

UNIVERSITE DE KISANGANI
FAC. DES SC. AGRONOMIQUES

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



BP 2012
Kisangani

Elaboration du tarif de cubage et de biomasse de *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis dans les peuplements monodominants de la réserve forestière de Yangambi (Province Orientale, RD Congo)

Par

Albertine DIANZENZA MATONDO

MEMOIRE

Présenté et défendu en vue de l'obtention
du Grade d'Ingénieur, Option: Eaux et Forêts
Directeur: Pr. Dr. Ir. LOKOMBE DIMANDJA
Encadreur: Ass Thierry KAHINDO MALIRO

ANNEE ACADEMIQUE 2011-2012

DEDICACE

A l'Eternel Dieu tout puissant, miséricordieux pour nous avoir soufflé et assuré la protection dès la naissance et pendant les moments critiques de notre étude jusqu'à ce jour.

A mes regrettés parents DIANZENZA Nestor et ISIKISIKI Anne-Marie qui étaient l'auteur de mon existence sur cette terre et que la mort leurs a emporté sans pourtant terminer la mission d'éducateur de notre famille (DIANZENZA et ISIKISIKI) que vos âmes reposent en paix.

A mes regrettés Oncles et Tantes ISIKISIKI Albert, ISIKISIKI Hubert, DIANZENZA Timothé, ISIKISIKI M adeleine, ISIKISIKI Catherine.

A la vénérable Sœur ISIKISIKI Antoinette qui n'a pas cessé d'interceder à l'Eternel Dieu tout puissant pour que la paix, la joie et le confort règnent en notre famille.

A la Famille RISSASSI et KUNANGIDI pour les différents conseils et les sacrifices consentis pour mon bien être.

A mes frères et sœurs, cousins, cousines, neveux et nièces pour les encouragements et collaborations dont ils ont toujours fait preuve à mon égard.

REMERCIEMENTS

Nous La présente étude est le résultat du travail qui sanctionne la fin de notre cycle de licence à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kisangani. Il est le fruit d'efforts conjugués et des sacrifices consentis.

C'est ainsi qu'au seuil de ce travail, qu'il nous soit permis d'exprimer nos sentiments de gratitude à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation.

Nous réitérons ce sentiment de remerciement à toutes les autorités académiques et administratives de l'Université de Kisangani et particulièrement tous les Professeurs, Chefs de Travaux et Assistants de notre faculté qui ont contribué chacun par ses enseignements à notre formation, qu'ils trouvent ici l'expression notre parfaite reconnaissance.

Nous serions ingrats si nous n'exprimions pas notre gratitude au Professeur docteur Ingenier LOKOMBE DIMANDJA qui, en dépit de ses multiples occupations, a bien voulu diriger la présente étude. Nous voulons aussi saluer la spontanéité avec laquelle il a consenti à cheminer avec nous et pour l'attention qu'il a accordée à notre travail. Nous rendons un hommage mérité à l'Assistant Thierry KAHINDO MALIRO, pour un encadrement précieux, qu'il a offert à ce travail. Sa rigueur, ses conseils et remarques pertinents ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

Notre gratitude va encore au Doyen de la faculté et tous ses collaborateurs pour tous les efforts, contacts et visibilités qu'ils n'ont cessés d'entretenir tant localement qu'à l'étranger pour que les enseignements et la formation au sein de la faculté deviennent meilleurs.

Nous remercions de tout cœur Maman ISIKISIKI Elisabeth, qui en dépit de lourdes familiales qui vous incombent vous avez consenti en moi l'intérêt familial que l'honneur vous soit rendu.

Comme stipule un proverbe chinois : « si tu fais un projet pour un an, sème du riz, si tu fais pour deux ans, lustre les plantes et arbres et si tu la fais pour toute votre vie, éduque une personne ».

A nos frères et sœurs, Espérance DIANZENZA, Sylvie DIANZENZA, Bijou DIANZENZA, Hubert ISIKISIKI, Serge ISIKISIKI, Olivier ISIKISIKI, Coco MBULA, Antoinette BASEANE, Pascal MOSOLO, Agathe ISIKISIKI, Célestine ISIKISIKI, Mireille Mulongo et les autres nous vous resterons toujours reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Nos vifs remerciements s'adressent plus encore aux ami (e) s : Bertin NASOLO, Papy MATOFALI, Sandrine EKOYA, Marceline FALIALA, Véronique ABINYAKALITE.

Enfin, nous témoignons notre confiance à tous les vaillants collègues d'auditoire et compagnons de lutte : Nadine BEROCAN, Francine BAKWIKPAMI, , Alain ZWAVE, Dieu merci NDUALONGA, Dieu merci LIFAKI, Jean MUYISA, Gilbert ITEKU, Richard ISSA, Léon KASAKA, Isafé UYIKUKU, Patrick MBUYI, Coco MAZZO, Christian IYONGO, Faustin MBUSA, Julie KAIMBA, Alain KAMBALE, Ernest BALANGA, Cam FALLAY, MAIKULI, Claude OKANGOLA, Paulin BOLOMBE

Albertine DIANZENZA MATONDO

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la réserve forestière de Yangambi

Figure 2 : Température(en° C) de 2000-2008 à Yangambi (Assumani, 2009).

Figure 3 : Précipitations(en mm) à Yangambi de 2000-2008 (Assumani, 2009)

Figure 4 : Graphique du volume (m³) fut en fonction du dhp (cm)

Figure 5 : Graphique de biomasse fût (gauche) et biomasse totale (kg) (droite) en fonction du dhp (cm)

Figure 6 : Courbe d'ajustement du volume

RESUME

Cette étude portant sur l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de *Brachystegia laurentii* dans le peuplement mono dominant a été réalisée dans la réserve forestière de Yangambi.

L'échantillonnage était constitué de 113 arbres de *Brachystegia laurentii*.

Le volume du fût a été calculé selon la méthode de cubage par billon successif à l'aide de la formule de Huber.

Les équations de régression sont :

- Volume fût

$$\text{vol (en m}^3\text{)} = 0,000031271 \times D^{2,06864}$$

- Biomasse fût

$$\text{biomasse fût (en Kg)} = 0,10912 \times D^{4,7632}$$

- Biomasse totale

$$\text{Biomasse totale (en Kg)} = 4,7632 \times D^{4,7632}$$

Après analyse statistique une seule équation (modèle puissance $Y = ax^b$) a été retenue en vue de la construction des tables de cubage en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine (dhp).

Il s'agit évidemment d'un tarif local (Yangambi) a une entrée pour l'essence *Brachystegia laurentii* et n'est applicable que pour le dhp variant entre 10 – 125cm.

ABSTRACT

This dissertation is related to working of volume evaluation and biomass tariffs of *Brachystegia laurentii* in monodominant population has been performed in the forest reserve of Yangambi.

The representative sample was made up for 113 trees of *Brachystegia laurentii*.

The trunk volume has been calculated according to the volume evaluation method by successive slices using Hiber formula.

The decline equations are:

- Volume trunk

$$\text{Vol (in cubic metre: m}^3\text{)} = 0,000031271 \times D^{2,06864}$$

- Biomass trunk

$$\text{Biomass trunk (in kg)} = 0,10912 \times D^{4,7632}$$

- Total biomass

$$\text{Total biomass (in kg)} = 4,7632 \times D^{4,7632}$$

After statistic analysis the only equation (power model = $Y = ax^b$) has been held up in order to build volume evaluation tables according to height diameter of chest (dhp)

It's really local (Yangambi) of an sout in essence of *Brachystegia laurentii* and is simply appiad for the dhp variable between 10 – 12 cm.

INTRODUCTION

0.1. Problématique

La République Démocratique du Congo dispose d'une superficie d'environ 200 millions d'hectares de forêts (ces forêts abritent 60% de l'ensemble des forêts du bassin du Congo). La moitié à peu près 100 millions d'hectares sont faites des forêts tropicales denses et humides ; l'autre moitié des forêts claires et savanes arborées (Avocat vert, 2005). Les 100 millions d'hectares de forêts denses et humides représentent 47% de l'ensemble des forêts tropicales d'Afrique et 8% des forêts tropicales du monde.

Par ailleurs, la superficie totale du territoire national est de 2.345.000Km² tandis que 1.280.042, 46 Km² sont couverts de formations forestières soit environ 54,59%. Alors que 40 millions des Congolais (surplus de 60 millions qui forme la population nationale) dépendent de ces forêts pour leur survie physique et culturelle et même dans des forêts qu'on pourrait appeler intactes les communautés locales et le peuple autochtone y exercent leurs activités de survie (W.H.R.C, 2009).

A l'heure actuelle, le phénomène de déboisement dans le bassin du Congo a atteint un taux alarmant et selon les estimations de la F.A.O, la surface annuelle de déforestation dans cette zone s'élève à 500.000 hectares ; ces estimations montrent que le taux annuel de déforestation sur le territoire congolais se situe entre 0,2 et 0,6% et constitue non seulement une catastrophe écologique mais aussi une tragédie socio économique (Duveiller *et al* 2008, Assumani, 2009).

Le bassin du Congo est menacé en grande partie par la forte pression de l'exploitation du bois non contrôlée industrielle et artisanale, légale et illégale (WHRC, 2009). Selon les prévisions relatives à la diminution du couvert forestier en Afrique Centrale, la RDC risque de perdre plus de 40% de ses forêts d'ici 2050 (Greenpeace, 2007) sur ce, la gestion rationnelle des ressources naturelles est devenue une préoccupation de pouvoir et du public compte tenu des méfaits d'une mauvaise gestion sur l'environnement du niveau global et local.

Compte tenu de l'explosion démographique et de la croissance économique, les besoins en bois de la population se voient considérablement augmentés voire changés dans le temps.

Alors, pour faire face à l'augmentation de besoin en bois lié à l'explosion démographique, l'estimation du potentiel aménageable s'avère indispensable. A cet égard,

l'usage des tarifs de cubage et/ou tarifs de biomasse paraît pour l'instant l'une des options valables en cette fin.

En effet, les tarifs de cubage s'ils trouvent un écho important auprès de nombreux forestiers (exploitants forestiers et chercheurs), c'est en raison du fait qu'on peut les relier aux transactions commerciales (Rondeux, 1999 ; Gaudin, 1998) et constituent l'un des outils indispensables pouvant permettant au gestionnaire forestier de connaître le capital ligneux sur pied.

C'est dans cette optique que cette étude qui a été menée dans la réserve forestière de Yangambi cherche à connaître le volume sur pied et la biomasse de l'espèce *Brachystegia laurentii*.

De ce qui précède, il nous faudra répondre aux questions suivantes :

- Existerait-il une relation entre le volume fût et diamètre à hauteur de poitrine (dhp) ?
- Cette relation pourrait-elle se traduire par une des équations de régression (linéaire, logarithmique, exponentielle et puissance) ?

0.2 Hypothèse

Dans le cadre de cette étude nous avons émis deux hypothèses majeures ;

- Il existe une relation entre le volume fût et diamètre à la hauteur de poitrine (dhp) de *Brachystegia laurentii*
- La relation peut se traduire par une équation de régression : linéaire, logarithmique, exponentielle et de puissance par un tarif de cubage et de biomasse.

