

UNIVERSITE DE KISANGANI



B.P : 2012

KISANGANI

FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES RENOUVELABLES

Elaboration du tarif de cubage et biomasse pour l'espèce *Prioria oxyphylla* (HARMS) BRETELLER dans les deux parcelles permanentes de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo)

Par

Irénée Esuku Mokondo

MEMOIRE

Présenté et défendu en vue l'obtention du Grade d'Ingénieur Agronome.

Option : Eaux et forêts

Directeur : Dr. Roger KATUSI LOMALISA

Encadreur : C. T. Ir. Thierry KAHINDO MALIRO



ANNEE ACADEMIQUE: 2015-2016

16
06-GRNR.

DEDICACE

A nos chers parents Ir. ESUKU YA BIKILIKILI NAMBULU et Marie-Jeanne GELA LIGBEMA pour leur soutien financier, moral et encouragement qui nous ont toujours été utiles à tout moment et à n'importe quelles circonstances.

A nos frères et sœurs : Anne ESUKU, Rebecca ESUKU, Bruno ESUKU, David ESUKU, Sarah ESUKU, Emmanuel ESUKU, La Grace ESUKU et Mardochée ESUKU.

A toute la famille ESUKU.

A toute la famille LIGBEMA.

Au Professeur Arthur CIMWANGA de l'Université de Kisangani.

Au Professeur Prospere SABONGO de l'Université de Kisangani.

Nous dédions ce travail.

REMERCIEMENTS

Au terme de cette formation de longue haleine, nous tenons à remercier l'Eternel Dieu Tout-Puissant à qui rien n'échappe et donateur de la sagesse, de savoir distinguer l'utilité de ce cursus étudiant, pour nous avoir rendus 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 physique, intellectuelle que morale : nous lui disons grand merci.

Qu'il nous soit permis de remercier ceux qui, de près ou de loin, ont su tant soit peu, rendre possible et agréable notre formation en Ingénieur Agronome dans la ville de Kisangani.

Nous remercions également l'ensemble de tous les professeurs de l'Université de Kisangani et de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi qui ont accepté de nous transmettre leurs connaissances par leurs cours magistraux ainsi que la direction de nos mémoires. Nous pensons particulièrement au Docteur Roger KATUSI d'avoir accepté sans peine la direction de ce travail malgré les multiples tâches qu'il a à réaliser.

Nous voulons aussi remercier tous les Assistants et Chefs de Travaux qui nous ont aidé lors de la réalisation de nos mémoires ainsi qu'au cours de différents travaux pratiques, tant sur le terrain que dans l'auditoire. Notre gratitude est particulièrement adressée à l'Ingénieur Chef de Travaux Thierry KAHINDO MALIRO pour les sacrifices qu'il s'est imposés en dépit de ses occupations, il a accepté l'encadrement de cette étude. Nous tenons aussi à remercier l'Assistant Michel KELYOBO qui nous a aidé à récolter les données sur terrain.

Nous disons un grand merci à tous les camarades de lutte avec qui, on a partagé tant des joies que des peines. Nous citons Patience KASANGE, Ir. Chalay AZENGE, Evariste RAMAZANI, Charlie MUKEINA, Donatien KALO, Pierre KUKWABANTU, Héritier BALESLIAIPAME, Horizon DADUA, Louis MADAMA, Claude ALIYO, Didier KALIDU, Joël MOBUNDA, Germaine BOLINGAMA, Myriam LOSA, Boreck GATA, Vanesa MILAMBO, Michel MPIA qui, pour une raison ou une autre, n'ont pas pu achever cette formation avec nous, trouvent en ces lignes notre marque d'affection.

Nous tenons également à remercier le couple YONA BOMATE, couple Dieu-Merci MOSALA qui, de loin ou de près, ont contribué pour notre cheminement afin que nous soyons ce que nous sommes aujourd'hui.

A tous mes amis et connaissances, notamment Martin BESAKWE, Clarice LOMBOTO, Bijoux KAVIRA, Patrick SANDO, Antoine MONGUNGU, Belle KANGA, Rosette et tous les autres.

À la future mère de mes enfants dont l'ombre de mes pensées cache encore.

A toutes et à tous, nous disons un grand merci.

Irénée ESUKU MOKONDO

RESUME

Cette étude qui avait pour but l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de l'espèce *Prioria oxyphylla* dans la réserve forestière de Yoko.

Des mesures des diamètres et hauteurs des fûts ont été prélevées sur un échantillon de 40 arbres non abattus (dph \geq 10 cm) en vue de prédire le volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale de ces derniers.

Les arbres échantillonnés ont été répartis en 8 classes de dhp à savoir : 10-20 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm et \geq 80 cm avec 5 arbres par chacune des classes de dhp.

Les paramètres dendrométriques qui ont servi au calcul des volumes et la biomasse étaient principalement le dhp, les diamètres intermédiaires prélevés tous les 2 m ou 5 m le long du fût jusqu'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 Smalian suivante :

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

Après traitement des données et calculs divers, les résultats révèlent que les tarifs de cubage et de biomasse obtenus sont en une seule entrée, à savoir le dhp de type ou modèle " puissance ". Pour le volume fût (VF), l'équation a comme caractéristique : VF = 0,000138786 x $D^{2,1569877}$, pour la biomasse fût (BF) = 0,555145071 x $D^{2,1569877}$ et pour la biomasse totale des arbres (BT) = 1,887493241 x $D^{2,1569877}$

Mots-clés : *Prioria oxyphylla*, équations de volume et de biomasse, Réserve forestière de Yoko.

SUMMARY

A survey that had for goal the development of the tariffs of cubage and biomass of the species *Prioria oxyphylla* in the forest reserve of Yoko.

Have the measures of diameters and heights of the stocks been appropriated on a sample of 40 non dejected trees (dbh 10 cm) in order to predict the volume was, the biomass was and the total biomass of these last.

The sampled trees have been distributed in 8 classes of dhp to know: 10-20 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm and? 80 cm with 5 trees by each of the classes of dbh.

The parameters dendrométriques that served to the calculation of the volumes and the biomass was mainly the dhp, the intermediate diameters appropriated all 2 m or 5 m along the stock until the thin diameter boil (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 following Smalian formula:

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

After treatment of the data and various calculations, the results reveal that the tariffs of cubage and biomass gotten are in only one entry, to know the dhp of type or model" power ". For the volume was (VF) the equation has like feature: $VF = 0,000138786 \times D^{2,1569877}$, for the biomass was (BF) $= 0,555145071 \times D^{2,1569877}$ and for the total biomass of the trees (BT) $= 1,887493241 \times D^{2,1569877}$

Keywords: *Prioria oxyphylla*, equations of volume and biomass, forest Reserve of Yoko.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la réserve forestière de Yoko	6
Figure 2: Qualité des fûts	17
Figure 3: Distribution des pieds par classe de dfb.....	17
Figure 4: Distribution des pieds par classe de hauteur fût.....	18
Figure 5: Graphique de cubage (volume en fonction du dhp).....	19
Figure 6: Graphiques de biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp.	20
Figure 7: Courbes et évolution des volumes estimés pour les tarifs comparés : EQ = Equateur, BC= Bas-Congo, BDD = Bandundu, PO = Prov. Orient. et YK 2016= notre étude.	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Distribution des pieds par classe de dhp	16
Tableau 2: caractéristique des modèles de régression.....	21
Tableau 3: Comparaison de l'écart-typé résiduel des modèles testés.	22
Tableau 4: Paramètres des équations de régression du volume, biomasse fût et biomasse totale des tiges	22
Tableau 5 : Table de cubage.....	24
Tableau 6: Présentation des caractéristiques ($Y = aX^b$) du tarif de Yoko (2016) comparé avec ceux établis par la DIAF pour l'espèce <i>Prioria oxyphylla</i>	25

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iv
SUMMARY	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
TABLE DES MATIERES.....	viii
0. INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique.....	1
0.2 Hypothèse du travail.....	2
0.3 Objectifs de travail	2
0.3.1 Objectifs généraux.....	2
0.3.2 Objectifs spécifiques	2
0.4 Intérêt du travail	2
0.5 Revue de la littérature.....	3
CHAPITRE I : GENERALITES.....	5
1.1 PRESENTATION DU MILIEU	5
1.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE	5
1.1.2. HYDROGRAPHIE ET VEGETATION	6
1.1.3. CONDITIONS CLIMATIQUES ET SOLS.....	6
I.2 GENERALITES SUR L'ESPECE (TAILFER, 1989).....	7
1.3. Tarif de cubage et de biomasse	9
1.3.1 Tarif de cubage.....	9
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE.....	12
2.1 MATERIEL.....	12
2.2 METHODES	12
2.2.1 Echantillonnage.....	12
2.2.2 Traitement des données	13
2.2.3. Construction des tarifs.....	13
3.1. Distribution des tiges en fonction des classes de dhp.....	16
3.2. Qualité des fûts.....	16

3.3. Distribution des arbres par classe de diamètre au fin bout (dfb)	17
3.4. Distribution des arbres par classe de hauteur fût (hf)	18
3.5. Volume fût en fonction du dhp	18
3.6. Biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp	19
3.7. Présentation des modèles de régression	21
3.7.1. Caractéristique et choix des modèles de régression	21
3.7.3. Equation de cubage et de biomasse	22
3.7.4. Ajustement des données au modèle	22
3.7.5. Barème de cubage	24
CHAPITRE IV : DISCUSSION DES RESULTATS	25
4.1. Comparaison des caractéristiques des tarifs de cubage	25
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	27

0. INTRODUCTION

0.1. Problématique

En République Démocratique du Congo, l'utilisation du bois pour la cuisson des aliments, pour construire localement, exporter (devise), l'aménagement (dans le cadre de la gestion durable), la séquestration du carbone dans le cadre d'atténuation des changements climatiques et la production de bois d'œuvre est quotidienne pour la majorité de la population quelle que soit la position sociale ou le niveau économique. La demande sans cesse croissante de bois et la diminution des surfaces productives sous l'effet des défrichements agricoles ont conduit à s'interroger sur les modalités d'approvisionnement des villes et à proposer une organisation de la filière bois de feu jusqu'à présent en grande partie informelle (Malongola, 2010).

