp ≥ 10 cm) appartenant à l'espèce *M. laurentii* avaient été marqués (numérotés) et leurs circonférences à 1,30 m étaient mesurées (par conséquent leur dhp connu).

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 (LeicaDisto) ou un penta décimètre pour mesurer les distances horizontales entre le point de prise de mesure et l'arbre à mesurer).

II.2. MÉTHODES DU TRAVAIL

II.2.1. Echantillonnage

D'après Delansheeke (1972) « Echantillon » c'est une représentativité qui comporte un nombre limité d'individus d'objet ou développement dont l'observation permet de tirer de conclusion applicables à la population (peuplement) entière à l'intérieur de la quelle le choix à été fait (Kambale, 2006)

Le choix et la répartition des arbres par classe de diamètre a été fait par les travaux de l'inventaire (marquage des tiges.)

En effet, pour chaque pied retenu quelle que soit sa classe de diamètre, nous subdivisions le fût en billons fictifs de longueur "L" tel que $1\text{ m} \geq L \leq 2\text{ m}$ 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 ds et/ou le dhp (ou le diamètre de la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires et la longueur ou la hauteur totale du fût et le diamètre au fin bout (dfb).

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 restés les mêmes tant pour le tarif de cubage (le volume) que pour le tarif de biomasse en raison de 9 classes de dhp.

II.2.2. La taille de l'échantillon

Selon des études menées sur les tarifs de cubage, il faut en moyennes 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 2005 ; FAO 2000 ; ATIBT, 2006). Par défaut, le diamètre minimum doit être spécifié clairement (F.A.O, 2000). Pour ce qui est de nos données, le diamètre minimum a été fixé 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 toutes les classes de diamètre enregistrés (ATIBT, 2006).

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenus 60 arbres dont le dhp était ≥ 10 cm. Ils étaient répartis en 8 classes de diamètre en raison de 6 à 10 pieds par classe de diamètre soit 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm, 40–50 cm, 50–60 cm, 60–70 cm, 70–80 cm, et ≥ 80 cm.

II.2.3. Traitement des données

II.2.3.1. Préparation des données

Au cours 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 : $D=2Dh (Nbl+NBe/4)$ où D=diamètre, Dh (distance horizontale) soit la distance de l'arbre à la station de prise de mesure, Nbl= le nombre de bandes larges et Nbe= le nombre de bandes étroites vues et comptées au Relascope.

II.2.3.2. Construction des tarifs de cubage

Les différentes étapes du traitement des 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

Dans cette étude, les paramètres retenus pour le calcul du volume étaient : le dhp (ou le diamètre à la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires, la longueur (hauteur) du fût et la hauteur totale des arbres.

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

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

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

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^e, ..., d_n au fin bout (hauteur totale du fût) soit au bout de $n-1$ ième billon.

b. Equations de régression

A partir des volumes fûts (ou volume observé = Y_{obs}) et des dhp(x) nous sommes parvenus à calculer facilement par analyse exploratoire quelques équations de régression, leurs paramètre (a et b) et le coefficient de corrélation(r) :

modèle de puissance : $Y = ax^b$; modèle d'exponentiel : $Y = ae^{-x^b}$; modèle linéaire : $Y = a + bx$;

modèle logarithmique : $Y = a + b \ln x$;

Les quatre équations des régressions ont été ajustées en fonction de paramètres statistique divers : coefficient de régression a , b et c , coefficient de corrélation r ou coefficient de détermination R ($R=r^2.100$) ou la carrée du coefficient R exprimé en pourcentage, etc.

En principe selon Mabiala 1981 ; 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 faisant ressortir des valeurs des volumes négatives car les volumes d'arbres sont naturellement positifs (Kahindo, 2006).

c. 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 :

$$(1) V = a D^b$$

Où V désigne le 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 :

$\text{Log}(V) = a^* + b^* \text{Log}(D)$ ave « 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 donné. 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 :

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

Variance résiduelle (Var) 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)

$$\text{IC} = \frac{Y_c \pm 2\sqrt{\text{SCE}}}{N(N-1)}$$

Les tables des cubages ainsi que les graphiques seront établies en partant de la seule équation retenue parmi les quatre modèles proposés soit l'équation de puissance (aD^b). Les graphiques porteront en ordonnés les volumes calculés (Y_c) en m^3 et en abscisse les valeurs de dhp en cm.

II.2.3.3. Estimation de la biomasse

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 mêmes classes de diamètres ou de hauteur des fûts retenues pour la construction du tarif de cubage (le volume) ont été utilisé pour l'estimation de la biomasse soit 8 classes au total.

Utilisant les équations allométriques, nous avons déterminé la biomasse fût et la biomasse total à travers les relations suivantes :

Biomasse (fût) = volume x ρ

Biomasse totale= volume du tronc x ρ x BEF

Où ρ 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).