0.3 Objectifs du travail

Les objectifs que poursuit cette étude sont :

A. Objectif général

Généralement cette étude se penche à l'estimation du volume sur pied ainsi que la biomasse et l'élaboration du tarif de cubage propre et de la biomasse de l'espèce *Brachystegia laurentii* sous des peuplements monodominants.

B. Objectifs spécifiques

- ◆ Connaître la biomasse de l'espèce sous le peuplement par la méthode non destructive des arbres en appliquant des équations préétablies sur base du volume sur pied ;

- ◆ Déterminer les caractéristiques dendrométriques (variables d'entrée du tarif) qui influenceraient le volume et la biomasse ;
- ◆ Relever par des tests statistiques les différences statistiques entre les modèles de cubage établis dans différentes provinces de notre pays pour la même espèce.

0.4 But du travail

Le but que poursuit cette étude est de :

- Déterminer et élaborer le tarif de cubage et de la biomasse approprié pour l'espèce *Brachystegia laurentii* dans la forêt mono dominante moyennant quelques paramètres dendrométriques à savoir :
 - Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) ;
 - Diamètre fin bout (Dfb) ;
 - La hauteur houppier ;
 - La hauteur fût etc.

0.5 Intérêt de l'étude

Ainsi, le présent travail présente un intérêt double, à savoir : scientifique et pratique.

1. Sur le plan scientifique, les résultats de l'étude permettront de rendre disponible un tarif de cubage et de biomasse approprié à l'espèce *Brachystegia laurentii* comparable à d'autres tarifs et utilisable au delà même de sa 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 (Administration publique des forêts, les exploitants forestiers, ONG, etc.) d'élaborer des plans d'aménagement, des plans d'exploitation et les zonages conformément aux conditions réelles du moment en vue de gérer rationnellement le patrimoine national qui constitue potentiellement une ressource naturelle pour le développement économique du pays.

0.6 Travaux antérieurs

Il convient ici de signaler que des études basées sur la prédiction (l'estimation) du volume ou de la biomasse datent de longtemps et bon nombre d'entre elles s'étaient déjà penchés sur la question.

Dans le cadre de l'administration forestière congolaise, en 2009, la Direction Inventaire et Aménagement Forestier (DIAF) avait publié la liste des essences forestières de la République Démocratique du Congo (sous le nom de Guide opérationnel) en associant plusieurs tarifs de

cubage à toutes les essences exploitables. Pour le cas de l'espèce *Brachystegia laurentii*, les tarifs de cubage disponibles concernent notamment 4 provinces, à savoir : Bandundu, Bas-Congo, Equateur et la Province Orientale.

Dans le cadre des forêts environnantes à la ville de Kisangani, les réserves forestières de Yoko et de Yangambi plusieurs études s'y sont déroulées sur différentes espèces forestières exploitables en vue d'estimer le volume sur pied ou la biomasse aérienne et d'établir des tarifs de cubage et de biomasse correspondant. C'est le cas par exemple de :

- Malongola (2010) sur le tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chyscaspa* et *Diogoa 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* installées à Yangambi entre 1938 et 1942 dans la réserve forestière de Yangambi;
- Meniko (2007) sur le tarif de cubage de *Brachystegia laurentii* dans la réserve forestière de Yoko
- Biguma (2006) sur le tarif de cubage de *Staudtia stipitata* dans la réserve forestière de Yangambi;
- Kahindo (2006) sur le tarif de cubage de *Futumia africana* dans la réserve forestière de Yoko ;
- Kambale (2006) sur le *Gillettiodendron kisantuensis* dans la réserve forestière de Yoko
- Etc.

0.7 Subdivisions du travail

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 traite 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.

PREMIER CHAPITRE : GENERALITES

I.1 Présentation du milieu d'étude

I.1.1. Situation géographique

La cité de Yangambi se situe au nord-est de la cuvette congolaise entre $24^{\circ} 29'$ de longitude est de $0^{\circ}50'$ de latitude Nord à une altitude variant autour de 500m (Crabba, 1965).

Yangambi se trouve dans le district de TSHOPO dans la Province Orientale en R.D.C. ce milieu est très reconnu grâce à l'INERA et l'Institut Facultaire Agronomique (IFA).

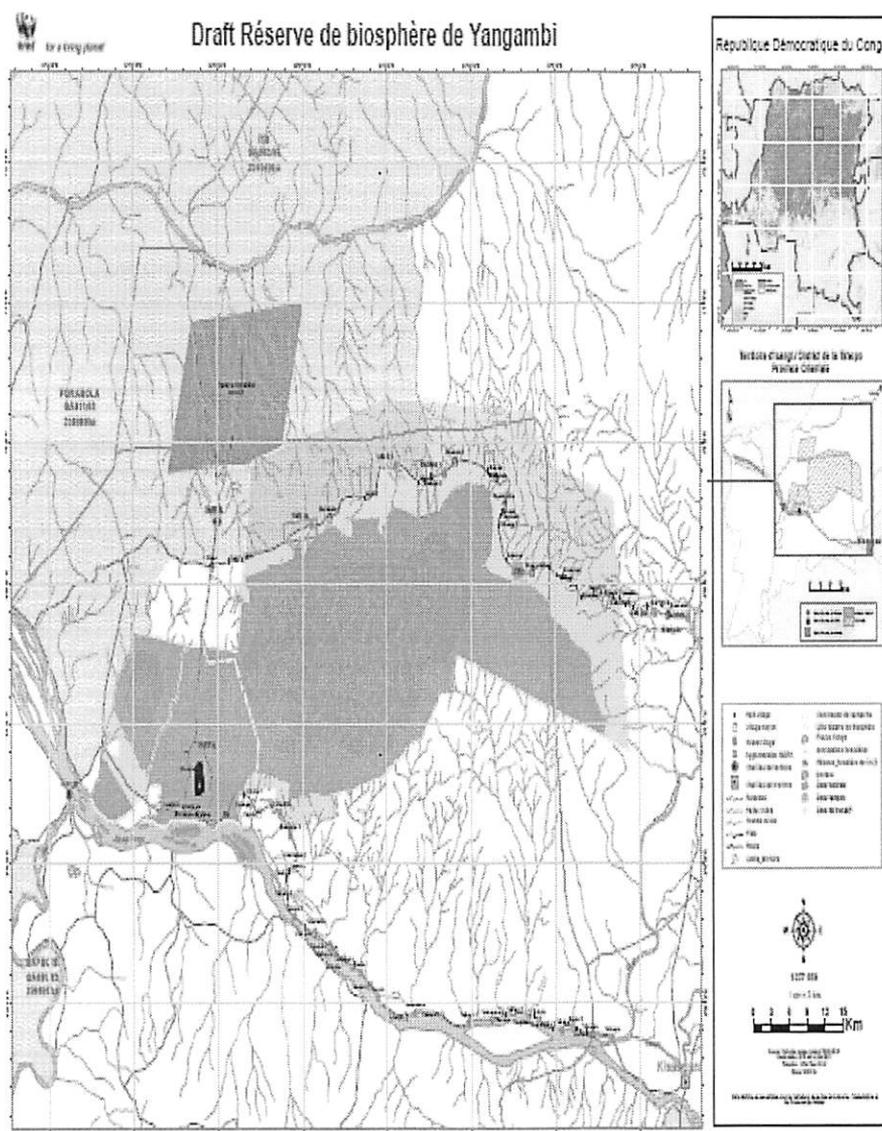


Figure 1 : Carte de la réserve forestière de Yangambi

I.1.2. Climat

En tenant compte du niveau de ses basses eaux en juillet-septembre, la cote du fleuve Congo à Yangambi est d'environ 400 m (De Heinzelin, 1952). D'après Bernard 1945, Vandeput, 1981).

Son climat appartient au type Af selon la classification de KÖPPEN et à la classe B selon THORNTWALE in Zwave (2010)

Les données climatiques telles que la température, les précipitations et l'humidité relative fournie par la station climatologique de Yangambi, ont permis d'avoir une idée sur les variations mensuelles des facteurs climatiques.

I.1.2.1 Température

Les moyennes mensuelles de températures sur une période de neuf ans (2000-2008) sont données dans le tableau 2 et leurs variations sont présentées à la figure Ci-dessous

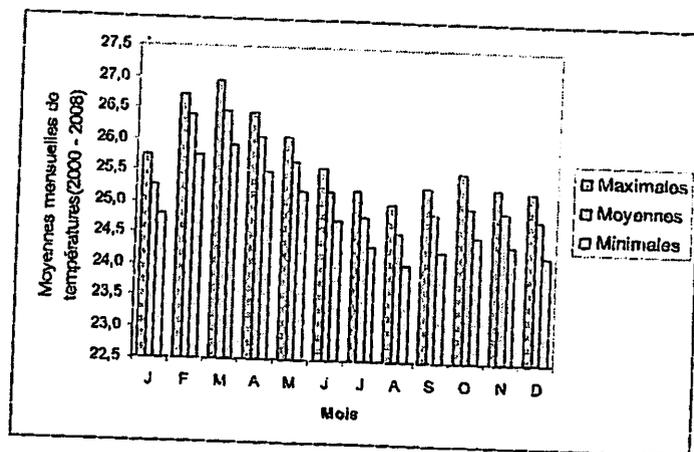


Figure 2 : Température(en° C) de 2000-2008 à Yangambi (Assumani, 2009).

La moyenne maximale annuelle des températures est de 30,3°C, la minimale de 20°C et la moyenne de 25,2°; les trois gammes de températures restent presque constantes toute l'année, ne montrant que de très faibles amplitudes. Leur tendance générale est à la baisse pendant le second semestre de l'année, ce qui confirme que la grande saison sèche se manifeste en début d'année (janvier et février), alors que la petite est à peine esquissée au second semestre (, juin et juillet)

I.1.2.3. Humidité relative

L'humidité relative au cours de l'année est très élevée et montre de très faibles amplitudes entre elles.

Tableau 1 : humidité relative de la cité de Yangambi (2009-2010 en ^ùm%)

I.1.2.2. Précipitations

Les données sur les précipitations, le nombre de jours de pluies et leurs variations sont représentées dans la figure 3 ci dessous.

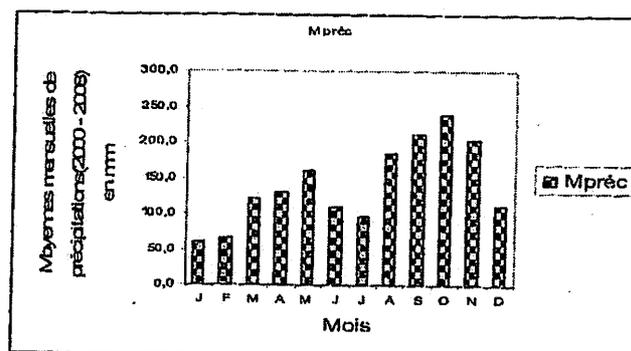


Figure 3 : Précipitations(en mm) à Yangambi de 2000-2008 (Assumani, 2009)

Les totaux des moyennes mensuelles des précipitations et du nombre de jours de pluies sont respectivement de 1 837 mm et de 180 jours; globalement, il pleut en moyenne une fois tous les deux jours à Yangambi.

