

UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION «EAUX ET FORETS»



BP 2012 KISANGANI

ETABLISSEMENT DE TARIFS DE CUBAGE POUR *Gilbertiodendron dewevrei* J. Léonard, *Diospyros chrysocarpa* F.White, Bull et *Diogoia zenkeri* (Engler) Exell & Men. ET DE BIOMASSE POUR *Gilbertiodendron dewevrei* DANS LA FORET EXPERIMENTALE DE BAWOMBI (BENGAMISA, PROVINCE ORIENTALE, RD CONGO)

Par

Jean de Dieu MALONGOLA WANDONGE

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures en Aménagement Durable des Forêts.

Promoteur: Professeur Jean Pierre Lokombe Dimandja (ISEA/Bengamisa)

Co-promoteur : Professeur Quentin Ponette (UCL)

ANNEE ACADEMIQUE 2009 – 2010

AVANT PROPOS

Au terme de notre travail de fin du programme au Master en Aménagement Durable des Forêts, qu'il nous soit permis de rendre grâce à l'éternel Dieu des armées, car sans lui, nous sommes rien ;

Nos sentiments de reconnaissance s'adressent aux Professeurs Dr. Ir. Lokombe Dimandja et Quentin Ponette promoteurs du présent travail, leurs remarques et suggestions nous ont servi d'un guide indispensable;

Nous remercions l'Assistant Ir. Dieu-merci Assumani pour l'encadrement combien efficace de ce mémoire malgré toutes ses occupations et temps imparti;

Nous pensons à toutes les autorités académiques, scientifiques de l'Université de Kisangani en général et celles de la Faculté des Sciences Agronomiques en particulier pour le souci de faire de nous ce que nous sommes;

Nous remercions tous les enseignants belges et locaux qui ont intervenu dans ce programme, leurs formations nous sont utiles pour le présent et dans le futur, qu'ils trouvent ici nos sentiments de gratitude ;

Nos remerciements s'adressent également à tous les collègues apprenants Masters pour une franche collaboration et esprit de travail en équipe;

Que tous ceux enfin, parents, amis et connaissances, d'une manière ou d'une autre nous ont témoigné de leur soutien tant moral que matériel et avec qui nous avons partagé notre joie et peine, trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Ingénieur Jean de Dieu MALONGOLA WANDONGE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1. Caractéristiques des équations de régression pour *Gilbertiodendron dewevrei*

Tableau2. Les modèles de régression pour *Diospyros chrysocarpa*

Tableau 3. Les modèles de régression pour *Diogoia zenkeri*

Tableau4. Les modèles de régression pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

Tableau 5. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Gilbertiodendron*

Tableau 6. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Diospyros*

Tableau 7. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Diogoia*

Tableau 8. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour la biomasse fût

Tableau 9. Résultats relatifs aux trois arbres coupés

Tableau 10. Pourcentage de la biomasse fût et biomasse houppier

Tableau 11. Equations de régression retenues.

Tableau 12. Limites de validité des tarifs construits

Tableau 13. Comparaison de tarif de Bawombi avec ceux des autres provinces et chercheurs pour l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei*.

Tableau 14. Comparaison des paramètres des tarifs de Bawombi avec ceux des autres provinces pour les espèces *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Rondelle collectée sur une tige

Figure 2. Séchage du matériel au laboratoire

Figure 3. Distribution de hauteurs fût en fonction de classes de DHP pour *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 4. Distribution de hauteur fût en fonction de Classe de DHP pour *Diogoia zenkeri*

Figure 5. Distribution de hauteur fût en fonction de classe de DHP pour *Diospyros chrysocarpa*

Figure 6. Volumes de *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 7. Volumes de *Diospyros chrysocarpa*

Figure 8. Volumes de *Diogoia zenkeri*

Figure 9. Biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 10. Evolution de la biomasse fût en fonction de la biomasse houppier

Figure 11. Evolution de la biomasse fût en fonction de la biomasse totale

Figure 12. Courbe de régression pour le cubage de *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 13. Dispersion des résidus réduits des modèles retenus

Figure 14. Courbe de régression pour le cubage de *Diospyros chrysocarpa*

Figure 15. Dispersion des résidus réduits de la régression quadratique

Figure 16. Courbe de régression pour le cubage de *Diogoia zenkeri*

Figure 17. Dispersion des résidus réduits de la régression quadratique

Figure 18. Courbe de régression pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 19. Dispersion des résidus réduits des modèles retenus

Figure 20. Comparaison des courbes de régression des différents sites pour *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 21. Comparaison des courbes de régression des différents sites pour *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*

Figure 22. Comparaison des courbes de régression de biomasse fût des différents sites.