CHAP III : PRESENTATION DES RESULTATS

III.1. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE dhp

Le tableau 1 : Ci-dessous présente le nombre total de pieds sur lesquels notre tarif de cubage et de biomasse était basé en fonction de leurs classes de dhp.

Tableau 1. Distribution des pieds par classe de dhp

Nb	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8
1	11,1	20	34,7	42,1	51,3	61,1	71,1	80
2	11,7	27,7	35,3	43	52,3	62,2	71,9	81,3
3	14,7	28,2	36,2	43,4	52,4	64,3	73,7	82,7
4	15,5	28,5	38,5	44,9	52,6	66,3	74	83,8
5	16	29	39,4	46,3	53,4	66,4	74,1	84
6	17	31,2	39,99	49,4	53,5	66,5	76,3	84,4
7				50	54,9	66,9	78,1	86,6
8					55	67	78,7	89,9
9					57,2	68,7		
10						69,6		
Nb/cl	6	6	6	7	9	10	8	8
TOTAL				60				

Ce tableau montre que l'échantillon sur lequel ce tarif a porté était de 60 pieds de dhp \geq 10 cm. Le nombre de pieds par classe de dhp a relativement varié entre 6 et 10 pieds. Et dans le souci de garder un même nombre de pieds (ou presque) par classe de dhp nous avons pris au minimum 6 arbres par classe arbres. Pour les classes \geq 4, on a enregistré de 7 à 10 pieds en raison de la disponibilité des arbres dans le site de notre étude.

Toutefois, malgré la disponibilité dans le site, la plupart de pieds présélectionnés pour l'étude présentaient un fût, bien que visible sur toute la hauteur, avec des défauts de conformation : pas totalement droit, parfois cylindrique et avec méplats (Qualité B et C soit respectivement 18 % et 73 %). La qualité A correspondant aux arbres droits et \pm cylindriques représente elle, 9% de nos arbres (cf. figure 2).

III.2. QUALITE DES FUTS

La figure 2 ci-dessous nous présente la qualité des fûts d'arbres mesurés.

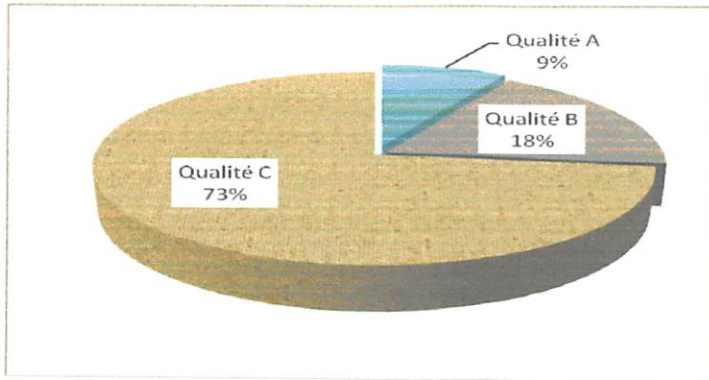


Figure 2 : Qualité des fûts A : [Droit & Cylindrique], B : [1 Courbure légère, forme conique, 1 méplats sur toute la hauteur du fût, 2ou 3 méplats au dessus des contreforts] et C : [1 Courbure prononcée, forme conique, plus d'1 méplat sur toute la hauteur du fût, contreforts allongés].

III.3. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE dfb

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

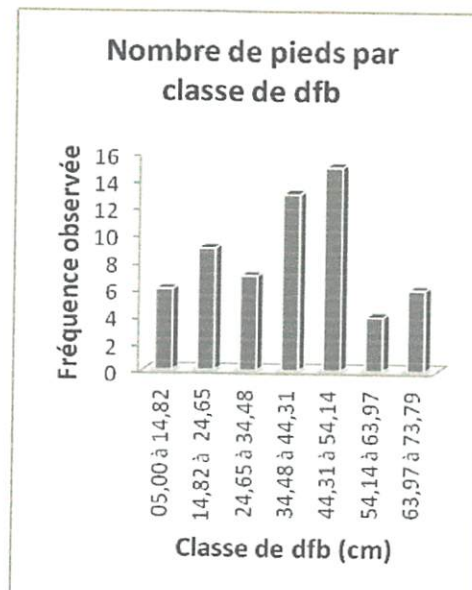


Figure 3 : Distribution des pieds par classe de diamètre au fin bout (dfb)

Il ressort de cette figure que le nombre de pieds par classe diamètre de fin bout (dfb) varie d'une classe à l'autre. Tout fois, on a observé le plus de pieds dans 2 classes entre 34,38 à 54,14 cm. Ces 2 classes représentent à elles seules, près de 46,67% des données et tout le reste de classes représente 53,33% des données.