Ces deux moyennes augmentent pendant le deuxième semestre de l'année, ce qui indique que la petite saison des pluies se manifeste au premier semestre (mai à juin), la grande au deuxième (août a novembre).

Cette répartition est confirmée par la tendance à la baisse des températures notées pendant le deuxième semestre de l'année. Les plus faibles pluies sont observés en janvier et juillet de chaque année, les plus abondantes en octobre.

Il en va presque de même en ce qui concerne le nombre de jours de pluies: il pleut pendant moins de jours en janvier et février et plus de jours en octobre et novembre. Cette manifestation des pluies en deux périodes de l'année influence profondément les activités agricoles et le développement des arbres à Yangambi.

I.1.2.3. Humidité relative

L'humidité relative au cours de l'année est très élevée et montre de très faibles amplitudes entre elles.

Tableau 1 : humidité relative de la cité de Yangambi (2009-2010 en %)

Année	J	F	M	AV	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moy	Somme
2009	69	63	59	70	67	68	70	72	69	72	71	72	822	68,2
2010	63	65	65	70	70	73	72	71	70	68	67	65	819	68,25

Source : Sungu N, (2011)

I.1.3. Sol

Décrits par Deleenher, D'hoore ellogt Sys et Van Wambeke in (Assumani 2006) ; les sols de Yangambi dérivent des sables éoliens datés du pliocène inférieur. On y trouve des ferrasols de plateaux qui sont des sables grossiers possédant une teneur assez élevée en éléments fins.

Selon Ke (1949), le sol de Yangambi a des caractères suivants :

- un rapport silices sesquioxyde bas ; une petite quantité des minéraux
- une capacité d'échange faible, un peu de matériaux solubles ;
- une activité d'argile faible, un degré de cohérence assez élevé des agrégats structuraux et couleur rouge à rougeâtre du sol.

Sys et col (1952) classe le sol de Yangambi en 3 catégories :

- la série Yangambi qui s'identifie par les sols développés dans les dépôts éoliens non remanié avec une teneur en argile comprise entre 30 à 40 % et une couleur ocre jaune.
- La série Yakonde caractérisée par des sols éoliens remaniés dont la teneur en argile est comprise entre 20 à 30%.
- La série Isalowe constituée des alluvions récentes, des versants des vallées, les sols ont une teneur en argile inférieure à 20%. Mais ne fait pas partie de notre étude.

I.1.4 Végétation

Les principaux types de végétation à Yangambi peuvent être rassemblés dans deux groupes principaux: le premier, celui des types de végétation non modifiés et le deuxième, celui des types de végétation modifiés ou anthropisés.

Au point de vue phytogéographique, Yangambi fait partie du secteur central de la région guinéenne. Le territoire étudié se rattache géographiquement et climatiquement au

district du bassin central du Congo, domaine des forêts ombrophiles équatoriales (Assumani 2009)

Par suite de la position au bord du District du Bassin du Congo et de l'influence des facteurs édaphiques et anthropiques, il comprend un pourcentage élevé du type forestier subéquatorial. Ceux-ci appartiennent aux groupes des forêts semi caducifoliées subéquatoriales et guinéenne.

Floristiquement, ces peuplements se caractérisent par une proportion non négligeable dans les strates supérieures d'essences caducifoliées (Gilson et Wambeke, 1956) in Zwave, K, 2010.

La végétation très dense est dominée par les faciès suivants:

- les forêts semi-caducifoliées qui sont caractérisées par une physionomie encombrée et lianeuse à proximité des rivières, plus lourde avec un sous-bois fort éclairci sur le plateau; les forêts ombrophiles sempervirentes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) Leonard qui sont reconnaissables aisément par la dominance de *G. dewevrei*
- les forêts climaciques (Lebrun et Gilbert, 1954; Germain et Evrard, 1956) qui sont une association à dominance exclusive de *Brachystegia laurentii* (De Wild.) ex Hoyle appartenant à la catégorie des forêts ombrophiles sempervirentes lourdes;
- les prairies aquatiques qui se distinguent par plusieurs associations comprenant plusieurs phases évolutives;
- la végétation pionnière des falaises: les falaises de Yangambi hébergent une flore particulière. Au niveau des eaux, la paroi sableuse est recouverte d'une végétation bryophytique dominée par *Marchantia chevalieri* Steph. ex Bonner;
- les forêts insulaires qui colonisent les grandes lies du fleuve Congo à Yangambi. L'occupation forestière des lies débute par l'installation de pieds isolés ou bosquets de *Bridelia micrantha* (Hochst.); etc.

I.1.5. Population

Yangambi comptait en 2005 environs 33 mille habitants. Avec un taux de croissance annuel de l'ordre de 3,2%. Cette population pourrait doubler d'ici les deux prochaines

décennies. L'examen de la pyramide des âges renseigne que Yangambi compte plus de jeunes que d'adultes.

En effet, 38,9% de la population est âgée de moins de 20 ans; 37,6% ont un âge compris entre 40 et 59 ans (Anonyme, 2005).

Le taux d'analphabétisme de la population âgée de 15 et plus, a été estimé à 32,7%. Cette situation est inquiétante du fait que la contribution de cette tranche de la population se trouve réduite, le sexe ratio indique que 51% de la population sont constituée de femmes contre 49% d'hommes.

Tableau 2: Répartition de la population de Yangambi par type d'individus.

Type d'individus	nombre d'habitants	%
Femme	168 509,212	50,98
Homme	162 830,708	49.02
Total	331 339,92	100

Source : Bureau de cité de Yangambi 2005

I.2. Généralités sur l'espèce (*Brachystegia laurentii*)

En général il existe près de 25 à 43 espèces de *Brachystegia*, dont en Afrique Centrale on y trouve que cinq espèces hormis *Brachystegia laurentii* qui sont représentées dans le suivant :

Tableau 3: Types des espèces de *Brachystegia* en Afrique Centrale

Espèce	Dénomination	Répartition en Afrique
<i>Brachystegia cynometroide</i>	Ekop naga	Cameroun
<i>Brachystegia eurycoma</i>	Nig : Akolodo, Okwen ; Cam : Ekop naga	Cameroun et Nigeria
<i>Brachystegia Kennedyi</i>	Nig : Akolodo, Okwen ; Cam : Ekop naga	Cameroun et Nigeria
<i>Brachystegia Milbraedii</i>	Gab: Nzang, Mfoun-andoung Cam: Ekop évène, évène	Cameroun et Gabon
<i>Brachystegia zenkeri</i>	Gab: Nzobeu Cam: Ekop léke, léke	Cameroun et Gabon

Source : Vivien et Faure (1985)

Selon Hoyle, 1952 in Utshudi, 2006 ; le *Brachystegia laurentii* n'est pas apparenté aux espèces Zambéziennes mais se rattache par l'intermédiaire de *Brachystegia eurycoma* HARMS, au groupe forestier des espèces d'Afrique occidentale.

Mildbread, 1922 signale des peuplements à dominance à *Brachystegia* (*Brachystegia leonensis* HUTCH et DALZ et *Brachystegia eurycoma* HARMS) dans le groupement du domaine guinéen occidental.

I.2.1. Habitat et Aire géographique

Cette espèce domine sur les plateaux de la forêt primitive équatoriale ; elle préfère des endroits frais en forêt sèche sur le versant des montagnes et les vergers des rivières (Anonyme, 1952).

Son aire, apparemment disjoint, doit sans doute s'expliquer par une connaissance fort complète de sa distribution dans le secteur forestier central ; il n'est pas douteux qu'une prospection plus poussée du grand massif forestier congolais décèlerait de nombreuses autres stations (Germain et Evrard, 1956)

I.2.2. Position systématique de l'espèce

- Nom de l'espèce : *Brachystegia laurentii*
- Genre de l'espèce : *Brachystegia*
- Famille de l'espèce : Fabaceae
- Ordre de l'espèce : Fabales
- Classe de l'espèce : Rosopsida
- Sous classe de l'espèce : Rosopsidae
- Embranchement : Magnoliophyta
- Sous embranchement : Rosophytina
- Nom pilote de l'espèce : Bomanga

Quelques appellations courantes :

- Cameroun : Ekop-Lene, Ekop-Evene
- Congo : Bomanga
- France : Ariella
- Gabon : Nzang

- Gabon : Yegna
- R.D Congo : Bomanga
- Royaume Unie : Ariella

I.2.3. Description botanique

- **Port** : Arbre à feuillage sempervirent, atteignant 45m de haut et 175Cm de diamètre, cime large, dense, à branches ascendantes. Jeunes feuilles rouges.
- **Fut** : Droit, cylindrique, parfois légèrement épaissi ou empâté à la base.
- **Ecorce** : Gris foncé, lisse, à bourrelets horizontaux, lenticellé à la base, se desquamant chez les vieux sujets en plaques irrégulières dispersées. Tranche épaisse de 0,5-2Cm, très fibreuse mais dure rougeâtre, exsudant gélatineux, jaunâtre, tardif, peu abondant ; aubier blanc jaunâtre.
- **Feuilles** : Paripennées, alternes. Pétiole et rachis longs de 9-15Cm. Pétiole renflé à la base, robuste, canaliculée, long d'environ 0,5Cm. Rachis canaliculé, plus ou moins anguleux, épais, long de 8-14Cm. 5-7 paires opposées de folioles subsessile sur le rachis. Limbe oblong, plus ou moins falciforme, 3-10Cm cunéiforme arrondi et très asymétrique à la base coriace. Nervure secondaires comptodromes reliées près de la marge dont 3 nervures basales.
- **Fleurs** : En panicules terminales hermaphrodites, très petites, odorantes.
- **Fruits** : Gousses oblongues subrectangulaires de 12-25Cm ; 6-8Cm, ligneuses, à suture supérieure ailée, à pédoncule caudé 3-6 grandes graines plus ou moins circulaires, aplaties, brunes.
- **Bois** : Aubier blanc jaunâtre, duramen beige jaune à brun à reflets cuivrés, mi-dur, mi-lourd, à grain moyen.
- **Habitat** : Grégaire, en forêt dense humide semi décidue, sciaphile (Vivien et Faure, 1985).

I.2.4. Propriétés physiques

Les propriétés physiques indiquées dans le tableau ci-dessous concernent les bois arillés à maturité et les propriétés peuvent varier de façon notable suivant la provenance et les conditions de croissance des bois.

Tableau 4 : Propriétés physiques de *Brachystegia laurentii*

Paramètre	Moyenne	Ecart-type
Densité	0,56	0,05
Dureté Monnin	2,9	0,7
Coefficient de retrait volumique	0,4%	0,07
Retrait tangentiel total	6%	0,6
Retrait radical total	3,7%	0,5
Point de maturation des fibres	28%	–
Stabilité en service	Stable	

Source : CIRAD-Forêt de Montpellier (2011)

I.2.5. Propriétés mécanique

Les propriétés indiquées ci-dessous concernent les bois arrivés à maturité. Ces propriétés peuvent varier de façon notable suivant la provenance et les conditions de croissance des bois.