Dans le temps actuel où la forêt devient de plus en plus une ressource recherchée par la population, les évaluations exactes des ressources forestières permettront de relever l'économie nationale et gérer durablement ces ressources. C'est par évaluation quantitative que les gestionnaires du secteur du bois peuvent connaître la possibilité en bois d'œuvre ou d'énergie avant de décider sur la finalité de celui-ci et même avant l'octroi d'une concession forestière (Anonyme, 2002).

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 le cas de l'espèce *Prioria oxyphylla* qui convient également à tous les usages. C'est ce qui justifie cette étude dans la réserve forestière de Yoko.

En effet, à cause de sa complexité, sa grande diversité biologique et faute de moyens, il semble aussi difficile et coûteux aux chercheurs d'élaborer des tarifs de cubage pour toutes les espèces. Et même si l'on peut procéder à l'estimation de volume ligneux sur pied potentiellement aménageable et exploitable, la masse de données à traiter serait énorme alors que les études de volume et de biomasse ne sont qu'un aspect dans les études de dynamique forestière.

0.2 Hypothèse du travail

Cette étude part des hypothèses selon lesquelles :

- ✓ le tarif de cubage et de biomasse de *P. oxyphylla* (à la réserve forestière de Yoko) suit le même modèle « non linéaire » comme pour les tarifs établis par la DIAF sur la l'espèce dans d'autres provinces de la RD Congo.
- ✓ les variables à prédire (le volume et/ou la biomasse) sont fortement corrélées à leur variable explicative, à savoir : le diamètre à hauteur de la poitrine (dhp),

0.3 Objectifs de travail

0.3.1 Objectifs généraux

La présente étude cherche à élaborer un tarif de cubage et de biomasse de *P. oxyphylla* dans la réserve forestière de Yoko.

0.3.2 Objectifs spécifiques

- ✓ Elaborer un tarif de cubage en une entrée ou deux entrées pour une essence de choix dans la réserve forestière de Yoko ;
- ✓ Elaborer un tarif de biomasse de *P. oxyphylla* dans la dite réserve et déterminer les caractéristiques dendrométriques (diamètre, hauteur, volume, biomasse) de l'essence dans notre site de travail.

0.4 Intérêt du travail

Cette étude ouvre la voie et constitue un fondement pour d'autres chercheurs qui envisageront d'entreprendre des études ultérieures dans ce domaine.

Le volume ou biomasse à l'unité de surface, du fait qu'ils font intervenir les autres mesures sur le terrain sont de bons critères pour caractériser une forêt (Gaudin, 1996). Bref, si les tarifs de cubage trouvent un écho auprès de forestiers (chercheurs) c'est en raison du fait que d'une part, on peut les relier aux transactions commerciales des produits forestiers ligneux et qu'ils permettent d'autre part, d'évaluer les potentiels forestiers (dans le cadre d'une gestion durable des peuplements forestiers).

Ils permettent par ailleurs de passer des effectifs inventoriés aux volumes des fûts, de la base de l'arbre à une certaine découpe ou premier gros défauts (Merien *et al.*, 1998).

La notion de la biomasse, quant à elle, se référant à la quantité de carbone emmagasinée dans la forêt, est importante pour les études prospectives sur le cycle et la séquestration du carbone à l'échelle des forêts, qui a une incidence sur les changements climatiques (FAO, 2000).

0.5 Revue de la littérature

Bien que l'exploitation forestière classique des arbres pour le bois d'œuvre date de longtemps, cependant peu d'études se sont intéressées à savoir et à déterminer de façon spécifique le tarif de cubage de toutes les essences forestières exploitées. Bon nombre d'exploitants se contentent d'estimer les volumes exploitables sur base des tarifs existants préétablis (Mabiala *et al.*, 1981) faute de moyens et de temps.

La littérature en matière de tarif de cubage est relativement abondante. Quant à la biomasse c'est encore un réel défi. Toutefois, la mesure de la biomasse commence à devenir important pour l'estimation de la séquestration du carbone (établissement de l'équation allométrique) ou pour la production de bois-énergie par qui on s'intéresse à l'ensemble des parties ligneuses de l'arbre (Picard *et al.*, 2012) et plusieurs protocoles des suivis de carbone voient le jour ou sont en cours de publication (Chane *et al.*, 2014).

En RD Congo, parmi les publications les plus récentes, il est nécessaire de signaler le grand travail réalisé par SPIAF au niveau national (Mabiale *et al.*, 1981 cité par Mbale, 2014) ont établi le tarif de cubage national pour avoir une idée aussi exacte que possible du volume de quelques essences exploitables dans le cadre de grands inventaires nationaux pour quelques régions du pays. Il s'en est suivi la publication des guides opérationnels en 2007 par le SPIAF et en 2009 avec la DIAF.

Dans la région de Kisangani, plusieurs travaux sur les tarifs de cubages ont déjà été menés. Parmi eux, nous pouvons citer :

- ✓ Biguma (2006) a travaillé à Yangambi sur 40 arbres de *Staudtia kamerunensis* (dhp \geq 10 cm) et est abouti au modèle puissance comme expression du volume fût en fonction du dhp ;
- ✓ Kambale (2006), a établi un tarif de cubage de *Gilletiodendron kisantueuse* dans la réserve forestière de Yoko sur un échantillon de 68 arbres (dhp \geq 10 cm) et ayant

testé 6 équations de régression a retenu la régression exponentielle comme modèle de cubage ;

- ✓ Otoma (2007) a élaboré un tarif de cubage de *Petersianthus macrocarpus*, dans la réserve forestière de Masako, en utilisant un échantillon de 53 arbres ($d_{hp} \geq 10$ cm) et il a proposé 6 équations de régression pour ne maintenir que la régression du type puissance ;
- ✓ Malongola (2008), a élaboré un tarif de cubage de *Scorodophloeus zenkeri* dans la réserve forestière de Yoko, et en estimant le volume fût par 6 équations de régressions et il est abouti également en une équation de type puissance comme modèle de cubage ;
- ✓ Kahindo (2009), a produit des tarifs de cubage et de biomasse pour les espèces *Scorodophloeus zenkeri*, *Gilbertiodendron dewevrei* et *Guarea thompsonii* à Yoko. Le modèle puissance a été retenue pour toutes ces espèces.

De ce qui précède, en ce qui concerne le tarif de cubage et de biomasse, nous pouvons également citer Matondo (2013), Kadetwa (2015), Kahambu (2015) respectivement sur les espèces *Brachystegia laurentii*, *Terminalia superba* et *Millettia laurentii*, etc.

De manière générale, les études sur *Prioria oxyphylla* n'ont pas suffisamment été développées alors que l'espèce est entrain d'être exploitée localement pour son bois d'œuvre, dans diverses constructions y compris pour le bois de feu.

S'il existe des tarifs de *Prioria oxyphylla*, très peu d'informations sur leur validité sont connues en ce qui concerne notamment la zone géographique de leur application, la gamme des diamètres comme entrée de tarif, la qualité d'ajustement et l'erreur résiduelle des modèles.

CHAPITRE I : GENERALITES

1.1 PRESENTATION DU MILIEU

L'étude a été conduite dans réserve forestière de Yoko à environ 32 kilomètres de la ville de Kisangani sur l'axe routier Kisangani-Ubundu.

1.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

La réserve forestière de la Yoko est délimitée au Nord par la ville de Kisangani et une bande des forêts fortement dégradées, au sud et à l'Est par la rivière Biaro qui forme une demi-boucle en suivant cette direction, à l'Ouest par la voie ferrée et la route reliant Kisangani – Ubundu du point kilométriques 21 à 38 (LOMBA et NDJELE, 1998).

Elle est située dans la localité de Bakumu-Mangongo, territoire d'Ubundu, province de la Tshopo, traversée par la rivière Yoko qui la divise en deux parties : dont la partie Nord avec 3.370 hectares et la partie Sud avec 3605 hectares soit une superficie totale de 6.975 hectares et elle a comme coordonnées géographiques 00°, 383 N de latitude et 25° 17.215 de longitude.

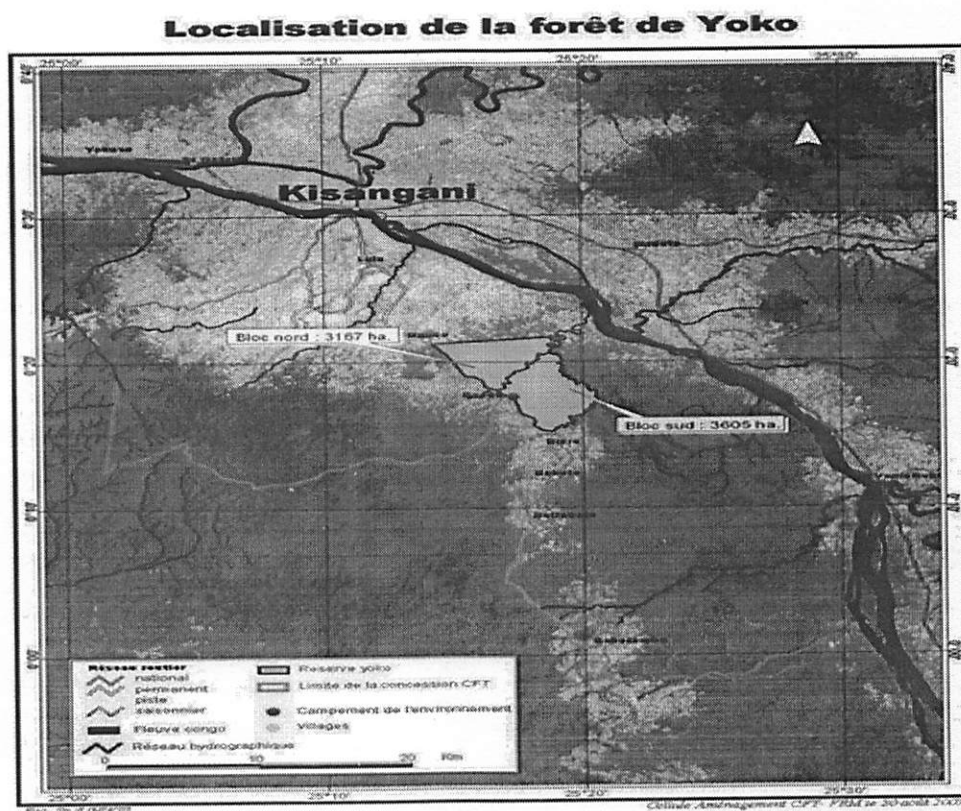


Figure 1: Carte de la réserve forestière de Yoko

1.1.2. HYDROGRAPHIE ET VEGETATION

La réserve forestière de la Yoko est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties dont la réserve Nord avec 3.370 hectares, dominée par une végétation faisant partie du groupe des forêts mésophiles sempervirentes à *Brachystegia laurentii*, à l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion*, à l'ordre des *Gilbertiodendron dewevrei* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* et la réserve sud avec 3.605 ha, appartenant au type des forêts mésophyles semi-décidues à *Scorodophloeus zenkeri*, à l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion*, à l'ordre des *Piptadenio-Celtidetalia* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (LEBRUN et GILBERT, 1954) cité par LOMBA (2007)