III.4. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE Hf

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

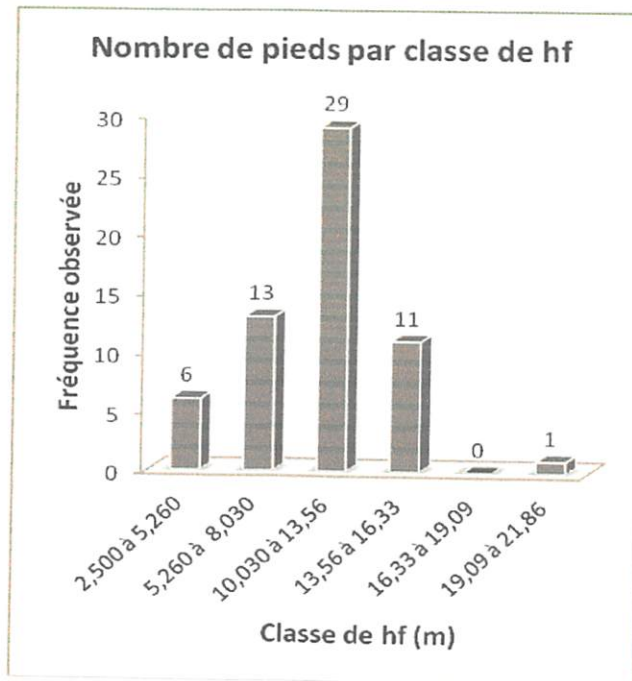


Figure 4 : Distribution des pieds par classe de hauteur fût

Il ressort de cette figure que très peu de pieds de *M. laurentii*, soit seulement 1,6 % ont atteint la hauteur fût maximale de 21,86 m. La plupart de tiges (29 pieds sur 60) ont une hauteur fût variant entre 10,03 m et 20,8 m. Il s'en était suivi les classes 2, 4 qui ont atteint avec respectivement 13 et 11 individus



III.5. VOLUME FÛT EN FONCTION DU dhp

Le graphique 5 ci-dessous présente le volume (m^3) fût en fonction du dhp (cm)

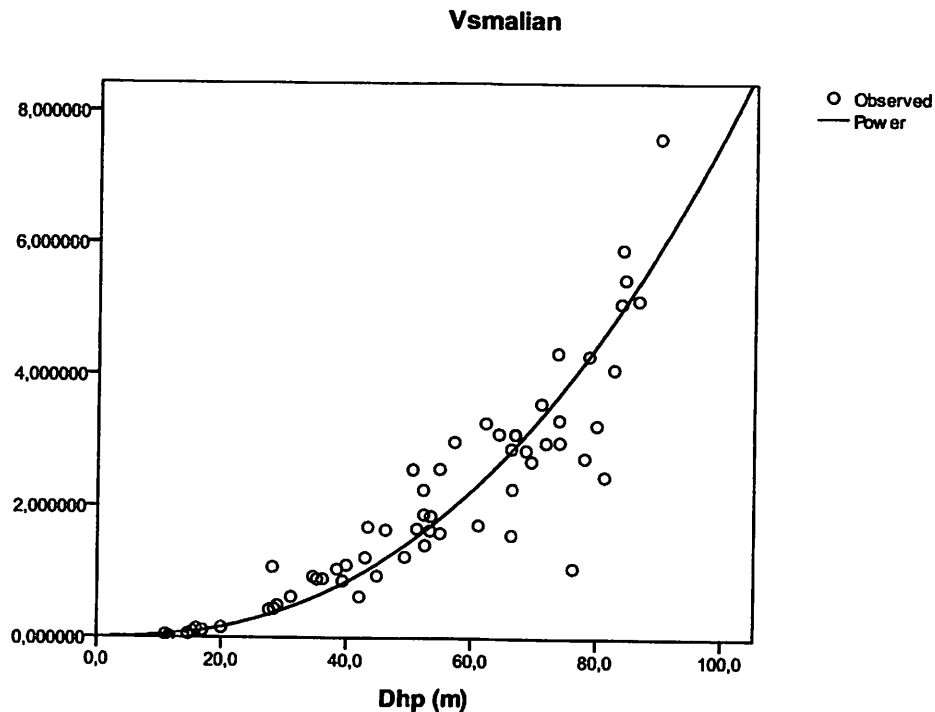


Figure 5 : Graphique du volume (m^3) fût en fonction du dhp (cm)

Cette courbe de cubage qui traduit l'expression du volume en fonction du dhp laisse voir que ce dernier n'est pas uniformément proportionnel au fût et à mesure que le dhp augmente. La courbe présente une allure exponentielle croissante (modèle puissance). Elle montre une forte hétéroscédasticité (variance de croissante) à partir des tiges de plus de 40 cm au dhp.

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

III.6. BIOMASSE FUT ET BIOMASSE TOTALE DES ARBRES EN FONCTION DU Dhp

Comme nous l'avons annoncé dans les paragraphes précédents la biomasse des fûts a été calculée en multipliant le volume fût par la densité (une constante). On constate également que la courbe de biomasse fût en fonction du dhp présente l'hétéroscédasticité et tout comme le volume, la relation entre biomasse fût et le dhp est non linéaire. Il en est de même pour la biomasse totales des tiges qui à son tour est obtenue en multipliant la biomasse fût par le facteur de conversion de la biomasse (une autre constante).