Le bois de *Brachystegia laurentii* est un bois tendre qui se casse facilement en étant sèche mais à mi-dure de 12% d'humidité ; 1M pa=1N/nm².

Tableau 5 : Propriétés mécaniques de *Brachystegia laurentii*

Paramètre	Moyenne	Ecart-type
Contrainte de rupture en compression parallèle	49Mpa	4
Résistance en flexion statique (flexion 4 point)	85Mpa	11
Module d'élasticité longitudinal (flexion 4 point)	12400Mpa	1820

Source : CIRAD-Forêt de Montpellier (2011)

I.2.6. Usage industriel et traditionnel

Selon ISTAS et al (1959) in Utshudi, 2006, ce bois paraît très intéressant pour la production des pâtes à papier, et une étude papetière approfondie mérite d'être entreprise sur un nombre plus important d'échantillon en vue d'être entreprise sur un nombre plus important d'échantillons en vue d'être fixé sur la variabilité des caractéristiques des fibres et la qualité papetière de ce bois.

Selon CIRAD-Forêt (2011), le bois de *Brachystegia* est utilisé pour les tâches suivantes (classées par ordre d'importance décroissante) :

- contreplaque,
- menuiserie intérieure,
- lambris, ameublement,
- charpente,
- panneaux de fibres,
- panneaux de particules,
- emballage,
- ébénisterie,
- lamelle-collé,
- ossature,
- parquet,
- cuves et produit de tonnellerie,
- escaliers.

Traditionnellement son écorce battue peut être utilisée comme étoffe mais aussi juste après écorçage comme mortier par les villageois dans la forêt.

I.3. Tarif de Cubage et tarif de biomasse

I.3.1. Tarif de cubage

I.3.1.1. Définition

Le terme « tarif » vient du mot arabe « tarifa » qui signifie tableau, il est utilisé pour désigner des présentations tabulaires ou non qui permettent d'obtenir une tabulation des volumes locaux des arbres suivant les critères préalablement choisis (Tremblay, 1974 in Kahindo, 2006).

Un tarif de cubage est un tableau chiffré, une formule ou un graphique (Bouchon, 1974 ; Kahindo 2009) qui donne une estimation du volume d'un arbre (tarif individuel) ou d'un ensemble d'arbres en fonction de diverses variables facilement mesurable sur l'arbre appelé « entrées » du tarif (ATIBT 2006 ; Rondeux *et al*, 2008).

I.3.1.2. Sortes de tarif de cubage

Il existe généralement deux sortes de tarif de cubage (Dagnelie, 1987 ; Biguma, 2006).

a. Tarif de cubage d'arbres (espèce, individu,...)

Le tarif de cubage d'arbres est un tableau qui sert à estimer le volume d'arbres pris individuellement à partir d'un ou plusieurs de leurs caractéristiques dendrométriques.

En considérant

V= volume fût (ou volume tige jusqu'à une découpe)

C= circonférence de référence

H= hauteur totale

CH/2= circonférence à la hauteur H/2

A, b, d, e = coefficients numériques du (des) tarif

- Tarif à 1 entrée : (c) $V = a+bc+dc^2+ec^3$
 Ou $V = a+bc+dc^2$
 $V = a+bc^2$
- Tarif à 2 entrée : (C et H) $V = a+bH+dc^2H$
 Ou $V = a+bc^2H$
 $V = a+b\sqrt{c^2H + dc^2H}$
 $V = ac^b + H^d$
- Tarif à 3 entrées : (C, H et CH/2) : $V = ac^bH^dC^e H/2$

Remarque : les tarifs à double entrée sont certes préférables, car ils font intervenir hauteur et la circonférence des arbres et permettent d'observer de près la réalité et d'atteindre ainsi une bonne précision malheureusement ces tarifs à deux entrées sont d'une utilisation malaisée car après laborieuse il faut mesurer les circonstances de tous les arbres du peuplement pour en connaître le volume, mais aussi ou les hauteurs ce qui présente un travail trop lourd.

Aussi, il s'avère nécessaire d'établir en parallèle un tarif à une seule entrée la circonférence dont l'utilisation est plus aisée et pratique pour le forestier au terrain.

- L'établissement d'un tarif de cubage n'est jamais définitif, il doit être mis à jour grâce à des données supplémentaires au fur et à mesure de l'avancement

des travaux d'inventaire et du vieillissement des peuplements (notamment plantés)

b. Tarif de cubage des peuplements

Le tarif de cubage d'un peuplement est le tableau qui sert à estimer le volume d'un peuplement sur pied à partir des caractères dendrométriques moyennes et, on ramène à l'hectare.

- Tarif à 2 entrées (G et H) = $V = a + Bg + Ch + dgH + e GH^2$ ou $V = ab Hc$

Où V = volume tige / ha

G = surface terrière à l'ha

A = Hauteur moyenne ou hauteur dominante

- Tarif à 3 entrées (N_1, N_2, N_3) = $V = a_1 N_2 + a_2 + a N_{ss}$

Où V = volume/ha sur écorce du bois de feu

N_1 = nombre/ha des brins de hauteur totale < 2m

N_2 = nombre/ha des brins de hauteur comprise entre 2 et 6m

N_3 = nombre/ha des brins de hauteur > 16m

Ce dernier modèle est bien adapté aux peuplements pour les quels les mesures de diamètre sont plus compliquées que les mesures de hauteur (arbres à tiges, de mauvaise forme,...)

- tels que la croissance métrique, l'âge : ce sont les tarifs paramétrés.

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

L'intérêt général de tarif de cubage réside dans le fait qu'il doit être associé soit aux transactions commerciales (unités monétaires par m^3), soit aux travaux d'aménagement forestier en vue d'estimer le volume potentiellement aménageable.

Quant à sa validité, le tarif de cubage est applicable que dans la zone d'étude pour les essences ainsi que les classes des diamètres retenus par l'échantillon d'arbres ayant servi de base de mesure (ATIBT 2006 ; Rondeux, 1993 *et al* 2008 ; Kahindo, 2009). Ceci définit le domaine de validité du tarif.

I.3.2. Tarif de biomasse

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

La biomasse est généralement défini comme étant « la masse de matière vivante produite par une population, un peuplement, une communauté ou une biocénose, rapportée à l'unité de surface et exprimée en matière sèche » (Brown *et al* 1997 in Kahindo, 2009) à un moment donné, exprimé en kg/ha).

La biomasse épigée quand à elle 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 (Guitet, 2007; Kahindo 2009).

D'après la F.A.O (1990) 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.

DEUXIEME CHAPITRE : MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL

L'étude a été menée dans la réserve forestière de Yangambi sur les forêts naturelles monodominantes à *Brachystegia laurentii*. Les mesures ont été réalisées sur les arbres non abattus et choisis aléatoirement dans 3 dispositifs permanents correspondant à trois peuplements (populations) de *Brachystegia laurentii*.

II.1. Matériels du travail.

L'étude porte particulièrement sur l'espèce *Brachystegia laurentii* pour les individus dont le dhp était ≥ 10 cm (matériel biologique). Il convient de signaler que les trois dispositifs cités ci-haut avaient faits l'objet d'un préinventaire en novembre 2011. Tous les pieds de plus de 10 cm appartenant à l'espèce *Brachystegia laurentii* avaient déjà été marqués (numérotés) et leur circonférence à 1,30 m était déjà mesuré (par conséquent leur dhp connu).

Pour bien recueillir les données nécessaires à la réalisation de notre travail, un certain nombre d'instruments de travail nous a servi à savoir :

- Deux boussoles pour l'orientation des layons ;
- une perche de 1,30m pour indiquer le niveau de dhp ;
- un relascope de Bitterlich pour mesurer les diamètres et hauteurs ;
- un clinomètre pour mesurer la hauteur fût (Hf) ;
- deux galons de 50m pour le chaînage des layons et la mesure de dhp ;
- 4 machettes pour le dégagement des layons ;
- un cartable en plastique ainsi que les cahiers pour la prise des données et quelques stylos ;
- une calculatrice de marque Kenko K.K 300tl pour le dépouillement des données.

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 étaient dictés par les résultats du pré inventaire.

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

II.2.1.1. La taille de l'échantillon.

Dans la littérature, un échantillon variant de 50 à 100 arbres est suffisant pour l'élaboration d'un tarif pour une essence dans une région donnée de manière à atteindre un objectif optimal de 6 à 8 arbres cubés par catégorie de diamètre à partir de 40 cm. Par défaut, le diamètre minimum devrait être spécifié clairement (F. A.O., 2000) et la taille de l'échantillon devrait être fixée de manière à ce qu'on puisse avoir un même nombre de tiges dans le plus de classes de diamètre possible (ATIBT, 2006).

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenus un peu plus de 100 arbres dont le dhp était ≥ 10 cm. Ils étaient répartis en 10 classes de diamètre en raison de 10 à 12 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, 80–90 cm, 90–100 cm et ≥ 100 cm.

Pour ce qui est du volume les paramètres retenus 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.

La biomasse quant à elle était estimée par la méthode indirecte (méthode non destructive sur les pieds non abattus) en s'appuyant sur les avantages que présente celle-ci par rapport à la méthode directe (de coupe des bois).

Étant donné que la biomasse des fûts devrait être tirée du volume fût respectivement, les classes de diamètres ou de hauteur des fûts sont restées les mêmes que pour le tarif de cubage (le volume) soit 10 classes au total.

II.2.3. Traitement des données

II.2.3.1. Préparation des données

Dans le cadre de notre étude, les données prises au relascope ont préalablement nécessité une transformation des unités relascopiques en unités réelles de diamètre (en cm). Pour cela nous avons utilisé la formule ci-après : $D=2Dh (Nbl+NBe/4)$ 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.

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.

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

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. Estimation du volume

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

* modèle de puissance : $Y = ax^b$

* modèle d'exponentiel : $Y = ae^{xb}$

* modèle linéaire : $Y = a + bx$

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

c. Equations de régression

Les quatre équations des régressions ont été ajustées en fonction de paramètres statistiques divers : coefficient de corrélation r ou coefficient de détermination R ($R=r^2 \cdot 100$) ou le carré 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 dont, celle faisant ressortir des valeurs des volumes négatives car les volumes d'arbres sont naturellement positifs (Kahindo, 2006).

d. Ajustement des équations des régressions et Analyse résiduelle des données

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

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

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 :

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

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 (cf. §).

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

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

Variance résiduelle (Var) 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)

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

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)

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

-l'intervalle de confiance (IC)

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

Avec SCE : sommes des carrés des écarts ($Y_o - Y_c$)

N : effectif de l'échantillon

II.2.3.3. Elaboration de tarifs de biomasse.