1.1.3. CONDITIONS CLIMATIQUES ET SOLS

Bien que la réserve forestière de Yoko présente quelques petites variations microclimatiques dues en une forêt très dense (LOMBA, 2007), la réserve de Yoko bénéficie globalement du climat régional de la ville de Kisangani du type Af, de la classification de KOPPEN compte tenu sa situation à la périphérie de Kisangani. En tenant compte des irrégularités dans le prélèvement des données climatiques de la réserve (Ifuta, 1993 cité par Masiala 2009), les

caractéristiques ici présentées sont celles de la région de Kisangani, prélevées au cours de la période allant de 1987 à 1996 par la station météorologique de Bangboka (Upoki, 2001 ; Nshimba, 2008).

Selon Nshimba (2008), Kisangani se caractérise par une mégathermie quasi constante avec des variations peu perceptibles, voire négligeables. Les températures moyennes oscillent entre 23,5° C et 25,3°C soit une amplitude thermique annuelle faible de 1,8°C (UPOKI, 2001) et la moyenne des températures du mois le plus froid supérieure à 18° C.

La moyenne de précipitation est élevée toute l'année avec une répartition nullement uniforme (1.728,4 mm (minimum : 14175,5 mm et maximum 1915,4 mm) et un flétrissement des saisons sèches de faibles pluviosités (Nyakabwa, 1982).

L'humidité relative moyenne annuelle est également haute, soit 82 % (Kahindo, 2009).

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

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

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

I.2 GENERALITES SUR L'ESPECE *Prioria oxyphylla* (TAILFER, 1989)

A. Dénomination

Son nom spécifique est *Prioria oxyphylla*, dans le commerce international, il semble que le bois de *Prioria oxyphylla* soit vendu sur le marché international en petites quantités uniquement bien qu'il ne soit peut-être en lots mélangés, associé par exemple au Tola (*Prioria balsamifera*). Le Gabon exporte des petites quantités de bois de *Prioria oxyphylla*,

essentiellement des placages. En 2006, de petites quantités de placages ont été exportées par le Congo au prix moyen 359 \$/m³.

B. Aire de répartition en Afrique et habitat

Prioria oxyphylla couvre une aire qui va du sud du Nigeria jusqu'au Centre Afrique et vers le Sud jusqu'en RD Congo et à Cabinda (Angola).

C. Description de l'espèce

L'espèce appartient à la famille de Fabaceae, ordre des Fabales, c'est un arbre de grande taille atteignant 50 m de haut, sempervirent ; fût dépourvu des branches sur 20 (-40) m, droit, cylindrique, jusqu'à 130 (-300) cm de diamètre, sans contreforts : surface de l'écorce écailleux avec des écailles allongées, parfois légèrement fissurée, grise à gris, l'écorce interne fibreuse, rosée à rougeâtre ; cime normalement de petite taille, à branches sineuses ; rameaux glabres.

Feuilles alternes, composées imparipennées ou paripennées ; folioles alternes, obliquement elliptiques à ovales-elliptiques, cunéiformes à arrondie à la base, courtement acuminées à l'apex, coriaces, glabres, pennatinervées, inflorescence : grappe axillaire composée. Fleurs bisexuées, régulières, blanc jaunâtre ; sépales 5, obovales-elliptiques ; poils sur les bords uniquement ; pétales absents ; étamines 10 libres ; ovaires supères, d'environ 1 mm de long, recouvert de poils denses, 1-loculaires, style mince, faiblement arqué, fruit ; gousse ovoïde, aplatie, indéhiscente, contenant 1 seule graine, pourvue d'une aile de grande taille, parfois à nombreuses poches de résines, ailé à nervures longitudinales et réticulées. Graines ellipsoïdes et aplaties.

D. Propriétés physiques et mécaniques

Prioria oxyphylla est un bois de cœur, dont la couleur brun rosé cuivré fonce au brun rougeâtre lorsqu'il est exposé à la lumière, présente des maillures noirâtres et se distingue nettement de l'aubier, jaune-rose pâle jusqu'à 10 cm d'épaisseur. On trouve souvent une zone intermédiaire de 12 cm de large entre l'aubier et le bois de cœur. Le fil est droit ou légèrement contre fil, le grain est moyennement grossier. Le bois contient une résine verdâtre qui fonce au brunâtre à l'exposition.

C'est un bois de poids moyen, avec une densité de 580-670 kg/m³ à 12 % d'humidité et moyennement dur. Il sèche à l'air assez rapidement, avec une faible tendance à la

déformation et aux gerces. Il ne doit pas sécher trop rapidement si non des tâches de résine peuvent alors apparaître. Les taux de retrait sont moyens à élevés, de l'état vert à anhydre ils sont de 3,7-4,6 % dans le sens radical et de 8,0 – 13 % dans le sens tangentiel. Une fois sec, le bois est moyennement stable en service. A 12 % d'humidité, le module de rupture est de 85 à 137 N/mm², le cisaillement de 14N/mm², le fendage de 14-17 N/mm², la dureté Yanka de flanc de 5560N et la dureté flanc chalais-Meudon de 3,2.

Le bois se scie et travaille facilement tant à la main qu'à la machine, et ne désaffute que faiblement les dents de scies et les lames de coupe. Toutefois, la résine peut encrasser les outils. La teneur en résine peut être élevée et il faut parfois avoir recours à des traitements à la vapeur et à l'eau chaude pour atteindre des taux acceptables. Les caractéristiques de clouages de bonne qualité, faciles à coller pour produire du contreplaqué. Le bois est moyennement durable, car il résiste assez bien aux champignons, aux termites et aux térébrants marins. Le bois de cœur est modérément rebelle à l'imprégnation avec des produits de conservation, contrairement à l'aubier qui est perméable. La sciure peut provoquer l'initiation des yeux et des muqueuses chez les professionnels du bois.

E. Utilisation

Le bois connu dans le commerce sous le nom de « Tchitola » est utilisé par la construction légère, la menuiserie, le mobilier, les caisses et les cageots, les bordaux, le placage et le contreplaqué. Il convient pour la parqueterie légère, les boiseries intérieures, la charronnerie, les traverses de chemin de fer, les manches, les échelles, les jouets, les articles de fantaisie, les instruments agricoles, le tournage et pour la production de pâte à papier. Les fûts servent traditionnellement à fabriquer des pirogues. On utilise l'écorce qui est épaisse et résistante pour confectionner des récipients. On chauffe la résine qui est sécrétée par l'écorce pour lutter contre des parasites tels que les poux, les puces.

1.3. Tarif de cubage et de biomasse

1.3.1 Tarif de cubage

A. Définition

Plusieurs auteurs ont tenté de donner les définitions du terme tarif de cubage, et nous nous limiterons à ces deux définitions :

- ✓ CTFT (1956), définit le tarif de cubage comme l'équation (ou formule), le tableau et/ou le graphique permettant d'estimer le volume d'arbres ou de peuplement « variables dépendantes » à partir de caractéristique facilement mesurables (par exemple diamètre, hauteur fût ou hauteur totale) et qui dérive de l'analyse statistique de régression.
- ✓ On appelle aussi tarif de cubage d'arbre, les équations qui estiment le volume moyen de certaines caractéristiques (notamment du dph et de hauteur) et qui dérivent d'analyse statistiques de régression (LICHNEROWICZ, 1971).

B. Sortes de tarifs de cubage

Il existe généralement deux sortes de tarifs de cubage :

- Tarif individuel (arbre) : qui fournit le volume d'un arbre en fonction d'entrées relatives. On en distingue :
 - Tarif de cubage à une seule entrée (circonférence de référence ou dph), $v = acb$
 - Tarif de cubage à deux entrées (circonférence et hauteur) $v = acbHd$;
 - Tarif de cubage à trois entrées (circonférence de références hauteur, circonférence à mi-hauteur) $v = ac^bH^d C_{\frac{c}{2}}$ ou $v = ac^bH^d c^{\frac{c}{2}}$
 - Tarif de peuplement : un tarif de peuplement permet de fournir le volume d'un peuplement en fonction d'entrée qui est relative au peuplement lui-même. On en distingue :
 - Le tarif de peuplement à deux entrées

$$V = aG^bH^c$$

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

- Le tarif de peuplement à trois entrées :

$$A_1N_1 + a_2N_2 + a_3N_3$$

V = Volume

N_1 = de brins de hauteur total comprise entre inférieure à 2m.

N_2 = de brins de hauteur total comprise entre 2 et 6 m ;

N_3 = de brins de hauteur total > 6 m

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

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

L'intérêt général des tarifs de cubage est qu'ils permettent de passer des effectifs inventoriés en inventaire d'aménagement ou en inventaire d'exploitation (effectifs par essence et par classe de diamètre) à des volumes fûts des arbres sur pied, à partir des variables mesurées. Les tarifs de cubage ne sont applicables que dans les zones d'étude, pour les essences ainsi que les classes de diamètre retenues par l'échantillon d'arbre ayant servi de base de mesures (ATIBT 2006 ; Rondeux, 1993 ; Rondeux *et al.*, 2008). Ceci définit le domaine de validité du tarif. Le tarif de cubage peut être utilisé :

- Soit en vue de l'aménagement des forêts ;
- Soit en vue de l'estimation de la valeur marchande.