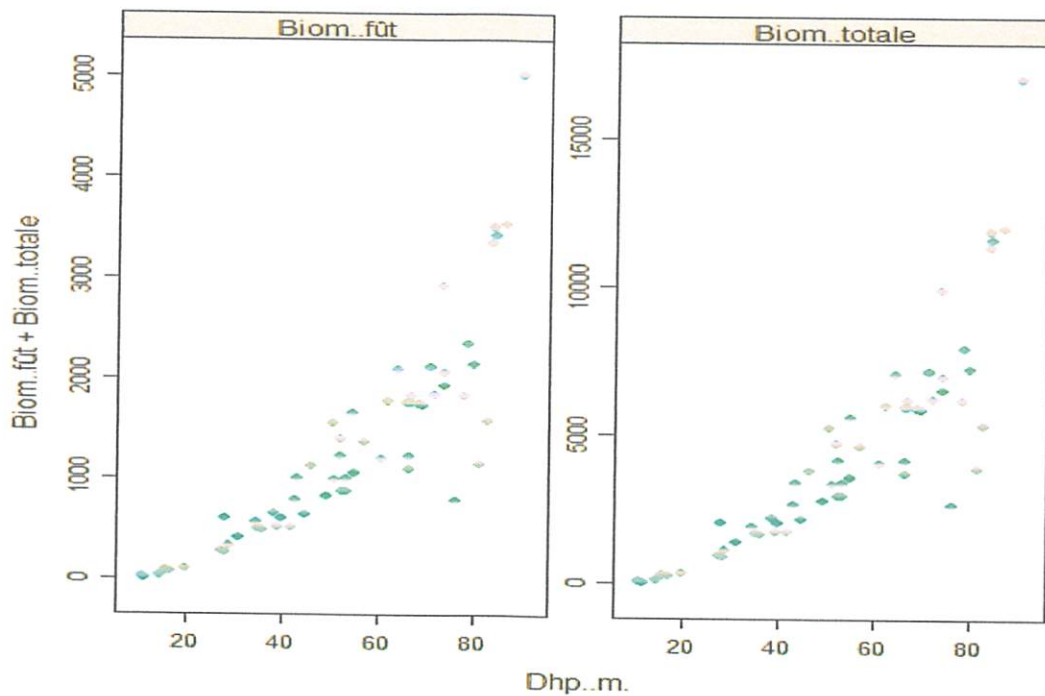


Figure 6 : Graphique de biomasse fût (gauche) et biomasse totale (kg) (droite) en fonction du dhp (cm)

Au regard de ces deux courbes de biomasse fût et biomasse totale qui résultent toutes du volume en incorporant des constantes (densité et BEF), on remarque directement qu'elles sont comparables entre elles (mêmes allures) sauf les quantités en ordonnées qui marquent les différences de l'une de l'autre.

III. 7. PRESENTATION DES MODELES DE REGRESSION

III.7.1. Présentation de modèles des équations de régressions

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

Tableau 2 : Caractéristiques des équations de régression proposées

Modèle	Coefficients de régression			Coeff. de corrélation r	Coeff. de détermination R
	A	b	C		
Linéaire	-1,354	0,065		0,763	58,21
Logarithmique	-7,241	2,425		0,628	39,43
Inverse	3,624	-60,183		0,433	18,74
Quadratique	0,227	-0,012	0,001	0,811	65,77
Puissance	0,000125	2,391256		0,907	82,26
Exponentielle	0,073	0,054		0,772	59,59

III.7.2. Choix de modèle de régression

Le choix de la meilleure équation parmi les six 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 "r" 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 de corrélation (Er) et l'écart-type résiduel (ECTR).

	Linéaire	Logarithmique	Puissance	Exponentielle
R	58,21	39,43	82,26	59,59
ECTR	0,80370569	5,63378313	0,73497881	1,07446906
Er	0,99496864	0,99659434	0,99288287	0,99484894

Au regard du tableau 3 ci-dessus sur la comparaison de ces trois principaux paramètres statistiques, nous avons retenu le "modèle puissance" qui, dans la globalité a réuni les 3 critères.

III.7.3. Equation de cubage et de biomasses

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques, 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)	0,000125	2,391256	0,907	VF = 0,000125 x D ^{2,391256}
Biom. fût (en kg)	0,0572045	2,3548464	0,912	BF = 2,3548464 x D ^{2,354846}
Biom. totale (en kg)	0,1944954	2,3548464	0,912	BT = 0,1944954 x D ^{2,354846}

Comme nous l'avons dit au second chapitre, que les contraintes biologiques se traduisent dans bien de cas par un modèle de régression de type puissance, il en a été de même pour les trois variables dans le cadre de cette étude, à savoir le volume fût, la biomasse fût ainsi que la biomasse totale des arbres.