RESUME

L'aménagement forestier durable, la gestion aux échelles locales et régionales des ressources ligneuses et la planification de l'approvisionnement en bois d'œuvre des industries, ne pourront se faire sans connaître la disponibilité en bois des espaces concernés.

Le couplage de résultats d'inventaires forestiers à des tarifs de cubage et/ou biomasse permet d'estimer cette disponibilité. L'élaboration des tarifs de cubage pour *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* et biomasse sèche pour *Gilbertiodendron dewevrei* principalement représentées dans la forêt expérimentale de Bawombi est ici présentée.

Les résultats des tests statistiques montrent que nos tarifs sont différents de ceux des autres régions construits pour les trois espèces étudiées.

Mots clés : *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*, équations de volumes et de biomasse, forêt expérimentale de Bawombi.

ABSTRACT

The sustainable forest management, management at local and regional timber resources and planning for the supply of timber industries, cannot be done without knowing the availability of wood of the concerned areas.

The coupling of forest inventory results to volume tables and / or biomass is used to estimate that availability. The development of volume tables for *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* and *Diogoia zenkeri* and dry biomass for *Gilbertiodendron dewevrei* mainly represented in the Experimental Forest of Bawombi is presented here.

The statistical test results show that our rates are different from those of other regions constructed for the three studied species.

Keywords: *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* and *Diogoia zenkeri* equations of volume and biomass, Bawombi Experimental Forest.

INTRODUCTION

0.1. Problématique

En République Démocratique du Congo, l'utilisation du bois pour la cuisson des aliments, la carbonisation 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.

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 de gérer durablement ces ressources. C'est par ces évaluations quantitatives que les concessionnaires, 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).

La détermination aussi exacte que possible de cette quantité doit donc apparaître comme essentielle à tous les forestiers. Malheureusement ce problème ne semble pas avoir été étudié avec l'urgence qu'il mérite dans le domaine des forêts tropicales, le nombre réduit d'études faites sur cette question témoigne du peu d'intérêt qu'ont pu lui apporter les forestiers sans doute préoccupés par d'autres tâches plus absorbantes (Lanly, 1965).

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 (ou de biomasse) pour toutes les espèces. Et même si l'on peut procéder à l'estimation du volume ligneux sur pied potentiellement aménageable et exploitable, la masse de données à traiter serait énorme alors que les études de volumes et de biomasse ne sont qu'un aspect dans les études de dynamique forestière. Ainsi on peut se limiter à n'élaborer que des tarifs par ordre de priorité, selon les besoins et les objectifs poursuivis par des projets de recherche (Kahindo, 2009).

L'évaluation de la biomasse ligneuse disponible, ou disponibilité, a pour but de fournir une partie de cette information.

Une première étape vers la connaissance raisonnée de la forêt à aménager consiste en effet à recueillir des informations qualitatives et quantitatives par le moyen d'un inventaire forestier (Lanly, 1981 ; Sylla, 1987 ; Parde *et al.* 1988 ; Cibien, 1997).

La forêt de Bawombi étant un site expérimental avec 400 hectares de superficie doit faire l'objet d'un plan d'aménagement intégrant les objectifs de conservation de la biodiversité ainsi que de la régularité de la production. Pour concilier ces objectifs, le plan d'aménagement doit être fondé sur une bonne connaissance des potentialités de la forêt, la gestion soutenue de la ressource. Mais cette forêt n'est pas suffisamment connue et il n'existe généralement pas de plan de production et d'aménagement préalable de ses ressources.