1.3.2. Tarif de biomasse

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

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

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

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

2.1 MATERIEL

L'étude a été menée dans la réserve forestière de Yoko sur l'espèce *Prioria oxyphylla* (Tshitola). Les mesures et les données ont été prélevées sur des arbres (sur pieds) nos abattus. Les principaux instruments qui ont été indispensables à la récolte de données étaient : le relascope de Bitterlich à bandes larges pour la mesure des diamètres (dhp, dfb et hauteur totale ou hauteur fut), un télémètre (LeicaDisto) ou un pentadécamètre pour mesurer les distances horizontales entre les points de prise de mesure et l'arbre à mesurer, un gabarie de 1,30 m pour matérialiser sur chaque arbre le niveau du dhp.

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

2.2 METHODES

2.2.1 Echantillonnage

En ce qui concerne nos données, le diamètre minimum a été fixé à 10 cm. La taille de l'échantillon a quant elle, été fixée de manière à ce qu'on puisse avoir un même nombre des tiges par classes de diamètre (Picard *et al.* 2012 ; FAO, 2000 ; ATIBT 2006). L'échantillon de cette étude était constitué de 40 arbres. Le choix de ces derniers était basé sur leur répartition en classes de diamètre. Les 40 arbres dont le dhp était ≥ 10 cm étaient répartis en 8 classes de dhp, 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 et ≥ 80 cm en raison de 5 arbres par classe de dhp.

En effet, à plus du dhp, pour chaque pied retenu quelle que soit sa classe de diamètre, nous subdivisons le fût en billons fictifs de longueur minimale de 2 m et 5 m au maximum. Nous prélevons sur ces derniers (moyennant le relascope de Bitterlich) le diamètre à la souche (ds), les diamètres intermédiaires (au bout de chaque billon fictif) à partir 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 qui correspondait exactement au diamètre fin bout (dfb). C'est ainsi qu'à l'issue des mesures directes sur chaque pied, l'on retenait : le dhp (ou le diamètre à la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires (di) et la longueur de la hauteur totale du fût et le diamètre au fin bout.

diamètre à la souche selon le cas), les diamètres intermédiaires (d_i) et la longueur de la hauteur totale du fût et le diamètre au fin bout.

Etant 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 que le tarif de biomasse en raison de 8 classes de dhp au total (Kahindo, 2009 ; Kadetwa 2015).

2.2.2 Traitement des données

La compilation nous a permis de transformer les données prélevées au relascope en données réelles de diamètres et hauteurs. Les unités relascopiques (nombre de bandes larges et de bandes étroites) une fois prélevées devraient être convertis selon la formule conventionnelle ci-après : $D = 2 Dh (NBL + NBe/4)$ où D : diamètre, Dh : distance horizontale, soit la distance de l'arbre au point de prise de mesure, NBL : nombre de bandes larges et Nbe : nombre de bandes étroites vue et comptées au relascope.

2.2.3. Construction des tarifs

2.2.3.1 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. (Otoma, 2007 ; 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 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 Smalian.

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

avec L : désigne la hauteur du fût ; d_1 est le diamètre inférieur à la base du fût ; d_2, d_3, \dots, d_n sont les diamètres intermédiaires les diamètres au bout du premier billon jusqu'au dernier billon (fin bout).

b) Equation de régression

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

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

Pour chacune de ces équations de régression, nous avons calculé les paramètres (a et b), le coefficient de corrélation (r) et coefficient de détermination R ($R = r^2 \cdot 100$). Le coefficient de corrélation (r) permet de mesurer la relation entre la variable indépendante et la variable dépendante. Un coefficient de corrélation d'une valeur égale à 80%, c'est-à-dire 0,8 dénote une bonne régression (Mabiala, 1981 et Kahindo, 2009). Parmi les équations testées, on choisit celles dont le coefficient de corrélation (r) est le plus élevé et dont le calcul des volumes ne conduit pas à des valeurs négatives.

Après ces analyses basées sur les caractéristiques des équations, une seule équation de régression devra être retenue comme graphique de cubage. D'habitude les modèles non linéaires sont le plus souvent ceux qui traduisent les contraintes biologiques.

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

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:

$$\text{Var} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Avec V_{obs} = volume calculé pour un arbre donné de diamètre connu D et $V_{\text{prédit}}$ = volume estimé par le modèle (soit $\text{Vol} = aD^b$).

Après ajustement le modèle prédit est : $\text{Vol} = a_s + b_s D_i + \varepsilon$

- L'écart-type résiduel (ECTR)

$$\text{ECTR} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

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) ;

2.2.4.2 Tarif de biomasse

Le tarif de biomasse sera rétabli de la même manière 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 biomasses, calcul de la biomasse fût et calcul de la biomasse totale.

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

Biomasse (fût) = volume x p

Biomasse totale = volume du tronc x p x BEF

Où p désigne la densité et BEF le facteur d'expansion de la biomasse devrait varier d'une espèce à l'autre Timothy et BROWN (2005) et 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 servis 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).

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS

3.1. Distribution des tiges en fonction des classes de dhp

Le tableau 1 ci-dessous présente la distribution des arbres (dhp Δ 10 cm) par classe de dhp. Il reprend tous les arbres sur lesquels ce tarif de cubage est basé.

Tableau 1: Distribution des pieds par classe de dhp

N°	Cl ₁ (cm)	Cl ₂ (cm)	Cl ₃ (cm)	Cl ₄ (cm)	Cl ₅ (cm)	Cl ₆ (cm)	Cl ₇ (cm)	Cl ₈ (cm)
1	16,5	24,6	32	40,5	53	62	70	82,5
2	17	25,5	32	40,6	55,6	63,5	71	85,8
3	18,0	27	32,5	40,8	57	64	73,1	86,3
4	18,6	28	36,4	45,5	58	64,6	73,2	87,8
5	19,7	29	37	46,8	59,2	69,5	76,5	89,8
Nb. arb/clas	5	5	5	5	5	5	5	5
Nb. total	40							

Dans le cadre des travaux sur l'élaboration des tarifs de cubage, le minimum est de choisir un même nombre d'arbres par classe de dhp. C'est ainsi que pour notre étude, nous en avons choisi 5 arbres par classe de dhp dans les 8 classes.

3.2. Qualité des fûts

Les qualités des fûts se rapportent à la conformation naturelle des arbres qui ont fait l'objet de cette étude, à savoir trois dont: A : [droit et cylindrique], B : [1 courbure légère, forme conique, 1 méplat sur toute la hauteur du fût, 2 ou 3 méplats au dessus des contreforts], C : [1 courbure prononcée, forme conique, plus d'1 méplat sur toute la hauteur du fût, contreforts allongés],

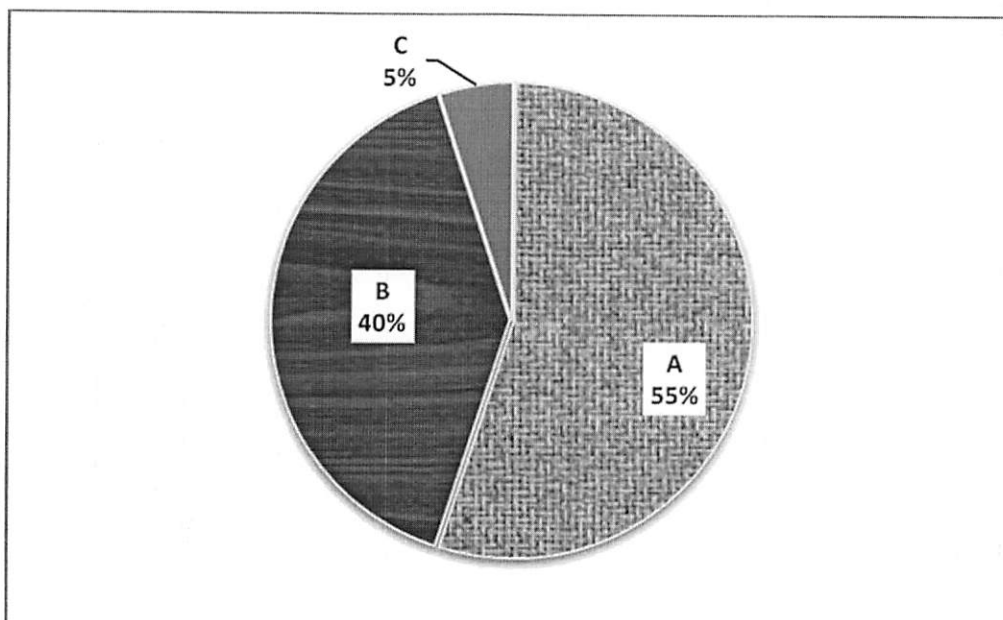


Figure 2: Qualité des fûts

Le constat fait de la figure 2 est que, la qualité A représente 55% de nos données soit 22 arbres sur les 40 mesurés. La qualité B représente 40% de cas et la qualité C représente 5% soit 2 arbres sur 40.

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

La figure 3 ci-dessous illustre la distribution des arbres en fonction de leur classe de dfb.

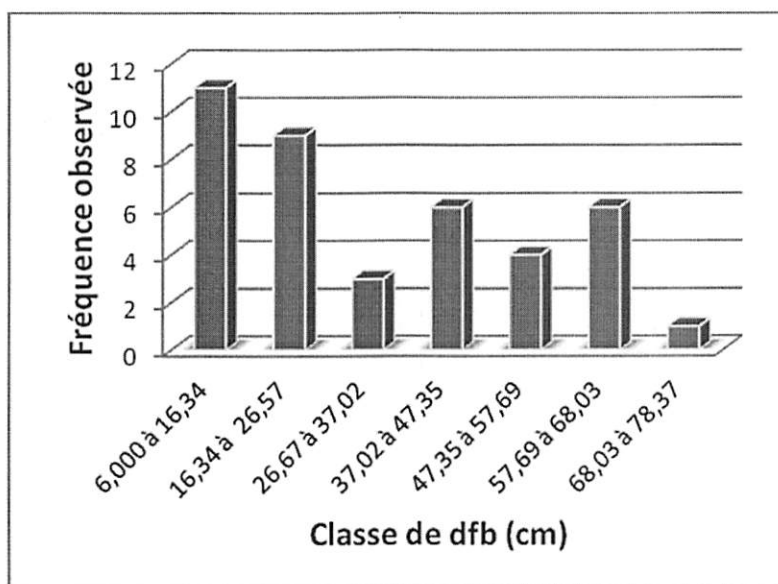


Figure 3: Distribution des pieds par classe de dfb

L'examen de la figure 3 ci-dessus montre que, le nombre d'arbres par classe de dfb a varié d'une classe à l'autre. Conformément au tableau 1 en annexe 1, la fréquence observée la plus élevée a été enregistrée à la première classe 1 (de 6,00 à 16,34 cm) avec 11 individus, suivie des classes 2 (de 16,34 à 26,57 cm) avec 9 individus, et 4 (de 37,02 à 47,35 cm) et 6 (de 57,69 à 68,03 cm) avec 6 individus chacune. Aux classes 3, 5 et 7 ont enregistré respectivement 3, 4 et 1 individus.