III.7.4. Ajustement des modèles

L'ajustement de la courbe d'équation a consisté à l'introduction des logarithmes de manière à réduire la dispersion (l'hétéroscédasticité) de points autour de la courbe d'équation du volume en fonction de dhp et de stabiliser la variance résiduel. La figure 7 ci-dessous montre le nuage de point de courbe de volume fût ajustée.

Comme au départ le modèle est de la forme puissance ($Vol = aD^b$), après transformation des paramètres, sa forme linéarisée devient: $\ln(V) = \ln a + b \ln D + \varepsilon$ (où ε représente le résidu à minimiser).

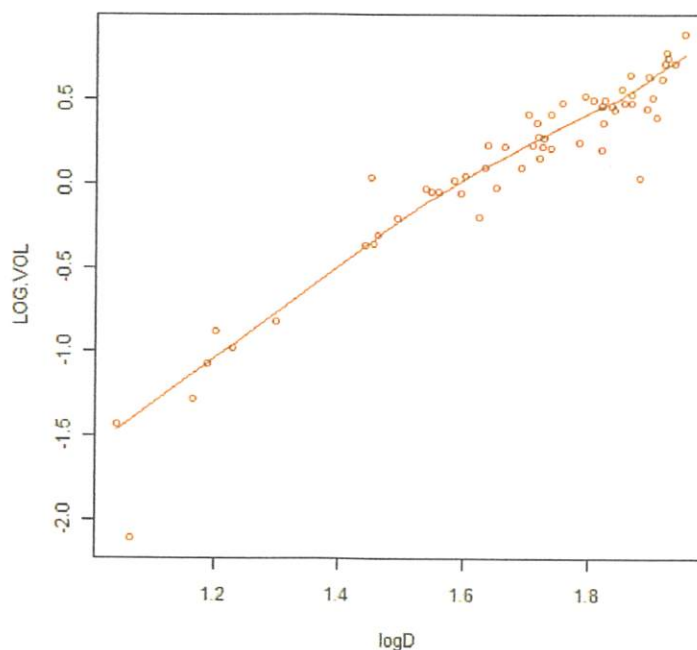


Figure 7 : Courbe de cubage ajusté

III.7.5. Barème de cubage

Tableau 5 : Table de cubage

Essence: <i>M. laurentii</i>										
Jardin Zoologique de Kisangani "ZOOKIS"										
Caractéristiques de l'équation:										
dhp (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0308	0,0387	0,0477	0,0577	0,0689	0,0813	0,0949	0,1097	0,1257	0,1431
2	0,1618	0,1818	0,2032	0,2260	0,2502	0,2758	0,3029	0,3315	0,3617	0,3933
3	0,4265	0,4613	0,4977	0,5357	0,5754	0,6167	0,6596	0,7043	0,7507	0,7988
4	0,8486	0,9002	0,9536	1,0088	1,0659	1,1247	1,1854	1,2479	1,3124	1,3787
5	1,4469	1,5171	1,5892	1,6633	1,7393	1,8173	1,8973	1,9794	2,0634	2,1495
6	2,2377	2,3279	2,4202	2,5146	2,6111	2,7097	2,8104	2,9134	3,0184	3,1256
7	3,2351	3,3467	3,4605	3,5765	3,6948	3,8153	3,9381	4,0631	4,1905	4,3201
8	4,4520	4,5862	4,7228	4,8617	5,0029	5,1465	5,2925	5,4409	5,5916	5,7447
9	5,9003									

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSIONS DES RESULTATS

Dans ce chapitre l'on tente de comparer les paramètres (caractéristiques) de notre tarif de cubage (à une entrée) obtenu au Jardin zoologique de Kisangani avec les tarifs de cubage établis par la DIAF dans les anciennes provinces de l'Equateur, de Bandundu, Bas-Congo et Orientale pour la même espèce.

IV.1. COMPARAISON DU TARIF DU ZOOKIS AVEC CEUX DE 4 ANCIENNES PROVINCES EN RDC

Les 4 équations des tarifs établis au niveau national par la DIAF dans les anciennes provinces de Bandundu, du Bas-Congo, de l'Equateur et Orientale sont comparables au tarif retenu pour le zookis sur le Wenge. Après analyse des tarifs, nous avons constaté que les paramètres de chacune d'elles diffèrent d'une province à l'autre bien que tous soient du type "puissance" quelle que soit la Province ou le site au sein d'une même province. Ceci relèverait de la validité de chacun des 4 tarifs. Le tableau 6 présente leurs paramètres.