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

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

Le BEF a également été pris comme une constante. La valeur moyenne du BEF pour les forêts tropicales humides est généralement de 3,4 (Eggleston, 2006).

- Biomasse (fût) = volume \times ρ
- **Biomasse = volume du tronc \times ρ \times BEFB** où ρ désigne la densité et BEF le facteur d'expansion de la biomasse.

Il est donc important de signaler que, nous avons dû construire des tarifs de cubage et de biomasse à une entrée. Les tarifs de cubage utilisés en aménagement de forêt naturelle sont des tarifs à une entrée qui permettent de déterminer les volumes bruts d'un arbre, conventionnellement compris entre le diamètre de référence et la naissance de la première grosse branche ou du plus gros défaut (ATBIT, 2006 ; Kahindo, 2009).

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 ordonnées les volumes calculés (Y_c) en m^3 et en abscisse les valeurs de dhp en cm.

TROISIEME CHAPITRE : PRESENTATION DES RESULTATS

Dans ce chapitre, nous allons développer les résultats chiffrés de notre étude soit sous forme de tableaux, soit des graphiques suivis des commentaires relatifs.

III. 1. Répartition des tiges par classe de dhp

Ce tableau présente l'échantillon de travail en fonction de toutes les classes de dhp (cm)

Tableau 6 : Répartition de tiges par classe du 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)	Cl ₉ (cm)	Cl ₁₀ (cm)
1	10,06	21,66	30,16	40,10	51,21	60,48	72,77	81,75	90,22	102,23
2	10,25	22,39	30,64	40,70	51,37	60,96	73,76	82,17	90,61	103,23
3	12,26	22,71	31,66	42,83	51,75	62,74	73	83,41	90,83	103,34
4	13,44	23,76	33,09	43,63	53,66	63,69	74,68	84,52	93,27	104,34
5	15,19	23,92	34,84	43,92	54,36	64,59	75,67	84,81	93,31	112,58
6	16,40	24,78	37,01	44,94	54,84	65,45	75,96	86,08	93,47	115,76
7	16,53	24,90	37,58	45,86	55,99	65,92	77,39	86,37	93,73	119,11
8	17,23	25,22	38,03	46,31	56,21	66,50	77,39	86,78	95,54	120,11
9	17,58	25,25	38,44	47,01	57,29	67,55	78,22	86,88	95,54	123,38
10	17,99	26,78	38,57	47,21	58,92	67,80	79,22	87,07	98,73	124,87
11	18,54	28,34	39,68	48,31	59,27	68,60		88,92		
12	19,68	28,57	39,81		59,55	69,62		89,17		
Total	12	12	12	11	12	12	10	12	10	10

Il ressort de ce tableau que notre échantillon était constitué de 113 pieds de *Brachystegia laurentii* dont le dhp est ≥ 10 cm. Dans le souci de garder un même nombre de pieds (ou presque) ce dernier par classe de dhp a varié entre 10 (classe 7, classe 9 et classe 10) à 12 pieds (classe 1, 2, 3, 5,6 et 8) par chacune des classes et 11 pieds dans la classe 4.

III. 2. Répartition des tiges par classe de hauteur fût (hf)

Le tableau ci-dessous présente l'échantillon de travail en fonction de leurs classes de hauteur fûts

Tableau 7 : Distribution des tiges par classe de hauteur fut

Classe (m)	Indice de classe	F. Obs	F. Cum	F. Rel
5,50 – 8,05	6,77	5	5	4,42
8,05 – 10,6	9,32	4	9	3,53
10,6 – 13,15	11,87	26	35	23
13,15 – 15,17	14,42	27	62	23,89
15,17 – 18,25	16,97	32	94	28,31
18,25 – 20,8	19,52	10	104	8,84
20,8 – 23,35	22,07	5	109	4,42
23,35 – 25,9	24,62	4	113	3,59
Total		113		99,94

Il ressort de ce tableau relatif à la hauteur fût que celle-ci varie de 5,5m à 25,9m. La plupart de tiges (environ 95 cas sur 113) ont une hauteur fût variant entre 10,6m et 20,8 m soit les classes 3, 4, 5 et 6 qui représentent respectivement 23%, 24%, 28,3% et 8,8% du total.

III.3. Volume fût en fonction du dhp

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

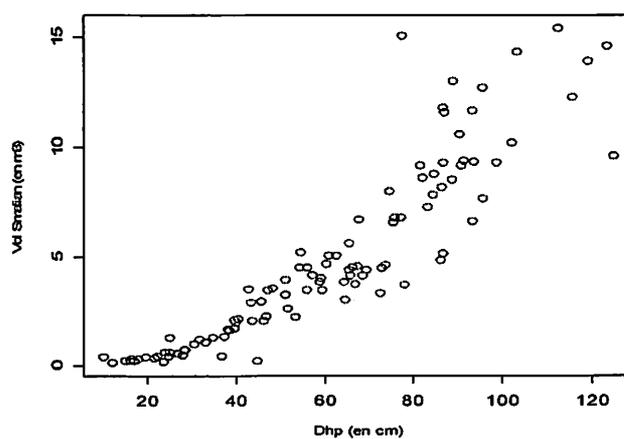


Figure 4 : Graphique du volume (m^3) fut en fonction du dhp (cm)

Au regard de cette courbe de cubage, on constate qu'il varie de façon non linéaire en fonction du dhp et laisse voir une variance de volume croissante avec l'augmentation des diamètres l'hétéroscédasticité à partir des tiges de plus de 50cm au dhp.

Il s'avère ainsi indispensable de procéder aux transformations log log pour réduire l'hétéroscédasticité mais aussi rendre la courbe plus ou moins linéaire afin de stabiliser la relation entre le volume (la variable expliquée) et le dhp (la variable explicative).

III.4. Biomasse fût et Biomasse totale des arbres en fonction du Dhp

Etant donné que la biomasse des fûts est calculée en multipliant le volume fût par la densité qui est 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 totale des tiges qui à son tour est obtenue en multipliant la biomasse fût par le facteur de conversion de la biomasse (une autre constante).

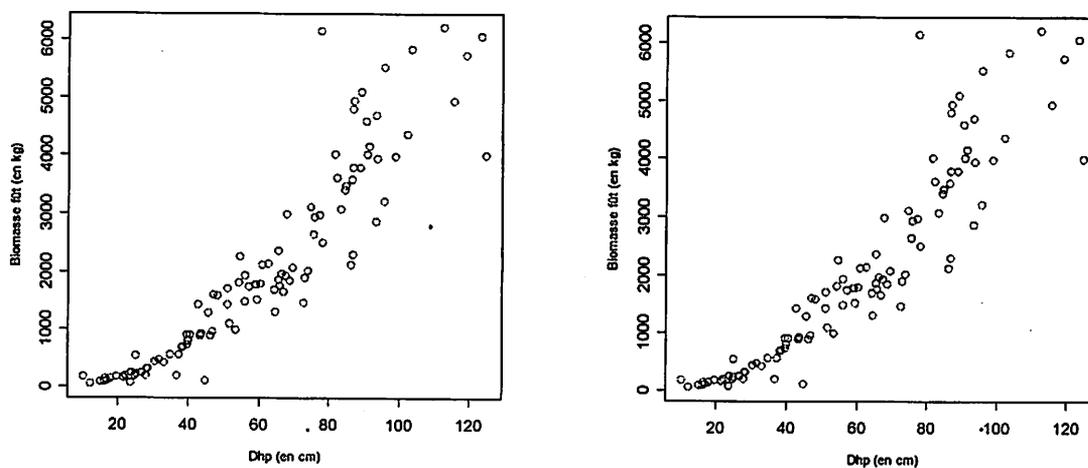


Figure 5 : Graphique de biomasse fût (gauche) et biomasse totale (kg) (droite) en fonction du dhp (cm)

Au regard de ces deux courbes de biomasse fût et biomasse totale on constate visiblement qu'elles sont comparables (mêmes unités) cependant ce sont les quantités en ordonnées qui les différencient l'une de l'autre.

III. 5. Présentation de modèles de régression

III.5.1. Présentation de modèles des équations de régressions.

A partir de relation du DHP avec le volume fût nous a permis de trouver aisément les quatre équations de régressions proposées. En effet, la calculatrice Kenko k.k. 300tl nous a facilité de déterminer les coefficients a , b , et r de régression.

Tableau 8 : Caractéristiques des équations de régression proposées

	Linéaire	logarithmique	Exponentielle	Puissance
A	-1,249	-12,917	0,418	0,000312
B	0,111	4,633	0,034	2,29432
R	71,5%	63%	78,4%	79,1%
R	51,2%	39,8%	61,5%	62,7%

III.5.2. Choix de modèle de régression.

Il convient de rappeler que la corrélation est parfaite lorsque le coefficient est égal à 1. Mais pour le tarif de cubage c'est ne pas le cas.

Tableau 9 : Modèle de régression.

Equation	r(%)
$y_{lin} = -1,249 + 0,111D$	71,5%
$y_{log} = -12,917 + 4,633$	63%
$y_{Exp} = 0,418e^{0,034}$	78,4%
$y_{Puis} = 0,000312D^{2,29432}$	79,1%

Parmi les quatre équations de régressions proposées nous rejetons les équations linéaires et logarithmique qui donnent des volumes négatives nous retenons en premier lieu les équations de régression exponentielle et de puissance pour avoir de notes r élevées et de coefficients de variation résiduelle faible (Biguma, 2006).

III.5.3. Equation de cubage et des 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

pour la prédiction de la relation entre le volume fût, la biomasse fût et la biomasse totale et le dhp.

Tableau 10 : Paramètres des équations de régression du volume, biomasse fût et biomasse totale des tiges

Variable	A	B	R ²	Forme de l'équation
Volume fût (m ³)	0.000312	2.06864	0.904	$VF = 0.000031271 \times D^{2.06864}$
Biomasse fût (en kg)	0.10912	4.7632	0.904	$BF = 0.10912 \times D^{4.7632}$
Biomasse totale (en kg)	0.1326	4.7632	0,904	$BT = 4.7632 \times D^{4.7632}$

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.

III.5.2 Ajustement des modèles

L'ajustement de la courbe d'équation a consisté à l'introduction des logarithmes de manière à réduire la dispersion (l'hétéroscélasticité) de points autour de la courbe d'équation du volume en fonction de dhp mais aussi de stabiliser la variance résiduel.