La question qu'on pourra se poser est de savoir s'il existerait une corrélation entre le diamètre à hauteur de la poitrine (DHP) et le volume fût et/ou la biomasse aérienne des arbres dans cette forêt et si nos tarifs seraient précis à estimer nos valeurs de volumes et/ou de biomasse que ceux trouvés par d'autres chercheurs.

C'est dans cette logique que la présente étude souscrit à établir des modèles de cubage du volume commercial (Volume fût) pour trois espèces d'arbres à savoir : *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* et de biomasse de *Gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale de Bawombi. Ces trois essences sont d'une importance capitale pour les usages locaux comme par exemple la carbonisation, la menuiserie, la charpenterie, l'ébénisterie, etc. Elle cherche ainsi à connaître le volume sur pied et vise tout de même à en calculer la biomasse fût et/ou totale de *Gilbertiodendron dewevrei* en partant de ces volumes de bois sur pied et abattus.

0.2. Hypothèses de travail

Nous partons des hypothèses suivantes :

- la corrélation entre les paramètres dendrométriques (DHP) et le volume fût pour les trois espèces et/ou la biomasse aérienne de *Gilbertiodendron dewevrei* serait positive et forte;
- la qualité (ou précision) du tarif serait supérieure à celle trouvée par le SPIAF actuellement DIAF et dans d'autres études.

0.3. Objectifs de travail

0.3.1. Objectif général

Le présent travail se propose d'élaborer les tarifs de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* et le tarif de biomasse de *Gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale de Bawombi.

0.3.2. Objectifs spécifiques

- ◆ Construire les tarifs de cubage à une entrée pour les trois essences de choix dans la forêt de Bawombi ;
- ◆ Construire le tarif de biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei* dans ladite forêt expérimentale;
- ◆ Déterminer les caractéristiques dendrométriques (diamètre, hauteur, volume, biomasse) de ces essences dans notre site expérimental.

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 la 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 (Gaudien, 1996). Bref, si les tarifs de cubage trouvent un écho auprès des 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 bruts c'est-à-dire aux volumes des fûts, de la base de l'arbre à une certaine découpe ou au premier gros défaut. (Meriem et *al.* 1998).

La notion de 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. Subdivision du travail

Hormis l'introduction, le présent travail est constitué de quatre chapitres : le premier parle des généralités sur le milieu d'étude, les tarifs de cubage et de biomasse, technologie et description botanique des espèces étudiées et quelques travaux antérieurs; le deuxième présente les matériels d'étude ainsi que les méthodes de travail ; le troisième est consacré à la présentation des résultats et enfin le quatrième concerne la discussion des résultats.

Une conclusion et quelques suggestions clôturent enfin ce travail.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. Description générale du dispositif

1.1.1. Milieu physique

La forêt expérimentale de Bawombi est située à 34 km sur la route Bengamisa-Yangambi qui rejoint l'axe routier Kisangani-Buta à 52 km de Kisangani au village Yambelo. Les coordonnées géographiques de cette forêt sont : 00°58'08'' latitude Nord et 24°57'34'' longitude Est (Bongo et Nsoo, 1984 cité par Lokombe, 1996). Le site dans lequel nous avons effectué notre plan de sondage se situe entre 00° 59' 33,8'' latitude Nord et 024°57'39,4'' longitude Est.

La forêt de Bawombi jouit du même climat que celui de la région de Bengamisa. D'après Van Wambeke et *al.* 1957, le sol appartient à la série Baombe (A_R) qui correspond aux caractéristiques suivantes : sol du type argilo-sableux et argileux lourd de couleur rouge avec forte rétention d'eau.

Le relief est vallonné et plat. La position à cheval sur une ligne de crête fait que la forêt de Bawombi est sillonnée de part et d'autre par un assez grand nombre des ruisseaux tributaires de la Lubengo au Sud et de la Gula au Nord.