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

Province	Paramètres (coeff. de régression)	
	A	B
Equateur	0,00026363	2,21356
Bas-Congo	0,00002314	2,72912
Province Orientale	0,00018242	2,27505
Bandundu	0,00048155	1,93601
Mayumbe	0,000210082	2,3807514
ZOOKIS (2015)	0,000125	2,391256

Il ressort de ce tableau que tous les tarifs convergent et suivent le modèle puissance ($Y = aX^b$). Cette convergence a également été observée dans plusieurs études (Ndjukan 2003, DIAF 2009 ; Kahindo *et al* 2010, Picard 2005) qui, d'après elles la plupart des contraintes biologiques se

traduisent le plus sous le modèle puissance. Ceci nous pousse à confirmer notre deuxième hypothèse de départ.

En se référant au tarif retenu dans le cadre du jardin zoologique de Kisangani (2015), les prédictions basées sur les paramètres de toutes les équations montrent des tendances nettement différentes par province. La figure 8 ci-dessous illustre les évolutions respectives des dits tarifs par rapport aux classes de diamètres pour l'espèce de notre étude.

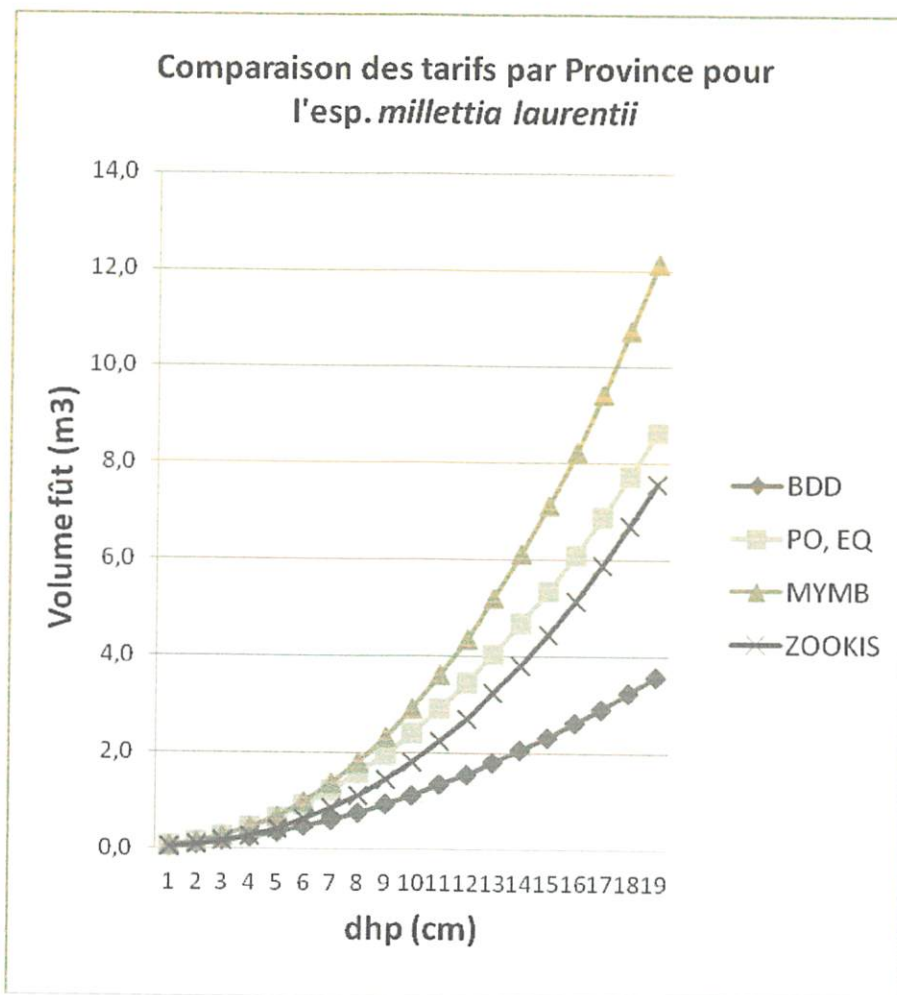


Figure 8 : Evolution des volumes par rapport aux classes de dhp dans les 4 provinces.

Il ressort de cette figure, qu' en remplaçant les paramètres a & b par leurs valeurs dans chacun des tarifs, comparativement à ceux du tarif de référence (Zookis), on distingue nettement deux grandes catégories : 3 tarifs qui surestimeraient le volume quelles que soient les

classes de dhp respectivement ceux des ex Province orientale (PO), de l'Equateur (EQ) et région de Mayumbe (MYMB) et un seul tarif qui sous-estimerait le volume de l'autre. Cette dernière catégorie concerne le tarif de la province du Bandundu (BDD).

IV.2. BIOMASSE FÛT ET BIOMASSE TOTALE

Des études menées en forêts denses ont montré que la biomasse des arbres en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine et de la densité des bois varie largement selon les types de forêts et dans une même forêt, d'une espèce à l'autre en fonction de la densité des espèces et sur un même arbre, d'un point de mesure à l'autre (Later, Ogawa *et al.*, 1965 Kurniatum *et al.*, 2001, Keller *et al.*, 2001, Chave *et al.*, 2001b; Henrique *et al.*, 2002; Baker *et al.*, 2004; Asner *et al.* 2009; Culmsee *et al.*, 2010, 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 (métadonnées).