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)

La figure ci-dessous montre le nuage de point de courbe de volume fût ajustée.CC

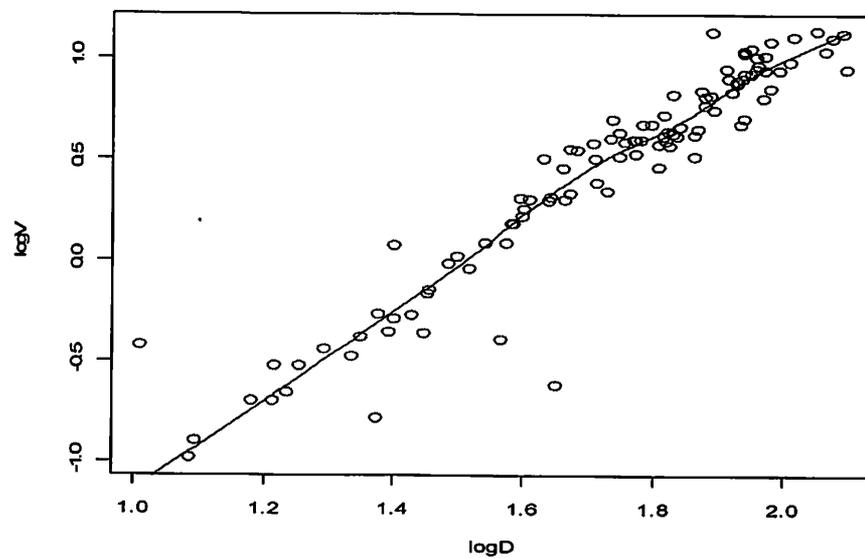


Figure 6 : Courbe d'ajustement du volume

III.6. Table de cubage

Cette table permet d'estimer directement le volume du fût en fonction du dhp conformément à la validité du tarif soit à partir du dhp minimum au dhp maximum par rapport à l'échantillon de départ

Essence : <i>Brachystegia laurentii</i>										
Territoire d'application : réserve forestière de Yangambi										
Equation : $V = 0.000031271 \times D^{2.06864}$										
DHP (cm)	Volume brute (m ³) sur ecorce de la diamètre à hauteur de la poitrine jusqu'à la fourche									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,0365	0,0445	0,0533	0,0629	0,0733	0,0845	0,0966	0,1095	0,1233	0,1379
20	0,1533	0,1696	0,1867	0,2047	0,2235	0,2432	0,2638	0,2852	0,3075	0,3306
30	0,3546	0,3795	0,4053	0,4319	0,4594	0,4878	0,5171	0,5473	0,5783	0,6102
40	0,6430	0,6767	0,7113	0,7468	0,7832	0,8205	0,8586	0,8977	0,9376	0,9785
50	1,0203	1,0629	1,1065	1,1510	1,1963	1,2426	1,2898	1,3379	1,3869	1,4368
60	1,4877	1,5394	1,5921	1,6457	1,7002	1,7556	1,8119	1,8692	1,9273	1,9864
70	2,0464	2,1074	2,1692	2,2320	2,2957	2,3604	2,4259	2,4924	2,5599	2,6282
80	2,6975	2,7677	2,8389	2,9110	2,9840	3,0579	3,1328	3,2086	3,2854	3,3631
90	3,4417	3,5213	3,6018	3,6833	3,7657	3,8490	3,9333	4,0186	4,1047	4,1918
100	4,2799	4,3689	4,4589	4,5498	4,6416	4,7344	4,8282	4,9229	5,0185	5,1151
110	5,2127	5,3112	5,4106	5,5111	5,6124	5,7147	5,8180	5,9222	6,0274	6,1336
120	6,2407	6,3487	6,4578	6,5677	6,6787	6,7906				

QUATRIEME CHAPITRE: DISCUSSION DES RESULTATS

Dans ce chapitre nous essayons de discuter nos résultats par rapport aux observations des caractéristiques des tarifs de cubage (à une entrée) proposés précédemment et ceux relatifs à la même espèce dans les autres provinces de la R.D Congo et d'autre contrée, en tenant compte de valeurs résiduelles entre les divers modèles de l'autre.

IV.1. Comparaison du tarif de Yangambi avec ceux d'autres Provinces.

Le tableau 11 compare les tarifs de Yangambi avec ceux d'autres Province du Bandundu, du Bas-Congo, de l'Equateur et de la Province Orientale.

Province	Coefficient	
	A	B
Equateur	0,00060594	2,01352703
Bas-Congo	0,0004658	2,1340008
Province Orientale	0,0004658	2,1340008
Bandundu	0,00016457	2,29432
Yangambi (2012)	0,0003127	2,06834

Il ressort de ce tableau que, sauf pour le tarif de Bandundu, l'ordonnée à l'origine (coefficient a) du tarif de Yangambi est inférieure à ceux des tarifs des provinces de l'Equateur, du Bas-Congo voir même celui établi en Province Orientale pour l'espèce *Brachystegia laurentii*. Alors que le coefficient a dans presque que tous les cas est inférieur à celui du tarif de Yangambi, la pente de ce dernier (coefficient b) est quant à lui à reste supérieure par rapport à celle des autres provinces (sauf celle l'Equateur). On peut remarquer que dans tous les cas, les différences entre les différents coefficients ne sont pas visiblement grandes surtout en ce qui concerne les pentes (coefficients b).

Il s'en suit probablement que les modèles établis dans les 4 provinces pour l'espèce *Brachystegia laurentii* se rapprochent les uns des autres de par leurs caractéristiques. Par exemple, celui du Bas-Congo peut remplacer celui de la province orientale en général et à quelques chiffres près il est directement comparable au modèle développé dans le cadre de cette étude à Yangambi.

On constate ainsi que les modèles développés en provinces de l'Equateur et Bandundu sont presque particuliers et par conséquent peu comparables entre eux mais aussi avec les modèles des autres provinces (Orientale et Bas-Congo voire Yangambi).

Le tableau 10 : compare les volumes des arbres obtenus a l'aides de tarif locale de la LOWEO avec ceux des autres provinces.

Tableau 12 : comparaison des volumes des arbres obtenus au moyen de différents tarifs de cubage spécifique (Equateur : EQ, Bas-Congo=BC, Bandundu=BDD, Province Orientale=PO, (2012 Yangambi=Ybi).

DHP	TARIF	0	2	3	5	7	8	9
10	BC	0,0634	0,0935	0,1110	0,1506	0,1967	0,2223	0,2494
	BDD	0,0324	0,0492	0,0591	0,0821	0,1094	0,1248	0,1413
	EQ	0,0625	0,0902	0,1060	0,1539	0,1819	0,2041	0,2276
	PO	0,634	0,0935	0,1110	0,1506	0,1967	0,2223	0,2494
	Ybi	0,0365	0,0532	0,0628	0,0845	0,1095	0,1232	0,1378
20	BC	0,2783	0,3411	0,3750	0,4481	0,5281	0,5707	0,6151
	BDD	0,1589	0,1978	0,2190	0,2652	0,3164	0,3440	0,3728
	EQ	0,2523	0,3057	0,3344	0,3955	0,4618	0,4969	0,5333
	PO	0,2783	0,3411	0,3750	0,4421	0,5281	0,5707	0,6151
	Ybi	0,1532	0,1866	0,2046	0,2432	0,2851	0,3074	0,3306
30	BC	0,6612	0,7589	0,8104	0,9188	1,0345	1,0951	1,1575
	BDD	0,4030	0,4073	0,5015	0,5740	0,6590	0,6932	0,7358
	EQ	0,5710	0,6502	0,6918	0,7788	0,8710	0,9191	0,9684
	PO	0,6612	0,7589	0,8104	0,9188	1,0345	1,0951	1,1575
	Ybi	0,3546	0,4052	0,4319	0,4878	0,5472	0,5783	0,6102
40	BC	1,2217	1,3558	1,4256	1,5709	1,7236	1,8028	1,8839
	BDD	0,7798	0,8721	0,9220	1,0217	1,1289	1,1848	1,2422
	EQ	1,0191	1,1243	1,1788	1,2918	1,4100	1,4711	1,5335
	PO	1,2217	1,3558	1,4256	1,5709	1,7236	1,8023	1,8839
	Ybi	0,6430	0,7113	0,7468	0,8204	0,8976	0,9376	0,9785
50	BC	1,9669	2,1387	2,2274	2,4106	2,6015	2,6999	2,8002
	BDD	1,3011	1,4236	1,4872	1,6191	1,7574	1,8290	1,9021
	EQ	1,5971	1,7284	1,7959	1,9350	2,0793	2,1534	2,2288
	PO	1,9669	2,1387	2,2274	2,4106	2,6015	2,6999	2,8002
	Ybi	1,0202	1,1064	1,1509	1,2426	1,3091	1,3865	1,4368
60	BC	2,9025	3,1128	3,2210	3,4431	3,6731	3,7911	3,9111

	BDD	1,9769	2,1314	2,2111	2,3754	2,6345	2,6345	2,7243
	EQ	2,3056	2,4629	2,5436	2,7088	2,8792	2,9664	3,0549
	PO	2,9025	3,1128	3,2210	3,4431	3,6731	3,7911	3,9111
	Ybi	1,4876	1,5920	1,6456	1,7555	1,8691	1,9273	1,9864
70	BC	4,0331	4,2830	4,4109	4,6728	4,9427	5,0807	5,2208
	BDD	2,8157	3,0037	3,1003	3,2986	3,5039	3,6092	3,7163
	EQ	3,1447	3,3282	3,4220	3,6134	3,8100	3,9103	4,0119
	PO	4,0331	4,2830	4,4109	4,6728	4,9427	5,0807	5,2208
	Ybi	2,0464	2,1692	2,2320	2,3603	2,4924	2,5598	2,6282
80	BC	5,3628	5,6530	5,8011	6,1035	6,4140	6,5724	6,7328
	BDD	3,8251	4,0481	4,1622	4,3959	4,6369	4,7601	4,8851
	EQ	4,1148	4,3245	4,4314	4,6490	4,8718	4,9853	5,1001
	PO	5,3628	5,6530	5,8011	6,1035	6,4140	6,5724	6,7328
	Ybi	2,6975	2,8388	2,9109	3,0579	3,2086	3,2854	3,3631
90	BC	6,8953	7,2264	7,3950	8,0904	8,2694	8,2694	8,4505
	BDD	5,0119	5,2711	5,4035	5,9516	6,0934	6,0934	6,2370
	EQ	5,2161	5,4521	5,5721	6,0652	6,0652	6,1918	6,3196
	PO	6,8953	7,2264	7,7387	8,0904	8,0904	8,2694	8,4505
	Ybi	3,4417	3,6018	3,8490	4,0185	4,0185	4,1047	4,1918
100	BC	8,6337	9,0064	9,1959	9,5811	9,9748	10,1748	10,3769
	BDD	6,3824	6,6781	6,8303	7,1384	7,4542	7,6150	7,7778
	EQ	6,4488	6,7112	6,8443	7,1145	7,3900	7,5297	7,6708
	PO	8,6337	9,0064	9,1959	9,5811	9,9748	10,1748	10,3769
	Ybi	4,2799	4,4588	4,5497	4,7344	4,9228	5,0185	5,1151

Le tarif de cubage local de la réserve de yangambi donne des volumes inférieurs aux autres tarifs des provinces.

Néanmoins, le tarif de cubage de Bandundu donne des valeurs qui s'approchent à celles de tarif local de la réserve de Yangambi. Le tarif de cubage de Bas-Congo et de la Province Orientale donne des valeurs trop supérieure aux celles de réserve de yangambi.