1.1.2. Description de la forêt d'étude

La forêt expérimentale de Bawombi est répartie en 3 formations végétales principales selon Ahuka et *al.* 1985:

- ❖ Forêts primaires à prédominance de *Gilbertiodendron dewevrei*. Cette essence constitue environ 50% des sujets inventoriés et se régénère abondamment sous son propre couvert;
- ❖ Forêts secondaires croissant sur les emplacements des anciens villages et champs;
- ❖ Forêts rivulaires et marécageuses dues à un réseau dense de ruisseaux.

La forêt expérimentale de Bawombi dont la superficie est de 400 hectares fût jadis une partie intégrale de la réserve floristique de l'INERA qui s'étendait sur 220.000 hectares.

Elle fût concédée à l'Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques en sigle ISEA/Bengamisa plus particulièrement à la section des Eaux et Forêts depuis l'année académique 1977-1978 afin d'effectuer des travaux pratiques et des recherches (Lokombe, 1996).

La photo-interprétation et la cartographie forestière de la forêt expérimentale de Bawombi ont été établies par Sayongo (1982) cité par Lokombe, 1996.

Elles permettent de préciser les superficies des 3 strates :

- 21,8 hectares de forêts marécageuses soit 5,46% de la superficie totale ;
- 20,3 hectares de forêts secondaires soit 5,07% de la superficie totale ;
- 354,3 hectares de forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* soit 89,47% de la superficie totale.

Les forêts denses humides sempervirentes sont dominées par le *Gilbertiodendron dewevrei*. Les forêts secondaires jeunes sont colonisées par les essences telles que *Musanga cecropioides*, *Harungana madagascariensis*, *Xylopia sp* et *Trema orientalis*. Les forêts marécageuses des petits tributaires sont marquées par les essences ci-après : *Coelocaryon botryoïdes*, *Dichostema glaucenscens*, *Entandrophragma palustre* et *Uapaca guineensis*.

1.2. Tarif de cubage et de biomasse

1.2.1. Tarif de cubage

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 caractéristiques 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 (ou formules) qui estiment le volume moyen d'un arbre («variable dépendante») en fonction de certaines caractéristiques (notamment du DHP et de hauteur) et qui dérivent d'analyses statistiques de régression. (Lichnerowicz, 1971). 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 diamètres) à des volumes fûts des arbres sur pied, à partir des variables mesurées. Les tarifs de cubage ne sont applicables que dans la zone d'étude, pour les essences ainsi que les classes de diamètre retenues par l'échantillon d'arbres 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.

1.2.2. 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 caractéristiques dendrométriques faciles à mesurer, comme le diamètre à hauteur d'homme ou la hauteur.

La biomasse est généralement définie 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 1997, Delpech et al, 1985 cité par Njoukam, 1995) à un moment donné, exprimée en kg/ha. La biomasse épigée est quant à elle la masse de la partie ligneuse (tronc, écorce, branches, brindilles, feuilles, etc.) des arbres, vivants ou morts, des arbustes et des buissons, à l'exclusion de la souche et des racines (Guitet, 2007).

D'après la FAO (2000) c'est la quantité totale de matière organique aérienne présente dans les arbres exprimée soit en tonnes 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 à un niveau régional ou national*. Dans bien des cas, l'estimation de la biomasse est basée sur le diamètre à hauteur d'homme (DHP).

Selon les études de Brown (1997) et pour la plupart des forêts ou formations végétales, le diamètre minimum à partir duquel les arbres sont pris en compte dans l'estimation de la biomasse est fixé à 10 cm: la prise de hauteurs des arbres reste facultative (Brown, 1997 ; Kumiatus et al. 2001).

1.3. Présentation des espèces : Technologie et description botanique

1.3.1. *Gilbertiodendron dewevrei* J. Léonard

Nom Pilote: Limbali; Famille: Fabaceae (gousse); Classe: Caesalpinioideae (stipule) Ordre : Fabales; Distribution: En peuplement pratiquement purs (parfois sur plusieurs hectares voire dizaines d'hectares); avec régénération abondante, dans les fonds des vallées ni inondés ni marécageux, sur leur pente ou au voisinage. Classe II. c.à.d. connue sur le marché international du bois et exploité au Congo mais ne fait pas encore l'objet d'une demande accrue sur le marché extérieur. Néanmoins elle répond déjà à suffisance aux besoins des consommateurs locaux à cause de la grande disponibilité qu'elle laisse entrevoir et présente un intérêt économique certain pour une promotion à court terme sur le marché international. SPIAF, 2007.