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) utilisée par défaut 3,4 (Eggleston *et al.*, 2006), la biomasse aérienne estimée (B_{est}) équivaldrait au produit du de la densité (ρ en g/cm^3), du diamètre au carré (D^2 en cm) et la hauteur totale des arbres (H en m): $B_{est} \equiv 0,0694 \times \rho D^2 H$ (Dawkins 1961), ou $B_{est} = 0,0430 (\rho D^2 H)^{0,950}$ (Later, Ogawa *et al.*, 1965) ou encore $B_{est} \equiv 0,0509 \times \rho D^2 H$ (Chave *et al.* 2005).

Dans le cadre de cette espèce, le Wenge (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. La limite pratique de cette étude qui avait pour but d'élaborer un tarif spécifique relève de sa validité.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le présent travail avait pour objet l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de l'espèce d'arbre *M. laurentii* au sein du Jardin Zoologique de Kisangani (Zookis).

Au cours de celle-ci, nous avons obtenu des tarifs de cubage et de biomasse à en fonction du diamètre à hauteur de poitrine (dhp) sur base d'un échantillon de 60 pieds non abattus de *M. laurentii* (dhp supérieur ou égal à 10 cm) qui étaient regroupés en 8 classes de diamètre.

Le calcul des volumes individuels s'est fait selon la méthode de cubage par billons successif en utilisant la formule de Huber

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

Au cours de cette étude, nous sommes arrivés aux modèles de cubage et de biomasse dont les équations sont les suivantes : VF = 0,000125 x D^{2,391256} (pour le volume), BF = 2,3548464 x D^{2,354846} (pour la biomasse fût) et BT = 0,1944954 x D^{2,354846} (pour la biomasse totale) des arbres.

Que les études sur le tarif de cubage et de biomasse sur l'espèce *M. laurentii* soient approfondies de telle sorte que l'on puisse obtenir des équations spécifiques dans le plus des sites possible au sein de la province en particulier et du pays en général.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Assumani A ; 2009, Bilan dendrométrique de plantation expérimentale de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen et *M. laurentii* De Wild, installées à Yangambi (RDC) entre 1938 et 1942.
2. Ahuka, K., 1976 : Tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild en forêt naturelle (Km 16 route Buta). Mémoire inédit IFA- Yangambi, 45p.
- Asner G. P., Hughes R. F., Varga T. A., Knapp D. E. and Kennedy-Bowdoin T., 2009. Environmental and Biotic Controls over Aboveground Biomass Throughout a Tropical Rain Forest. *Ecosystems* 12, 261–278.
3. ATIBT, 2006. Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier. Module 2. Dendrométrie et topographie. Libreville, Gabon, 47 p.
4. Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.S., Patinõ, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. & Marti´nez, R.V., 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* 10, 201–220 pp.
5. 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.
6. B.F.T. 1974 : Barème de cubage. Ministère de la coopération française. 4^{ème} édition. Paris 52 p.
7. Biguma, J., 2006. Contribution à élaboration d’un tarif de cubage de *Staudtia stipitata* (= *s. camerunensis*/warb dans la réserve floristique de Loweo (Yangmbi, RDC), Mémoire inédit F.S.A/UNIKIS, P49.
8. Bouchon, J. 1974 : Les tarifs de cubage. Nancy, France, ENGREF, 57p.
9. Boyemba, B., 2006. Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC). DEA inédit, ULB, Lab. Bot, Syst. 101 p.
10. Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Aemus, D., Følster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. &
11. Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Ecosystem Ecology*. Springer-Verlag. 145(1):87–99.

12. C.T.F.T. 1956 : Mémento du forestier. 1^{ème} édition. Ministère de la coopération. 1216p.
13. C.T.F.T, 1963 : Ennemies des principales essences forestières en Afrique tropicale. Ministère de la coopération et du développement, France, 170-171pp.
- Culmsee, H., Leuschner, C., Moser, G. & Pitopang, R., 2010. Forest aboveground biomass along an elevational transect in Sulawesi, Indonesia, and the role of Fagaceae in tropical montane rain forests. *Journal of Biogeography* 37, 960–974 pp.
14. Dagnelie, P., 1985. Tables de cubage des arbres et peuplements forestiers presses agronomiques de Gembloux, Belgique, P. 378.
15. DIAF, 2009. Liste des essences forestières de la R.D Congo, DIAF. 52p.
16. 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.
17. Eggleston S., Buendia K-M. , Ngara T. & Tanabe, K. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4, Japan. 678 p
18. FAO, 2000 : Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal Etude FAO forêt no 140, Rome, 85p.
19. FAO, 2000. Directives pour les évaluations dans les pays tropicaux. Archives documentaires de la FAO, Département de la forêt. Rome.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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