IV.2. Biomasse fût et biomasse totale

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

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

Quant à l'espèce retenue dans le cadre de cette étude, il y a peu de données propres et disponibles pouvant servir à estimer la biomasse. La densité étant connue (Rayaes *et al.*, 1992) et le facteur d'expansion de la biomasse (BEF) utilisé 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 étude (à Yangambi), le nombre obtenu par l'une ou l'autre de ces formules (les plus utilisées en Amazonie, en Inde, etc.) fois le nombre de pieds par ha correspondrait à la biomasse aérienne spécifique par ha.

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail avait pour objet l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse de *Brachystegia laurentii* dans la réserve forestière de Yangambi.

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

Les volumes sur pied ont été calculés selon la méthode de cubage par billons successif par la

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

Pour construire ce tarif, nous avons utilisé un échantillon de 113 tiges de *Brachystegia laurentii* non abattus (arbres sur pied) reparti en 10 classes de dhp et ayant un diamètre (dhp) supérieur ou égal à 10 cm.

Les diamètres et les hauteurs fût avaient été mesurés à l'aide du relascope de Bitterlich.

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

Un modèle de cubage dont l'équation est la suivante : $Vol = 0,00031271 \times D^{2.06864}$ (une équation de régression du type puissance) a été développé au cours de l'étude, notre hypothèse est alors confirmée.

Et les tarifs de biomasse respectivement pour la biomasse fût et la biomasse totale des arbres sont: Biomasse fût = $0.10912 \times D^{4.7632}$ et Biomasse totale = $4.7632 \times D^{4.7632}$

Une comparaison basée sur les caractéristiques et paramètres des modèles de cubage établis par la DIAF et celui développé dans le cadre de cette étude révèle que la plupart d'entre eux sont comparables et interchangeable en ce qui concerne l'estimation du volume. C'est le cas par exemple du modèle de l'Equateur et de la Province Orientale qui sont les mêmes et proches à quelques chiffres près du modèle établi dans cette étude.

Il convient de rappeler que ce modèle de cubage de Yangambi n'est qu'un tarif local qui ne s'appliquerait à la rigueur qu'à la réserve forestière de Yangambi pour les diamètres (dhp) allant de 10 à 130 cm. Toutefois, en cas besoin il peut s'appliquer tout de même au niveau de Province Orientale (toute entière) conformément à ce que nous venons d'invoquer ci-haut.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Assumani, A. ; 2006.** Contribution à l'étude structurale de la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* HARMS dans la réserve de Loweo à Yangambi, R.D.C Mémoire inédit F.S.A/UNIKIS, Kisangani P. 72.
2. **Assumani, D.M., 2009.** Bilan dendrométrique de plantations expérimentales de *Pericopsis elata* charms van Mecuwem et *Mille tia laurentii* de Wild installée à Yangambi (RDC) entre 1938 et 1942 MémoireDEA/UNIKIS, P. 119.
3. **ATIBT, 2006.** Formation de forestier amenagiste et de gestionnaire forestier module 2 dendrometrie et topographie Libreville, Gabon, P. 47.
4. **Aubreville, A., 1957.** Echos du Congo Belge, P. 39.
5. **Barigaha, TS., et al, 1998.** Croissances et assimilation nette foliaire de jeunes plantes de dix de la forêt guyanaise, cultivés à cinq niveaux d'éclairément, 681-706.
6. **Biguma, J., 2006.** Contribution à élaboration d'un tarif de cubage de *staud tia stipitata* (= *s kamerunensis/warb* dans la réserve forestique de Loweo (Yangmbi, RDC) Mémoire inédit F.S.A/UNIKIS, P49.
7. **Chauvet, B., 1968.** Tarif de cubage d'estimation du volume sur pied de peuplement de pin « in terre malgache » librairie Hachette Tnanarive, P. 174.
8. **Chevrau, B., 1967.** Tarif de cubae dans la foresterie moderne « une revue forestière Française » N°1, P. 72.
9. **Dagnelie P., 1985.** Tables de cubage des arbres et peuplements forestiers presses agronomiques de Gembloux, Belgique, P. 378.
10. **DIAF, 2009.** Liste des essences forestières de la R.D Congo P.52.
11. **Greenpeace .2010.** Gestion Alternative des conflits forestiers par la société Civile en R.D.C expériences, pratiques et défis. Kinshasa/Gombe, P. 64.
12. **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
13. **Kahindo, M., 2009.** Elaboration de tarif de cubage et de Biomasse pou *gilbertiodendron dewevrei* (Deweild) J. Léonard, *Guarea thompsonii* sprague & Hutch- et scorodo phoeus zen kerri Harms dans la réserve forestière de YOKO (Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire D.E.A/UNIKIS, P. 67.

14. Lejoly, J. Lisowsky, S. et Ndjele, M., 1995. Les plantes vasculaires de la sous région de Kisangani et de la Stopocatalogue Informatisé Doc Polycopie Fac. Sc. ULB, Pp. 136.
15. Lokombe, D. 2004. Caractéristiques et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* en région de Bengamisa, Thèse de Doctorat inédit, IFA/Ya Ngambi, P. 223.
16. Mabiala et al 1981. Normes d'inventaire forestier. Sondage temporaire, SPIAF, Kinshasa P.68.
17. Mabiala et al 1981. Normes d'inventaire forestier. Tarifs de cubages cahier N°3, N°4 SPIAF, Kinshasa.
18. Magazine du Réseau Ressources naturelles de la R.D.C N°8 Mai-Juin 2010, Regadr sur la gestion des ressources naturelles durant les 50 ans d'indépendance.
19. Malongola, J, 2010. Etablissement de tarif de cubage : Gilbertiodendron de wevrei (J. Léonard, Diospyros chyscarpa F. White et diogoazen kerri (enger) exell & Men et de Biomasse pour gilber tiodendron dewe vrei dans la forêt expérimentale R.D Congo/TFC inédit, ISEA/Bengamisa, P. 35.
20. Mate, M., 2002. La précarité de l'exploitation de ressources naturelles renouvelables : cas de la flore de la Province Orientale (R.D Congo) en cette période de guerre et de la recherche de la paix seminaire de l'Université de Kisangani, Pp. 4955.
21. Mate, M., 2011. Ecosystème et gestion des aires protégées, notes du cours, F.S.A/UNIKIS inédit.
22. Ndjango, 1994. Contribution à l'étude floristique de la forêt à *Brachystegia Laurentii* (Deweld) Louis de la réserve Yoko (bloc Nord Ubundu Province Orientale, R.D.C, Mémoire, Fac. SC/UNIKIS inédit.
23. Rondeux, J. et al 1998. Construction de tarif de cubage d'arbres pour l'auneglutineux [*almus glutinon* (L) Gaerth] Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, Pp. 1-11.
24. Rondeux, J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers Presses agronomiques de Gembloux, Belgique : 521 (62-100).
25. Scanell, 1976. Flore végétation de l'afrique tropicale, Gauthier-Villard, Paris 2^e, P. 32
26. Sinafasi, A. & Loyombo, W. 2009. Analyse de l'étude de Woods Hole Research Center réflexion sur les facteurs de la déforestation et de la dégradation en R.D Congo, Journal, P. 19.

27. **Sindani, K, 2009.** Biométrie et Méthode statistique note du cours F.S.A/UNIKIS, inédit.
28. **Tunguni A, 1977.** Tarif de cubage de scorodophoeuszenkeri dans la reserve forestière de la Loweo (Yangambi) Mémoire inédit, IFA/Yangambi.
29. **Umunay, P., 2004.** Contribution à l'étude floristique de la forêt à *Brachystegia Laurentii* (Deweld) Louis de la réserve de la Yoko, Mémoire inédit Fac Sc /UNIKIS.
30. **Vivien, J. et FAURE, J., 1985.** Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale MRE-CD ACCT, Paris, Pp. 30.
31. **W.W.F, 2007.** Biomasse forestière et biodiversité, P. 48.
32. **Zwave, K., 2010.** Caractérisation de l'agriculture itinérante sur-brulis dans le district de la Shopo. Cas de Yangambi et ses environs. Monographie ; FSA/Unikis P54

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique.....	1
0.2 Hypothèse.....	2
0.3 Objectifs du travail.....	2
B. Objectifs spécifiques.....	2
0.4 But du travail.....	3
0.5 Intérêt de l'étude.....	3
0.6 Travaux antérieurs.....	3
0.7 Subdivisions du travail.....	4
PREMIER CHAPITRE : GENERALITES.....	5
I.1 Présentation du milieu d'étude.....	5
I.1.1. Situation géographique.....	5
I.1.2. Climat.....	6
I.1.2.1 Température.....	6
I.1.2.2. Précipitations.....	7
I.1.2.3. Humidité relative.....	7
I.1.3. Sol.....	8
I.1.4 Végétation.....	8
I.1.5. Population.....	9
I.2.1. Habitat et Aire géographique.....	11
I.2.2. Position systématique de l'espèce.....	11
I.2.3. Description botanique.....	12
I.2.4. Propriétés physiques.....	12
I.2.5. Propriétés mécanique.....	13
I.2.6. Usage industriel et traditionnel.....	13
I.3. Tarif de Cubage et tarif de biomasse.....	14
I.3.1.1. Définition.....	14
I.3.1.2. Sortes de tarif de cubage.....	15
a. Tarif de cubage d'arbres (espèce, individu,...).....	15
b. Tarif de cubage des peuplements.....	16

I.3.1.3. Intérêt et zone de validité d'un tarif de cubage	16
I.3.2. Tarif de biomasse	17
DEUXIEME CHAPITRE : MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL	18
II.1. Matériels du travail	18
II.2 Méthodes du travail	18
II.2.1 Echantillonnage	18
II.2.1.1. La taille de l'échantillon	19
II.2.3. Traitement des données	20
II.2.3.1. Préparation des données	20
II.2.3.2. Construction des tarifs de cubage	20
II.2.3.3. Elaboration de tarifs de biomasse.....	22
TROISIEME CHAPITRE : PRESENTATION DES RESULTATS	23
III. 1. Répartition des tiges par classe de dhp.....	23
III. 2. Répartition des tiges par classe de hauteur fût (hf)	24
III.3. Volume fût en fonction du dhp.....	24
III.4. Biomasse fût et Biomasse totale des arbres en fonction du Dhp.....	25
III. 5. Présentation de modèles de régression.....	26
III.5.1. Présentation de modèles des équations de régressions.....	26
III.5.2. Choix de modèle de régression.	26
III.5.3. Equation de cubage et des biomasses.....	26
III.6. Table de cubage.....	29
QUATRIEME CHAPITRE: DISCUSSION DES RESULTATS	30
IV.1. Comparaison du tarif de Yangambi avec ceux d'autres Provinces.	30
IV.2. Biomasse fût et biomasse totale.....	33
CONCLUSION GENERALE	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35