3.4. Distribution des arbres par classe de hauteur fût (hf)

La figure 4 ci-dessous présente la distribution des arbres en fonction de leur classe de hf.

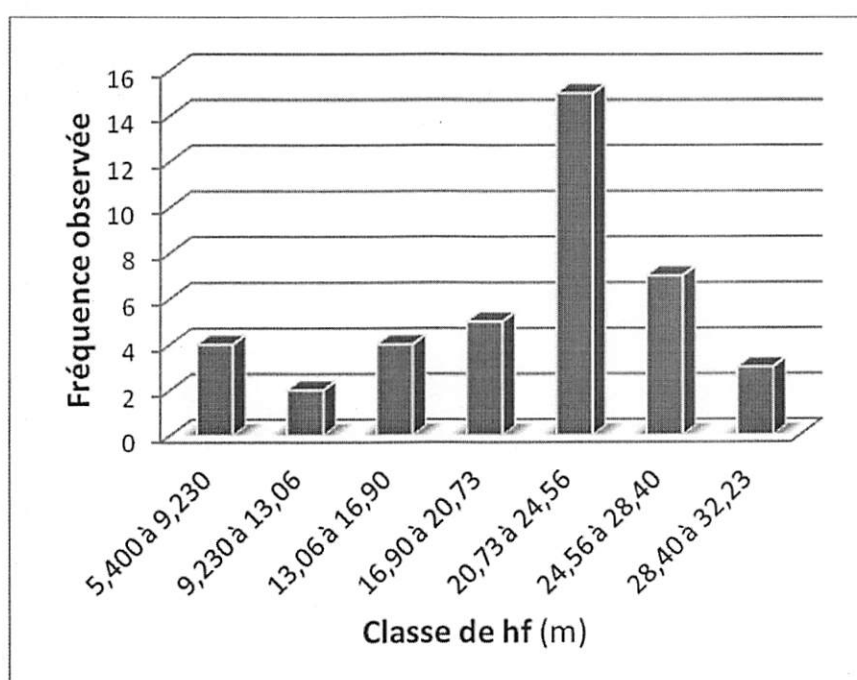


Figure 4: Distribution des pieds par classe de hauteur fût

L'examen de la figure 4 ci-dessus montre que, le nombre d'arbres par classe de hf varie d'une classe à l'autre. Conformément au tableau 2 en annexe 2, la fréquence observée la plus élevée a été enregistrée à la première classe 5 (de 20,73 à 24,56 m) avec 15 arbres. Il s'en est suivie de la classe 6 (de 24,56 à 28,40 cm) avec ses 7 arbres, puis du reste les classe 4 avec 5 arbres, 1 et 3 avec 4 arbres chacune. La courbe présente visiblement une seule pointe, elle prend une allure à la forme de " cloche ".

3.5. Volume fût en fonction du dhp

La figure 5 ci-dessous présente le volume fût (en m³) en fonction du dhp.

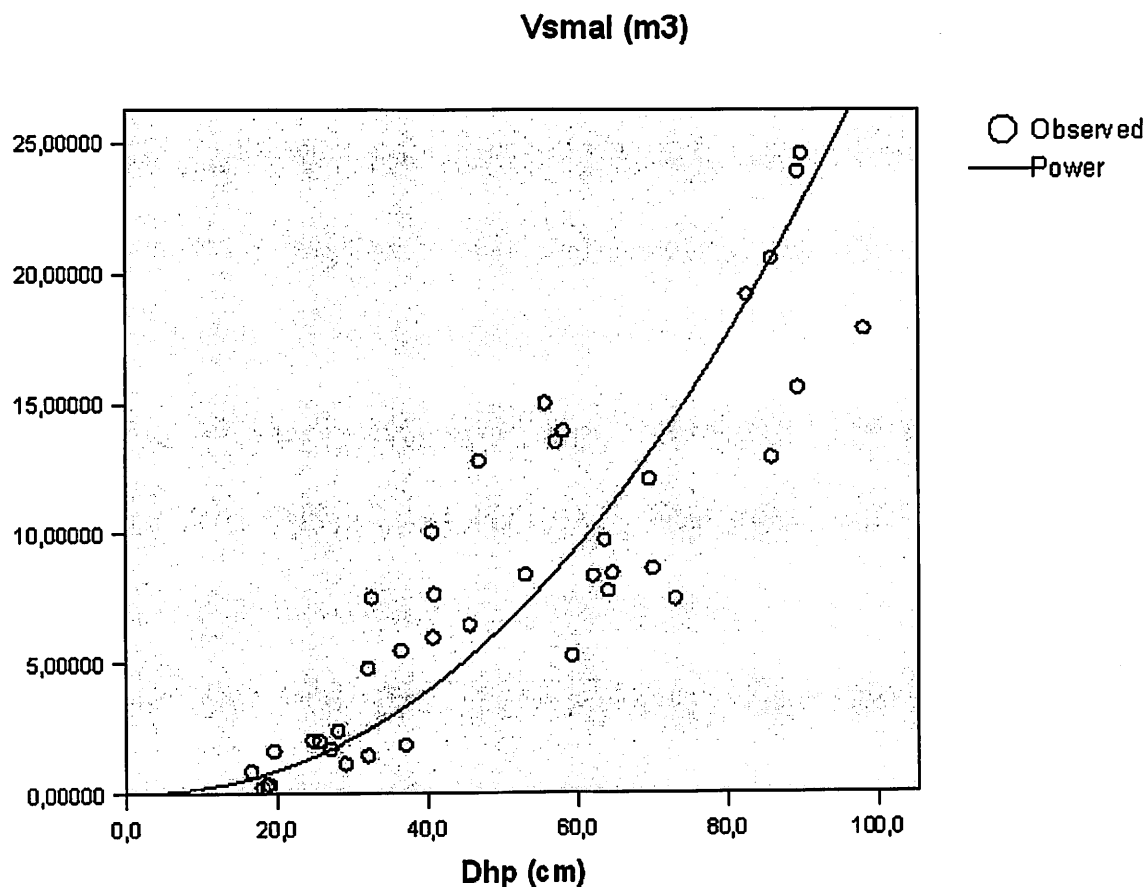


Figure 5: Graphique de cubage (volume en fonction du dhp)

Ce graphique est l'expression du volume en fonction du dhp ou la courbe de cubage. Son examen montre que le volume (variable prédite) varie de façon non proportionnelle en fonction de la variable explicative (le dhp). On y observe une variance des volumes autour de la courbe relativement croissante avec l'augmentation des diamètres à partir des arbres de plus de 40 cm de dhp (l'hétéroscédasticité).

A cause de cela, il peut s'avérer indispensable de procéder aux transformations log log pour réduire l'hétéroscédasticité et rendre la courbe plus ou moins linéaire voire stabiliser la relation entre la variable de sortie (le volume) et le dhp (la variable explicative) jusqu'à homogénéiser (homoscédasticité) en ajustant les volumes par une analyse des résidus (cf 3.7.4.).

3.6. Biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp

Il convient de rappeler que la biomasse des fûts était calculée en multipliant le volume fût par la densité du bois et la biomasse totale était à son tour calculée en multipliant biomasse fût par le BEF (une constante). C'est ainsi que les 2 courbes, à savoir : de biomasse fût et de biomasse

totale tout comme le volume en fonction du dhp, sont également non linéaires et les données génèrent proportionnellement un nuage de points similaire au volume fût correspondant. Ceci présente par conséquent une hétéroscédasticité (Figure 6).

La densité de *P. oxyphylla* est de 400 kg/m^3 (REYES *et al.* 1992) et le BEF généralement admis pour tous les arbres de forêts tropicales est de 3,4 par défaut des données spécifiques correspondantes (EGGLESTON, 2006).

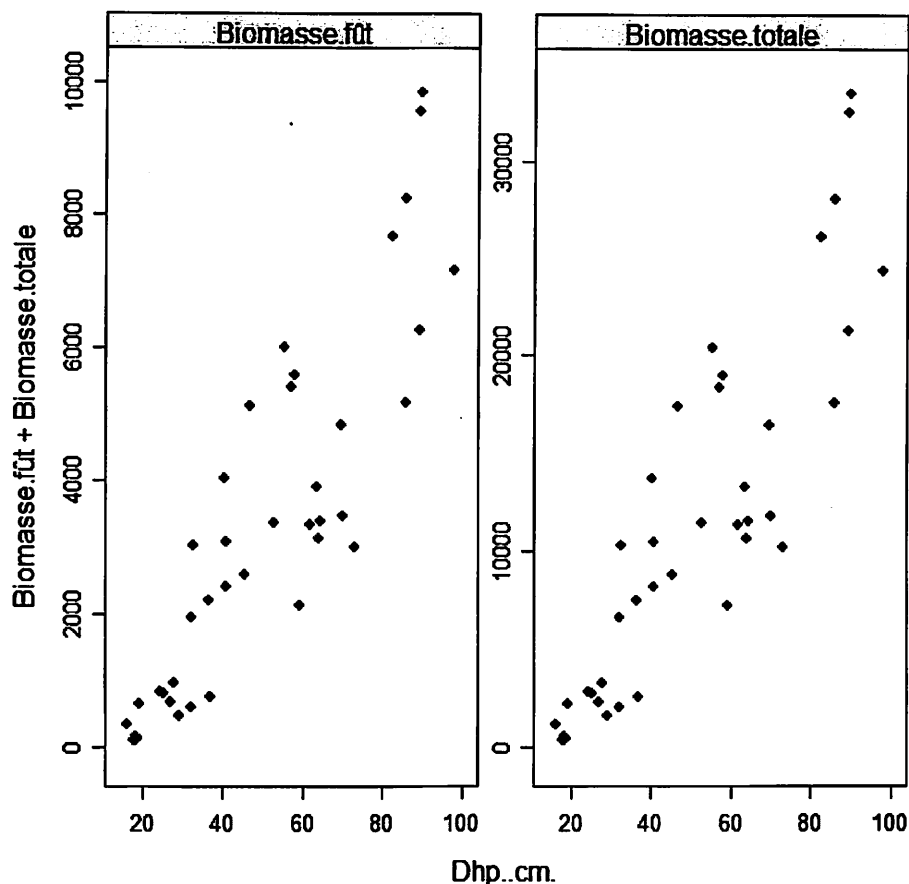


Figure 6: Graphiques de biomasse fût et biomasse totale en fonction du dhp.