24. Kahindo, M., 2009. Elaboration de tarif de cubage et de Biomasse pou *Gilbertiodendron dewevrei* (Deweild) 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.
24. 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
25. Mabilia, M., 1981. Normes d'inventaire forestier. Tarif de cubage n° 4 SPIAF, Kinshasa, 70p
26. Mabilia & Kandaka.1981. Tarif de cubage. Norme d'inventaire forestier. Cahier no 4 SPIAF KINSHASA. 58p.
27. Malongola, J. 2010. Etablissement de tarif de cubage : *Gilbertiodendron dewevrei* (J. Léonard, *Diospyros chyscarpa* F. White et *diogo zenkere* (enger) exell & Men et de Biomasse pour *gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale R.D Congo/TFC inédit, ISEA/Bengamisa, P. 35.
28. Mate, M. 2015 : Politique et administrations forestière notes de cours inédit FGRNR/ UNIKIS.
29. Mbula, M. 2009 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage d'*Entadrophragma cylindricum* (Sprague) Sprague dans la concession forestière de FORABOLA, Territoire de Basoko (Province Orientale, RD Congo. Mémoire inédit, F.S.A /UNIKIS. 38p.
30. Muhindo, C.,étude comparative de la nodulation sur les racines des légumineuses sous forêts climatique et en milieu perturbé au jardin zoologique de Kisangani. TFC inedit, IFA-YANGAMBI, 23p.
31. Ndjele, M-B., 1988 : Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, ULB, 528 p.
32. Nyakabwa, M., 1982: Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de Doctorat, Vol I et II, FS/UNIKIS, 99p.
33. Paluku.T., 2006 : Morphométrie, reproduction et structure des populations des chiroptères dans les habitats naturels du Jardin Zoologique de Kisangani (RDC).
34. Rondeux, J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers Presses

agronomiques de Gembloux, Belgique : 521 (62-100).

35. Rondeux, J. & Otoul, C. 1998. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique) : Presses agronomiques de Gembloux, pp 41-68.
36. 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
37. 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.
38. Vivien, J. et Faure, J.-J. 1985 : Arbres des forêts denses d'Afrique centrale. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, 178 p.

WEBOGRAPHIE

http://www.FAO.org/docrip/006/s_9280_F/S_9280_F.13.htm: Revue bois et forêts des tropiques

Wikipedia, 2007. Wenge (online). Disponible sur Internet, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Wenge>.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
SUMMARY	iv
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	v
0. INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique.....	1
0.2. hypotheses	2
0.3. Objectifs	2
0.4. Intérêt	3
CHAPITRE PREMIER : LE MILIEU D'ETUDE.....	5
I.1. DESCRIPTION ET CHOIX DU MILIEU D'ETUDE.....	5
I.2. HISTORIQUE, SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE DU JARDIN ZOOLOGIQUE.....	5
I.3. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE.....	7
I.3.1. Climat.....	7
I.3.2. Sol	8
I.3.3. Végétation.....	8
I.3.4. Hydrographie	8
I.4. TARIF DE CUBAGE ET TARIF DE BIOMASSE	8
I.4.1. Définition	8
I.4.2. Deux sortes de tarif de cubage	9
I.4.3. Validité d'un tarif de cubage.....	9
I.5. TARIF DE BIOMASSE	10
1.6. APERÇU SUR L'ESPECE	10
1.6.1. Position systématique.....	10
1.6.2. Détermination de l'espèce.....	11
1.6.3. Qualités, taux d'humidité et séchage.....	11
1.6.4. Usinage, fixation, finition.....	12

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL	13
II.1. MATERIEL	13
II.2. Méthodes du travail	13
II.2.1. Echantillonnage	13
II.2.2. La taille de l'échantillon	14
II.2.3. Traitement des données	14
II.2.3.1. Préparation des données	14
II.2.3.2. Construction des tarifs de cubage	15
CHAP III : PRESENTATION DES RESULTATS	19
III.1. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE dhp.....	19
III.2. QUALITE DES FUTS	20
III.3. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE dfb	20
III.4. DISTRIBUTION DES ARBRES PAR CLASSE DE Hf.....	21
III.5. VOLUME FÛT EN FONCTION DU dhp.....	22
III.6. BIOMASSE FUT ET BIOMASSE TOTALE DES ARBRES EN FONCTION DU Dhp ..	23
III. 7. PRESENTATION DES MODELES DE REGRESSION.....	23
III.7.1. Présentation de modèles des équations de régressions.....	24
III.7.2. Choix de modèle de régression	24
III.7.3. Equation de cubage et de biomasses	25
III.7.4. Ajustement des modèles.....	25
III.7.5. Barème de cubage	26
CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSIONS DES RESULTATS	27
IV.1. COMPARAISON DU TARIF DU ZOOKIS AVEC CEUX DE 4 ANCIENNES PROVINCES EN RDC	27
IV.2. BIOMASSE FÛT ET BIOMASSE TOTALE	29
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
TABLE DES MATIERES	35