Diamètre minimum d'exploitation (DME): 60 cm et un accroissement annuel moyen AAM: 0,4 cm/an.

Répartition en Afrique: L'aire de répartition prend les pays suivants : Nigeria, République Centrafricaine, la R.D.Congo en passant par le nord-est du Gabon. Base cylindrique; Fût droit et cylindrique, bas branchu; Hauteur recoupe: jusqu'à 20 mètres; Diamètre maximale: 3 mètres.

Fruits: gousses plates, ligneuses (15- 30 X 6-9 cm) brunâtre, ridées transversalement, avec un des bords marqué d'un côté, revêtu de poils denses très courts. Ses bonnes résistances mécaniques et sa durabilité naturelle lui assurent une large gamme d'utilisations : charpenterie, menuiserie extérieure. Vivien et Faure, 1985.

1.3.2. *Diospyros chrysocarpa* F. White, Bull

Le *Diospyros chrysocarpa* est de la Famille des Ebenaceae, Genre Diospyros L. Son nom vernaculaire est Liaala, Liaala la libande (Turumbu) ; Ngirotche (Kisongola). Classe IV, c.à.d. jusqu'ici ignoré des utilisateurs, ce qui ne signifie pas qu'elle n'a aucune valeur économique mais simplement des études anatomiques et surtout technologiques ne sont pas encore entreprises et même quand ces dernières sont déjà amorcées, les résultats ne sont pas encore rendus disponibles. DME: 60 cm, AAM: 0.5 cm/an. SPIAF, 2007. Arbre pouvant atteindre 15 mètres de haut ; écorce noirâtre. Feuilles chartacées (souples et brillant sur les 2 faces), brun rougeâtre mat à l'état sec, plus claires en dessous, limbe elliptique lancéolé, cunéé à la base, subacuminé au sommet, de 8-12 cm de long et 2-4-5 cm de large, glabre en dessous à l'exception de quelques minuscules poils striguleux principalement sur les nervures. Fruits largement coniques ou subglobuleux, de 3 X 3.5 cm, jaunes, verruculeux, pubérulents-striguleux, calice fructifère non accrescent. Graines 6 ou moins par avortement, de 22 X 14 X 8 mm, brun foncé, à endosperme profondément ruminé.

Distribution. R.D.Congo: Forestier Central (Yangambi: Bolema 239, Louis 3701; Yangambi-Ngazi, km 8: Louis 782, Yangambi-Bengamisa, km 21: Louis 2533, Yalibwa : Louis 13253, Pangi : Michelson 341). Habitat: Forêts denses ombrophiles de terre ferme (White, 1987).

1.3.3. *Diogoia zenkeri* (Engler) Exell & Men.

L'espèce est de la Famille des Strombosiaceae, Genre Strombosia. Le nom vernaculaire est Ekoba, Ekobeu, Olombang (Yaoundé), Aubreville et *al.* 1973. Classe IV, DME: 60 cm, AAM: 0.5 cm/an. SPIAF, 2007. Arbre atteignant 30m de haut. Feuilles alternes, pétiolées ; limbe coriace, oblong-lancéolé, atteignant 30 (-40) cm de long, acuminé au sommet, révoleté sur les bords, glabres, inflorescences axillaires, très petites, en fascicules pauciflores.

Fleurs pédicellées, 5-mères, jaunâtres, atteignant 6mm de long. Fruits drupacés, globuleux, atteignant 5cm de diamètre. Lejoly et *al*, 2010. *Diogoa zenkeri* est un petit arbre du sous étage de la forêt dense humide

Habitant : Forêts denses. Distribution : Son aire s'étend du Nigéria à l'Angola et en R.D.Congo. Bois brun jaune ; mi-lourd, dur ; à grain grossier et les fruits sont comestibles. Arbre moyen à fût droit et cylindrique atteignant 1m de diamètre ; cime large et dense (Tailfer, 1989).