Il ressort de ces deux courbes de biomasse fût et biomasse totale, que leurs courbes sont semblables par leur nuage de points et comparables (mêmes unités en kg). Cependant ce sont les quantités en ordonnées qui marquent la différence entre l'une et l'autre (l'échelle). La biomasse totale est largement supérieure par rapport à la biomasse fût.

3.7. Présentation des modèles de régression

3.7.1. Caractéristique et choix des modèles de régression

Après compilation des données de terrain, nous avons établi la corrélation entre le volume et le dhp en estimant le volume comme variable de sortie par six modèles de régression différente puis en comparant leurs paramètres statistiques et leurs caractéristiques tels que les coefficients de régression a, b et c, les coefficients de corrélation "r" et de détermination "R²". Cette comparaison permettait de retenir parmi les six modèles celui dont le coefficient de corrélation "r" apparait numériquement le plus élevé d'un coté mais aussi dont les volumes calculées n'entraînaient pas des valeurs négatives et pour lequel l'écart-type résiduel du volume est numériquement le plus bas de l'autre.

Tableau 2: Caractéristique des modèles de régression

Modèle de régression	Coefficient de				
	" r "	" R "	" a "	" b "	" c "
	(Corrélation)	(détermination)	(régression)	(régression)	(régression)
Linéaire	0,881	77,7	-3,9370043	0,2443673	
Logarithmique	0,855	73,1	-32,4181018	10,7626749	
Inverse	0,788	62,1	17,7785931	-361,116626	
Quadratique	0,883	77,9	-2,7385741	0,18849512	0,0005178
Puissance	0,904	90,43	0,000138786	2,15698774	
Exponentielle	0,838	70,3	0,535223959	0,04403152	

L'analyse de ce tableau relatif à la comparaison des paramètres des équations de régression montre que, pour les 6 types d'équations testées, les modèles linéaire, logarithmique, inverse et quadratique présentent des coefficients négatifs pourraient conduire, à une certaine limite à des volumes négatifs et être par conséquent exclus en défaveur des modèles puissance et exponentiel qui présentent des coefficients positifs. Cependant entre ces deux derniers (puissance et exponentiel), on a constaté que le coefficient "r" du modèle exponentiel est numériquement inférieur à celui de du modèle puissance ($0,838 < 0,904$). Cela prouve que le modèle puissance, apparait à ce niveau le meilleur des six testés étant donné que son coefficient "r" est numériquement le plus élevé.

De ce qui précède, seul le coefficient "r" n'est pas à dicter le choix de la meilleure équation. C'est ainsi que nous avons poussé le critère de choix à l'analyse résiduelle des volumes calculés à l'issue de chacune des équations. Le tableau ci-dessous fait la comparaison de six modèles testés par rapport à l'écart-type résiduel.

Tableau 3: Comparaison de l'écart-type résiduel des modèles testés.

Modèle/ paramètre	Lin	Log	Inv	Quadr	Puiss	Expon
Coeff"r"	0,881	0,855	0,788	0,883	0,904	0,838
Coeff"R ² " (%)	77,7	73,1	62,1	77,9	90,43	70,3
ECTR (m)	9,90	11,75	13,55	9,84	4,76	6,20

Il ressort de ce tableau que le modèle puissance a été retenu comme équation de cubage parmi les six testés étant donné qu'il enregistre le coefficient "r" numériquement le plus élevé (0,904), les coefficients a et b positifs et l'ECTR sur le volume le plus bas soit 4,76 m.

3.7.3. Equation de cubage et de biomasse

Le tableau ci-dessous donne les paramètres des équations de régression du volume, biomasse fût et biomasse totale des arbres.

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

Variable	a	b	R	Forme de l'équation
Volume fût (m ³)	0,000138786	2,15698774	90,43	VF = 0,000138786 x D ^{2,1569877}
Biom. fût (kg)	0,555145071	2,1569877429	90,43	BF = 0,555145071 x D ^{2,1569877}
Biom. totale (kg)	1,887493241	2,1569877429	90,43	BT = 1,887493241 x D ^{2,1569877}

Il ressort de ce tableau que, les trois variables prédites retenues dans le cadre de cette étude, à savoir : le volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale des arbres, se traduisent directement par un modèle de régression de type « puissance ».

3.7.4. Ajustement des données au modèle

Il convient de signaler qu'en général un coefficient de corrélation $\geq 0,80$ indique une assez bonne corrélation entre les variables et par conséquent, une bonne équation de régression.

Mais, aussi, étant donné que les volumes d'arbres sont des valeurs positives, celles qui font ressortir des valeurs négatives sont à rejeter. C'est dans cette perspective que l'ajustement des données de volumes à une courbe linéaire est intervenu ici en procédant à la transformation log-log de l'équation de cubage de départ ($Y = a \cdot X^b$). L'équation de la courbe ajustée devient ainsi: $\ln(V) = \ln a + b \ln D + \varepsilon$ (où ε représente le résidu à minimiser = 4,76).

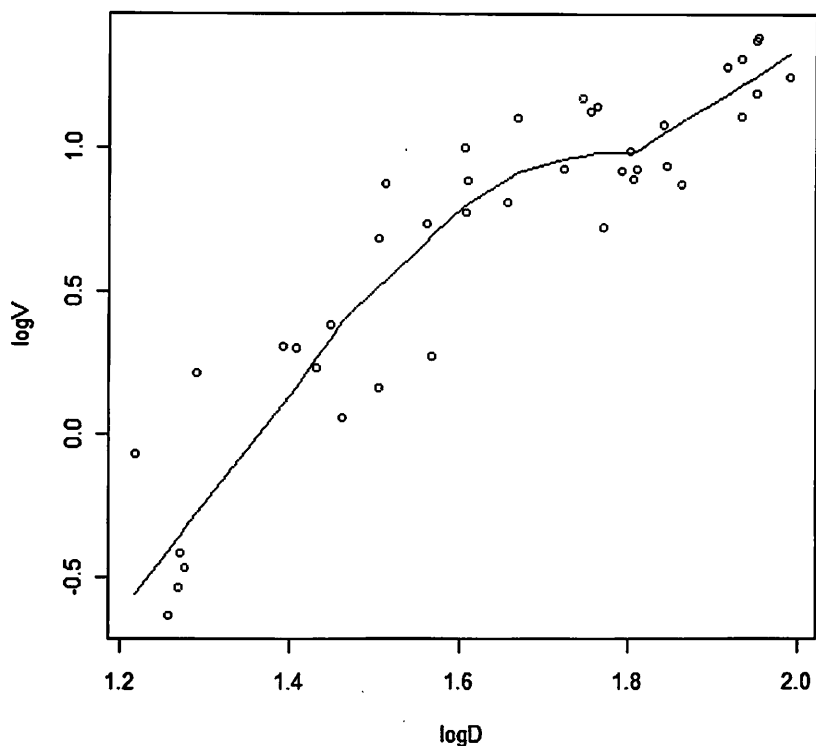


Figure 7 : Courbe des volumes ajustée

3.7.5. Barème de cubage

La validité de ce barème de cubage est que le tarif ne permet d'estimer que le volume fût en fonction du dhp de l'espèce *Prioria oxyphylla*, sur un échantillon d'arbres dont le dhp varie entre 10 cm (minimum) et 90 cm (maximum), dans la région de Yoko. Les lignes du tableau correspondent globalement aux 9 classes de dhp de l'échantillon de notre étude et les colonnes correspondent aux valeurs des dhp selon qu'on est dans telle ou telle autre classe de diamètre. Chaque chiffre à l'intersection de la ligne " N " et la colonne " n " respectives correspond au volume estimé de l'arbre dont le dhp est égal à la valeur absolue |Nn|.

Tableau 5 : Table de cubage

Essence: <i>Prioria oxyphylla</i>										
Réserve forestière de Yoko										
Caractéristiques de l'équation: Vol fût = 0,000138786 x D^{2,1569877}										
↓ N → n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0199	0,0245	0,0295	0,0351	0,0412	0,0478	0,0549	0,0626	0,0708	0,0795
2	0,0888	0,0987	0,1091	0,1201	0,1317	0,1438	0,1565	0,1697	0,1836	0,1980
3	0,2130	0,2287	0,2449	0,2617	0,2791	0,2971	0,3157	0,3349	0,3547	0,3752
4	0,3963	0,4179	0,4402	0,4631	0,4867	0,5109	0,5357	0,5611	0,5872	0,6139
5	0,6412	0,6692	0,6978	0,7271	0,7570	0,7876	0,8188	0,8506	0,8832	0,9163
6	0,9502	0,9846	1,0198	1,0556	1,0921	1,1292	1,1670	1,2055	1,2446	1,2845
7	1,3250	1,3661	1,4080	1,4505	1,4937	1,5376	1,5821	1,6274	1,6733	1,7199
8	1,7672	1,8152	1,8639	1,9133	1,9633	2,0141	2,0655	2,1177	2,1706	2,2241
9	2,2784	2,3333	2,3890	2,4453	2,5024	2,5602	2,6187	2,6779	2,7378	2,7984

CHAPITRE IV : DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Comparaison des caractéristiques des tarifs de cubage

Le tableau 6 compare les paramètres de 4 tarifs établis au niveau national par la Direction Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF, 2009) dans les anciennes provinces de Bandundu, du Bas-Congo, de l'Equateur et l'Orientale au tarif établis sur l'espèce *P. oxyphylla* au cours de notre étude dans la réserve forestière de Yoko (2016). Le constat fait de cette comparaison est que, les paramètres de chacun des tarifs diffèrent d'une province à l'autre, d'une région à l'autre et d'un site à l'autre au sein d'une même province conformément à la validité de chacun des tarifs mis en comparaison. Toutefois, en ce qui concerne la forme de l'équation de cubage, on remarque le fait que les différents tarifs suivent tous le modèle puissance ($Y = aX^b$). Cela étant, tous ces résultats convergent avec ceux de nombre d'études qui stipulent que la plupart des contraintes biologiques se traduisent le plus sous le modèle non linéaire (BIGUMA, 2006, KAMBALE, 2006, KAHINDO, 2006 & 2009, DIAF, 2009 ; PICARD *et al.*, 2012 ; DIANZENZA, 2013, KADETWA, 2015). Ceci correspond à la première hypothèse de notre étude selon laquelle le tarif de cubage de *P. oxyphylla* suit le même modèle « puissance » que le tarif établis pour la même espèce dans d'autres sites.