ANNEXES

Données du terrain

No d'ordre	No vrai	Espèce	X (m)	Y (m)	Circ (cm)	Dhp (cm)	ST (m x m)	Hf (m)
1.	280	<i>B. laurentii</i>	199,5	352	31,6	10,06	0,00795032	11,3
2.	254	<i>B. laurentii</i>	174	146	32,2	10,25	0,00825510	11,5
3.	326	<i>B. laurentii</i>	183	82	38,5	12,26	0,01180135	8
	59	<i>B. laurentii</i>	93	138	42,2	13,44	0,01417866	7,5
4.	117	<i>B. laurentii</i>	148	90,5	47,7	15,19	0,01811537	11
5.	328	<i>B. laurentii</i>	179	78	51,5	16,40	0,02111664	12
6.	329	<i>B. laurentii</i>	165	74	51,9	16,53	0,02144594	12,5
7.	263	<i>B. laurentii</i>	178	142	54,1	17,23	0,02330263	13,3
8.	120	<i>B. laurentii</i>	123	88,5	55,2	17,58	0,02425987	15
9.	321	<i>B. laurentii</i>	156	89	55,2	17,58	0,02425987	10,3
10.	159	<i>B. laurentii</i>	126	139	56,5	17,99	0,02541600	12
11.	1	<i>B. laurentii</i>	7	90	58,2	18,54	0,02696847	12,5
12.	221	<i>B. laurentii</i>	164	196	61,8	19,68	0,03040796	11,8
14.	196	<i>B. laurentii</i>	145	192	68	21,66	0,03681529	11,2
15.	174	<i>B. laurentii</i>	105,5	169	70,3	22,39	0,03934785	12,3
16.	266	<i>B. laurentii</i>	155	281	71,3	22,71	0,04047524	12,5
17.	26	<i>B. laurentii</i>	99,7	199,8	74,6	23,76	0,04430860	15
18.	310	<i>B. laurentii</i>	182	100,3	75,1	23,92	0,04490454	55,5
19.	93	<i>B. laurentii</i>	128	58,2	77,8	24,78	0,04819140	15
20.	236	<i>B. laurentii</i>	176	169	78,2	24,90	0,04868822	12,5
21.	127	<i>B. laurentii</i>	148,8	100	79,2	25,22	0,04994140	12
22.	46	<i>B. laurentii</i>	86	145	79,3	25,25	0,05006760	14,5
23.	189	<i>B. laurentii</i>	140	183	84,1	26,78	0,05631218	10,5
24.	202	<i>B. laurentii</i>	138	195,5	88	28,03	0,06165605	16
25.	135	<i>B. laurentii</i>	133	110	89	28,34	0,06306529	13,2
26.	19	<i>B. laurentii</i>	60	215	89,7	28,57	0,06406123	19
27.	250	<i>B. laurentii</i>	183	150	94,7	30,16	0,07140199	10,3
28.	156	<i>B. laurentii</i>	119	137	96,2	30,64	0,07368185	12,5
29.	111	<i>B. laurentii</i>	147	80	99,4	31,66	0,07866529	16
30.	220	<i>B. laurentii</i>	161	198,5	103,9	33,09	0,08594912	14,5
31.	23	<i>B. laurentii</i>	68	202	109,4	34,84	0,09528949	16,3
32.	243	<i>B. laurentii</i>	185	158	116,2	37,01	0,10750350	21,3
33.	139	<i>B. laurentii</i>	138	112	118	37,58	0,11085987	17,3
34.	227	<i>B. laurentii</i>	129	230	119,4	38,03	0,11350605	16
35.	110	<i>B. laurentii</i>	132	80	120,7	38,44	0,11599116	16,3
36.	303	<i>B. laurentii</i>	180	113	121,1	38,57	0,11676123	25,5
37.	186	<i>B. laurentii</i>	102	174	124,6	39,68	0,12360796	15
38.	270	<i>B. laurentii</i>	175	135	125	39,81	0,12440287	13,3

39	315	<i>B. laurentii</i>	154	99,9	125,9	40,10	0,12620072	18,7
40	77	<i>B. laurentii</i>	100	20	127,8	40,70	0,13003854	13,3
41	284	<i>B. laurentii</i>	190	122	134,5	42,83	0,14403065	14,5
42	233	<i>B. laurentii</i>	187	177	137	43,63	0,14943471	17,3
43	339	<i>B. laurentii</i>	185	52	137,9	43,92	0,15140454	19
44	121	<i>B. laurentii</i>	149	94	141,1	44,94	0,15851282	16,5
45	88	<i>B. laurentii</i>	114	60	144	45,86	0,16509554	24,3
46	344	<i>B. laurentii</i>	182	45	145,4	46,31	0,16832134	18
47	232	<i>B. laurentii</i>	159	177	147,6	47,01	0,17345350	15,5
48	142	<i>B. laurentii</i>	145	115	148,3	47,23	0,17510263	11,3
49	238	<i>B. laurentii</i>	175	165	151,7	48,31	0,18322365	18
50	126	<i>B. laurentii</i>	149,7	99	160,8	51,21	0,20586497	17
51	307	<i>B. laurentii</i>	161	104	160,8	51,21	0,20586497	18
52	190	<i>B. laurentii</i>	114	189	161,3	51,37	0,20714721	18,3
53	9	<i>B. laurentii</i>	42,5	166	162,5	51,75	0,21024084	16,5
54	209	<i>B. laurentii</i>	143	210	168,5	53,66	0,22605295	16,5
55	99	<i>B. laurentii</i>	145	65	170,7	54,36	0,23199435	16,3
56	280	<i>B. laurentii</i>	194	125	172,2	54,84	0,23608949	19,5
57	64	<i>B. laurentii</i>	73	130	175,8	55,99	0,24606401	14
58	291	<i>B. laurentii</i>	189	117,5	176,5	56,21	0,24802747	11
59	191	<i>B. laurentii</i>	112	189	179,9	57,29	0,25767524	22,5
60	283	<i>B. laurentii</i>	176	122	185	58,92	0,27249204	18,5
61	276	<i>B. laurentii</i>	193	129	186,1	59,27	0,27574212	14
62	5	<i>B. laurentii</i>	49	132	187	59,55	0,27841561	17,3
63	270	<i>B. laurentii</i>	278	197	189,9	60,48	0,28711791	18
64	40	<i>B. laurentii</i>	39	190	191,4	60,96	0,29167166	13,3
65	193	<i>B. laurentii</i>	126	191	197	62,74	0,30898885	21
66	224	<i>B. laurentii</i>	230	254	200	63,69	0,31847134	15,5
67	249	<i>B. laurentii</i>	195	150	202,3	64,43	0,32583830	14,5
68	100	<i>B. laurentii</i>	103	70,5	202,8	64,59	0,32745096	22
69	253	<i>B. laurentii</i>	189	146	205,5	65,45	0,33622811	20
70	90	<i>B. laurentii</i>	55	223	205,7	65,51	0,33688288	24,3
71	210	<i>B. laurentii</i>	241	215	207	65,92	0,34115446	16
72	61	<i>B. laurentii</i>	30	229	208,8	66,50	0,34711338	19,3
73	234	<i>B. laurentii</i>	104	252	212,1	67,55	0,35817205	18,5
74	353	<i>B. laurentii</i>	204	120	212,9	67,80	0,36087906	12,5
75	112	<i>B. laurentii</i>	181	122	215,4	68,60	0,36940414	18
76	47	<i>B. laurentii</i>	10	205	218,6	69,62	0,38046146	14
77	176	<i>B. laurentii</i>	210	140,5	228,5	72,77	0,41570263	
78	129	<i>B. laurentii</i>	125	102	231,6	73,76	0,42705860	15,3
79	89	<i>B. laurentii</i>	86	226	234,5	74,68	0,43782046	19,5
80	200	<i>B. laurentii</i>	212	206	237,6	75,67	0,44947261	15

81	199	<i>B. laurentii</i>	137	196	238,5	75,96	0,45288416	15,2
82	355	<i>B. laurentii</i>	201,5	122	243	77,39	0,47013535	15
83	244	<i>B. laurentii</i>	141	264	243,3	77,48	0,47129689	14
84	301	<i>B. laurentii</i>	150	189	245,6	78,22	0,48024968	17,5
85	249	<i>B. laurentii</i>	251	260	256,7	81,75	0,52464084	
86	225	<i>B. laurentii</i>	200	188	258	82,17	0,52996815	18
87	162	<i>B. laurentii</i>	131	166	261,9	83,41	0,54611154	9,5
88	37	<i>B. laurentii</i>	75	182	265,4	84,52	0,56080541	17
89	80	<i>B. laurentii</i>	134	47	266,3	84,81	0,56461537	11,8
90	263	<i>B. laurentii</i>	172	290	270,3	86,08	0,58170454	11,5
91	81	<i>B. laurentii</i>	148	47,5	271,2	86,37	0,58558471	15
92	1	<i>B. laurentii</i>	30	124	272,5	86,78	0,59121218	16
93	116	<i>B. laurentii</i>	116	90	272,7	86,85	0,59208033	21,5
94	49	<i>B. laurentii</i>	50,1	151	272,8	86,88	0,59251465	17,3
95	145	<i>B. laurentii</i>	133	125	273,4	87,07	0,59512389	15,2
96	32	<i>B. laurentii</i>	168	280	279,2	88,92	0,62064204	15
97	10	<i>B. laurentii</i>	39	166	280	89,17	0,62420382	12
								18
98	13	<i>B. laurentii</i>	43	177	284,5	90,61	0,64442874	
99	239	<i>B. laurentii</i>	213	278	285,2	90,83	0,64760382	13,2
100	99	<i>B. laurentii</i>	75	205	286,6	91,27	0,65397739	13
101	98	<i>B. laurentii</i>	61	200	293	93,31	0,68351115	7,5
102	231	<i>B. laurentii</i>	186	182	293,5	93,47	0,68584594	16
103	315	<i>B. laurentii</i>	154	152	294,3	93,73	0,68958989	17,3
104	268	<i>B. laurentii</i>	195	138,5	300	95,54	0,71656051	13
105	211	<i>B. laurentii</i>	247	225	300	95,54	0,71656051	17,3
106	87	<i>B. laurentii</i>	75	233	310	98,73	0,76512739	13
								13
107	36	<i>B. laurentii</i>	95	186	321	102,23	0,82039013	Hf (m)
108	295	<i>B. laurentii</i>	175	112	324,5	103,34	0,83837779	11,3
109	311	<i>B. laurentii</i>	175	157,5	353,5	112,58	0,99492237	11,5
110	163	<i>B. laurentii</i>	101	165	363,5	115,76	1,05200836	8
111	128	<i>B. laurentii</i>	137	101,5	374	119,11	1,11366242	7,5
112	144	<i>B. laurentii</i>	130	129	387,4	123,38	1,19489459	11
113	183	<i>B. laurentii</i>	110	192	392,1	124,87	1,22406377	12

Légende

No d'ordre (Colonne 1) = le numéro attribué relativement aux pieds/classe de dhp de 1 à 115

- de 1 à 84 → Dispositif 6 (Henri B.)

- de 85 à 106 → Dispositif 1

- de 107 à 113 → Dispositif 4 (Turumbu village)

No vrai (Colonne 2) = le numéro sur le terrain dans les dispositifs respectifs