Tableau 6: Présentation des caractéristiques ($Y = aX^b$) du tarif de Yoko (2016) comparé avec ceux établis par la DIAF pour l'espèce *Prioria oxyphylla*

Province/site	Coefficients de régression	
	a	B
Bas-Congo, Equateur et Orientale	0,0004658	2,1340008
Bandundu	0,00018242	2,27505
Yoko 2016	0,000138786	2,15698774

En remplaçant les ordonnées à l'origine (coefficient a) et les pentes (coefficient b) respectifs de ces tarifs et en les appliquant sur des données similaires ($10 \leq dhp \leq 100$ cm), leurs équations produisent des courbes de tendances nettement identifiables (*cf.* figure 7 ci-dessous).

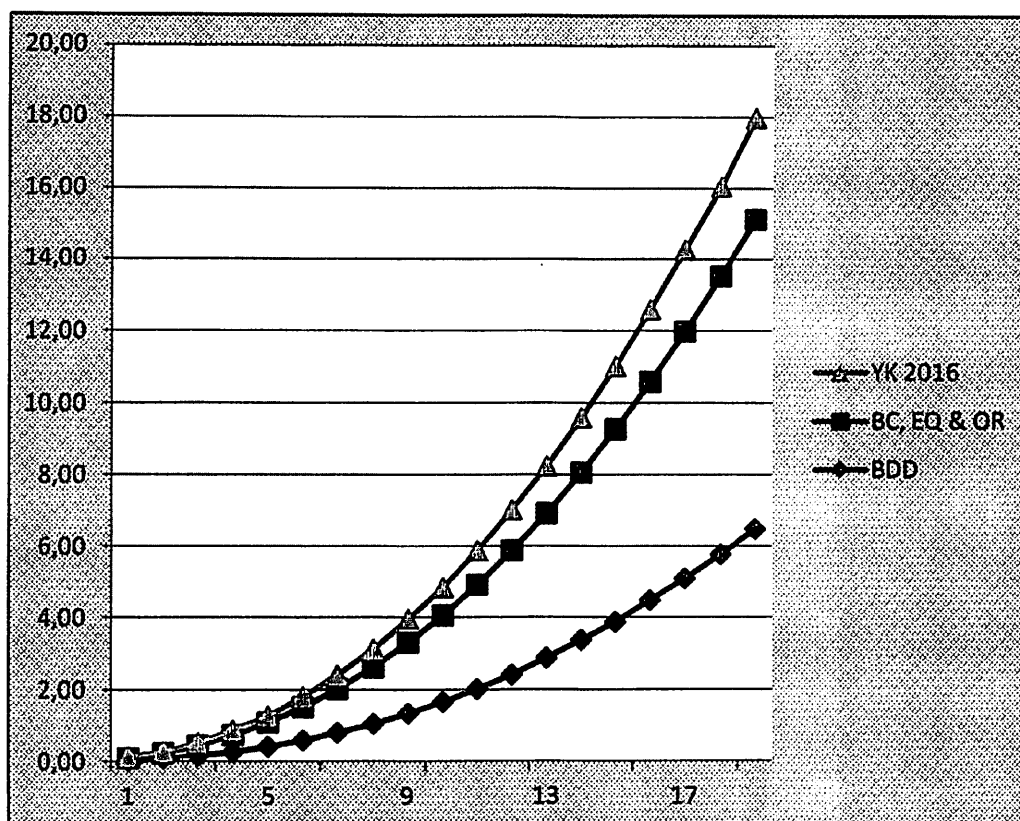


Figure 7: Courbes et évolution des volumes estimés pour les tarifs comparés : EQ = Equateur, BC= Bas-Congo, BDD = Bandundu, PO = Prov. Orient. et YK 2016= notre étude.

Ce graphique indique que, quelque soit le dhp, l'évolution et les tendances des courbes des volumes se distinguent nettement. Eu égard aux tendances globales, notre tarif de Yoko (2016) surestime le volume comparativement au reste au groupe des ex-provinces du Bas-Congo, Equateur et même Province Orientale et plus loin encore à celui de l'ex-province du Bandundu qui lui, le sousestime visiblement. Le tarif de Yoko (2016) se rapproche relativement de ceux du groupe des ex-provinces du Bas-Congo, Equateur et Province Orientale (DIAF, 2009). Cependant, les deux groupes, au regard de leur tendance et évolution ne peuvent pas se substituer les uns aux autres faute de validité respective.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude avait pour objet l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de *P. oxyphylla* dans la réserve forestière de Yoko.

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

Pour la construction de ces tarifs, les mesures ont été prélevées sur les arbres non abattus (arbres sur pied) sur un échantillon constitué de 40 arbres (Δ 10 cm) appartenant à l'espèce *P. oxyphylla* reparti en 8 classes de dhp. Pour le prélèvement des données sur le diamètre et les hauteurs fûts, nous nous servions du relascope de Bitterlich à bandes étroites et larges.

Le calcul du volume sur pied se fait selon la méthode de cubage par billon successifs en utilisant la formule de Smalian :

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

La biomasse fût quant à elle était estimée à partir du produit du volume fût 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, une équation de régression du type puissance a été développé et nous a permis de passer à l'estimation du volume fût (VF) dont les caractéristiques sont les suivantes : $VF = 0,000138786x D^{2,1569877}$ (avec D = dhp et a, b ses paramètres). En ce qui concerne la biomasse fût (BF) et la biomasse totale (BT) des arbres, leurs équations revenaient respectivement aux expressions suivantes: Biomasse fût = BF = $0,555145071 x D^{2,1569877}$ et BT = $1,887493241 x D^{2,1569877}$

Ce travail n'ayant pas la prétention d'être complet, nous suggérons qu'à la longue des 'études sur le tarif de cubage et de biomasse soient multipliées dans les différents sites de nouvelles provinces et les districts, les secteurs et autres sites forestiers d'intérêt publics ou privé ainsi que les environnantes sur les essences exploitables en général dont le *P. oxyphylla* en vue de mettre en place une base des données applicables à plusieurs endroits, non seulement pour l'intérêt de recherche scientifique mais également pour l'intérêt économique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSUMANI, A., 2009 Bilan dendrométrique des plantations expérimentales de *Pericopsis elata* et *Millettia laurentii* installé à Yangambi (RDC) entre 1938 et 1942, mémoire DEA/UNIKIS, 119 p.
- ATIBT (2006). Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier, Module II.
- BIGUMA, J., 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de *Staudtia stipitata* (= syn Kamerunensis/Warb) dans la réserve de Loweo (Yangambi, RDC) mémoire inédit FSA/UNIKIS, 49 p
- CTFT, 1985. Memento du forestier. 3ème édition. Ministère de la coopération. République Française, 1257 p
- DAGNELIE, P., 1989 : Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 378p.
- DIAF, 2009. Liste des essences forestières de la R.D. Congo, DIAF. 52 p.
- DIANZENZA, M., 2012. Elaboration du tarif de cubage et de *Brachystegia laurentii* (De Wild) Louis dans le peuplement monodominants de la réserve forestière de Yangambi (Province Orientale, RD Congo). Mémoire inédit, F.S.A/UNIKIS, 42 p.
- EBUY, A., 2009. Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'INERA à YANGAMBI. (RD Congo) : Cas d'*Austranella congoleis* (De Wild.) A. chev., de Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Léonard et de *Drypetes Likwa* J. Léonard. DEA inédit FS./UNIKIS, 125 p.
- EGGLESTON (2006): Guidelines for national greenhouse Gas Inventories, vol. 4, Tapan, 678 p.
- FAO, 1991. Non – Wood forest products, the way a head, FAO, Rome, 37 p.
- FAO, 1997: Les forêts au service de la sécurité alimentaire. Not Faune, pp 17-19.
- FAO, 2000. Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal d'étude FAO forêt n°140, Rome, 85 p.

- GAUDIN, S., 1996. Dendrométrie des peuplements. Module D42. BTSA – Gestion forestière, CFPPPA/CFAA de château farine, Besançon, 66 p.
- GERMAIN, R. et EVRARD, C (1954): Etude écologique et physiologique de la forêt à *brachytegialaurentii*, série n° 67 INEAC 102 p.
- GUITET, S. 2007. Principales définitions utilisées dans le model de l'offre mondiale.
- IFUTA, N.B. 1993. Paramètres écologiques et hormonaux durant la croissance et la reproduction d'*Epomopsfranquet* (Mammalia : Chiroptera) de la forêt ombrophile équatoriale de Masako (Kisangani-Zaïre). Thèse inédite, KUL, 142 p.
- KADETTWA, K., 2015 : Elaboration du tarif de cubage et de biomasse pour *Terminalia superba* Engel & Diels dans le jardin zoologique de Kisangani (Province de la Tshopo R. Congo). Mémoire inédit, FGRNR/UNIKIS, 39 p.
- KAHAMBU, K. 2015 : Elaboration de tarif de cubage de *Terminalia superba* De Wild. dans le jardin zoologique de Kisangani (Province de la Tshopo/RDC). Mémoire inédit, FGRNR/UNIKIS, 39 p.
- KAHINDO, M. 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de *Futumia africana* (Benthstapt dans la réserve forestière de la Yoko (Nord Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FSA/UNIKIS, 42 p.
- KAHINDO, M., 2009 : Elaboration de tarif de cubage et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.), *J. Léonard*, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch et *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire DEA/UNIKIS, 67 p.
- KAMBALE M., 2006 : Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage *Gillertiodendron kisantueuse* (Vermoesen ex. De Wild.), J. Léonard dans la réserve forestière de la YOKO (Bloc Nord), (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FSA/UNIKIS, 46 p.
- KOMBELE, B., 2004 : Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de doctorat, Gembloux, pp.12-15
- LANLY, 1965. Les tarifs de cubage. Revue Bois et forêts des tropiques. N° 100, pp 19-35.

- LEBRUM, J et GILBERT, B., 1954 : Une classification écologique des forêts du Congo
Bruxelles, Belgique, INEAC, 58 p.
- LIANDJA, A. 2006 : Contribution à l'élaboration de tarif de cubages de *Scorodophloeus zenkerii* Harms dans la réserve floristique de LoweoYangambi. Mémoire inédit, FSA/UNIKIS, 48 p.
- LOMBA, B et NDJELE, M-B, 1998 : Utilisation de la méthode de transept en vue de l'étude de la phytodiversité dans la réserve de Yoko FS/UNIKI, pp 35-46.
- LOMBA, B 2007 : Contribution à l' étude de la phytodiversité de la réserve forestière de Yoko .D.E.S inédit, FS /UNIKIS, 60 p.
- MABIALA, M, 1981 : Normes d'inventaire forestier. Tarif des cubages cahier N°3, N°4 SPIAF, Kinshasa, 70 p.
- MALONGOLA, J, 2010: Etablissement de tarif de cubage : *Gilbertiendendron dewevrei* J. Léonard, *Diospyros chyscarpa* F. White et *Diogoa zenkeri* (Engler.) Excel et Men dans la forêt expérimentale RD CONGO/ TFC inédit, ISEA/Bengamisa, 35 p.
- MASSENET J-Y., 2005 : Chapitre I: Grosseur des arbres. Lycée forestière-château de Minières. 12 p.
- MATONDO, D., 2012: Elaboration de tarif de cubage et de biomasse de *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis dans les peuplements monodominants de la réserve de Yangambi. Mémoire inédit FSA/UNIKIS, 37 p.
- NSHIMBA, S-M. 2008 : Etude floristique, écologique et phytosociologies des forêts de l'île Mbiye à Kisangani (RDC) Thèse de doctorat, ULB, labo. Bot. Syst, 271 p.
- NYAKABWA, M., 1982. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de Doct FS/ UNIKIS, 998 p.
- OTOMA, B., 2007 : Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de *Petersianthus macrocarpus* P.Beauw dans la réserve forestière de Masako (Kisangani, RDC). TFC ISEA/Bengamisa, 23 p.
- PARDE J et BOUCHON J., 1988 : Dendrométrie. Nancy, France, ENGREF, 328 p.

- PICARD, N., SAINT-ANDRÉ, L., HENRY M., 2012: Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres. De la mesure de terrain à la prédiction. FAO et Cirad, Rome, Montpellier, 217 p.
- PICARD, N., SYLLAS, L-M., 2005 : Guide méthodologique des évaluations rapides des bois énergies, PREDAS, 90 p.
- REYES, G., BROWN S., CHAPMAN, J., ET LUGO, A. E. 1992: Wood densities of tropical tree species. USDA Forest service, General Technical report SO -88, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, USA, 15p.
- RONDEUX, J-J 1993 : La mesure des arbres et des peuplements forestiers, Presse universitaire de Gembloux, Belgique, p. 521.
- RONDEUX, J-J *et al*, 1998 : Construction de tarif de cubage d'arbres pour *l'aulne glutineux (Alnus glutinosa (L) Gaerth)* presses agronomiques de Gembloux, Belgique, pp1-11.
- RONDEUX, J-J et OTOUL, C. 1998 : Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique) : presses agronomiques de Gembloux, pp 41-68p.
- RONDEUX, J. 1999 : La mesure des arbres et de peuplement forestiers. Presse universitaire de Gembloux, Belgique, 521 p.
- SPIAF, 2007. Guide opérationnel. Liste des essences forestières de RD Congo. Ministère de l'environnement, conservation de la nature et tourisme. SPIAF, 44 p.
- THIBAUT, A., CLAESSENS, H. et RONDEUX, J. 1998. Construction de tarifs d'arbres pour l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa (L.) Gaerth*). Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique), 11 p.
- TIMOTHY, M et BROWN, B., 2005 : Guide des mesures et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses. Winrock international, écosystème service unit, 1921.Nkent st, suite 1200 Arlington, VA 22209, 39 p.
- VAN WAMBEKE A. et EVRARD C., 1954. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Burundi.6. Yangambi : planchette 1 : Weko, A et B. Bruxelles Publ. INEAC., 23 p.

LES ANNEXES

Annexe 1. Distribution des arbres par classe de dfb.

Classe	Fréq. obs	Fréq. rel	Fréq. Cum
6,000 à 16,34	11	27,50	27,50
16,34 à 26,57	9	22,50	50,00
26,67 à 37,02	3	7,50	57,50
37,02 à 47,35	6	15,00	72,50
47,35 à 57,69	4	10,00	82,50
57,69 à 68,03	6	15,00	97,50
68,03 à 78,37	1	2,50	100,00
Total		40	

Annexe 2. Distribution des arbres par classe de hf.

Classe	Fréq. obs	Fréq. rel	Fréq. Cum
5,400 à 9,230	4	10,00	10,00
9,230 à 13,06	2	5,00	15,00
13,06 à 16,90	4	10,00	25,00
16,90 à 20,73	5	12,50	37,50
20,73 à 24,56	15	37,50	75,00
24,56 à 28,40	7	17,50	92,50
28,40 à 32,23	3	7,50	100,00
Total		40	

Annexe 3 : Volume Smalian et volumes estimés par les six modèles

	dhp	hf (m)	dfb	Vsmal (m3)	Lin	Log	Inv	Quadr	Puiss	Expon
1	16,5	5,7	40,5	0,856	0,095	-2,246	-389,100	0,513	0,059	1,107
2	18	5,4	15	0,233	0,462	-1,310	-356,675	0,822	0,071	1,182
3	18,5	9	8,25	0,290	0,584	-1,015	-347,035	0,926	0,075	1,209
4	18,6	11,5	9	0,386	0,608	-0,957	-345,169	0,947	0,076	1,214
5	18,9	7,5	15	0,343	0,682	-0,785	-339,690	1,009	0,079	1,230
6	19,5	10,5	40	1,633	0,828	-0,448	-329,238	1,134	0,084	1,263
7	24,6	14,5	34,5	2,045	2,074	2,052	-260,982	2,212	0,139	1,581
8	25,5	21,5	23,25	2,011	2,294	2,439	-251,770	2,405	0,150	1,645
9	27	19	20,25	1,700	2,661	3,054	-237,783	2,728	0,170	1,757
10	28	21,5	25,5	2,422	2,905	3,445	-229,291	2,945	0,184	1,836
11	29	14,5	12,75	1,143	3,150	3,823	-221,384	3,163	0,198	1,919
12	32	17,5	6	1,457	3,883	4,882	-200,630	3,823	0,245	2,190
13	32	21,5	42,75	4,815	3,883	4,882	-200,630	3,823	0,245	2,190
14	32,5	25,5	52	7,531	4,005	5,049	-197,543	3,934	0,253	2,239
15	36,4	22	43	5,484	4,958	6,269	-176,378	4,809	0,323	2,658
16	37	14,5	16,5	1,869	5,105	6,445	-173,517	4,945	0,335	2,729
17	40,5	29,5	52	10,065	5,960	7,418	-158,522	5,745	0,407	3,184
18	40,6	23,5	40	5,995	5,984	7,444	-158,132	5,768	0,409	3,198
19	40,8	28,5	42	7,675	6,033	7,497	-157,357	5,814	0,414	3,227
20	45,5	18,5	48,75	6,461	7,182	8,671	-141,102	6,910	0,523	3,968
21	46,8	26,5	63	12,819	7,499	8,974	-137,183	7,217	0,556	4,202
22	53	27,5	33	8,419	9,014	10,313	-121,135	8,706	0,727	5,521
23	55,6	23,5	71	15,010	9,650	10,828	-115,470	9,342	0,806	6,191
24	57	26,5	57	13,524	9,992	11,096	-112,634	9,688	0,851	6,585
25	58	25,5	60	13,947	10,236	11,283	-110,692	9,936	0,883	6,881
26	59,2	18,5	11,25	5,276	10,530	11,504	-108,448	10,235	0,923	7,254
27	62	23,5	26,25	8,367	11,214	12,001	-103,551	10,939	1,020	8,206
28	63,5	27,5	22	9,754	11,580	12,258	-101,105	11,319	1,074	8,766
29	64	23,5	11,25	7,794	11,703	12,343	-100,315	11,446	1,092	8,962
30	64,6	22,5	25	8,479	11,849	12,443	-99,383	11,599	1,114	9,201
31	69,5	28,5	24	12,101	13,047	13,230	-92,376	12,863	1,305	11,417
32	70	19	30	8,655	13,169	13,307	-91,716	12,993	1,325	11,671
33	73	16,5	21	7,477	13,902	13,759	-87,947	13,781	1,450	13,320
34	82,5	22,5	63,7	19,198	16,223	15,075	-77,820	16,337	1,888	20,237
35	85,8	22	11,25	12,939	17,030	15,498	-74,827	17,246	2,055	23,402

	dhp	hf (m)	dfb	Vsmal (m3)	Lin	Log	Inv	Quadr	Puiss	Expon
36	85,8	22	67,5	20,593	17,030	15,498	-74,827	17,246	2,055	23,402
37	89,3	24,2	15	15,617	17,885	15,928	-71,894	18,223	2,240	27,302
38	89,3	25,5	63	23,920	17,885	15,928	-71,894	18,223	2,240	27,302
39	89,8	24,5	68,75	24,612	18,007	15,988	-71,494	18,364	2,267	27,909
40	98	23,5	9	17,875	20,011	16,928	-65,512	20,707	2,738	40,046
	Som				330,69	333,03	-6373,05	330,27	32,990	338,19
	Moy				8,270	8,270	-169,054	8,270	0,826	8,483