1.3.4. Quelques études réalisées

Il y a une multitude de travaux portant sur le cubage d'arbres et de peuplements, nous citerons ici quelques uns:

Ahuka en 1976 a travaillé sur le tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild en forêt naturelle (km 16 route de Buta);

En 1981 Mabiala travaillant sur les normes d'inventaire forestier, 3 n° 1, 3 et 4. Tarif de cubage SPIAF Kin. ;

Dagnelie en 1985 mène une étude sur la table de cubage des arbres et des peuplements forestiers ;

Lokombe en 2004 a abordé les caractéristiques dendrométriques et stratégies d'aménagement des forêts denses humides en *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de Bengamisa. Il a établi des tarifs pour cette espèce en forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Quant à la biomasse, peu d'informations sont disponibles pour les forêts tropicales africaines (Chave et *al*. 2005).

En Afrique centrale, des travaux sur les stocks de biomasse ont toutefois été réalisés dans des plantations (Saint-André et *al*. 2005 ; Bernard-Reversat et *al*. 1993 ; Deans et *al*. 1996 ; Dans les zones sèches d'Afrique, c'est-à-dire au Sahel dans l'hémisphère nord et dans les forêts à Miombo dans l'hémisphère sud, la problématique bois énergie est ancienne et de nombreuses études sur la biomasse (qui est le paramètre le plus important pour le bois de feu) des arbres ont été menées (Poupon, 1980 ; Fuwape et *al*. 2001 ; Gourlay, 1996 ; Tietema, 1993).

Kahindo en 2009 a élaboré des tarifs de cubage et biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch et *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de la Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC).

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

Pour l'exécution des travaux sur terrain, nous nous sommes servi de deux types de matériel : Biologique et Technique.

2.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour la réalisation de ce travail est défini en termes d'espèces végétales. Dans la forêt expérimentale de Bawombi, le choix a porté sur trois espèces à savoir: *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*.

2.1.2. Matériel technique

Le type d'équipement requis dépend du type de mesure à prendre et la liste qui suit contient la plupart de matériel utilisé, à savoir :

- ◆ Machettes, limes pour l'ouverture du transect (layon);
- ◆ Relascope de Bitterlich à bandes larges pour prélever les diamètres (Diamètre à hauteur de la poitrine, diamètre médian et diamètre au fin bout) et les hauteurs (hauteurs fût, hauteurs totales) sur les arbres debout;
- ◆ GPS et boussole pour donner les coordonnées géographiques et l'orientation des transects;
- ◆ Rubans diamétriques pour prendre les diamètres sur les arbres abattus;
- ◆ Ruban métrique à fibre d'acier 50m pour mesurer les distances ;
- ◆ Peintures pour marquage des arbres, fiches de terrain, stylos, crayons, gommes ;
- ◆ Scie à chaîne et scie à main pour couper les arbres et collecter les échantillons (rondelles) ;
- ◆ Balance de 100kg et 6kg pour la pesée des billons et rondelles
- ◆ Balance de précision de 5kg pour la pesée des rondelles lors du séchage ;
- ◆ Etuve pour le séchage d'échantillons ;
- ◆ Quelques logiciels de traitement des données : Excel et SPSS.

2.2. Méthodes

2.2.1. Inventaire complet

Pour la récolte des données, nous avons procédé par un inventaire pied par pied. Lors de cet inventaire, il était question de parcourir la forêt à la recherche de nos trois espèces.

A chaque 50m le long du layon de base (1000 m), nous avons placé un layon secondaire de 25 mètres de largeur à gauche et l'autre à droite long de 100 m, ceux-ci ont couvert une superficie de 20 hectares.

2.2.2. Sélection et caractérisation des arbres-échantillons

a. Arbres debout

Les arbres pris pour l'établissement des tarifs ont été choisis de manière à optimiser la qualité de la régression, en répartissant l'échantillonnage sur l'ensemble des classes de diamètre rencontrées. Pratiquement, sur terrain nous avons tenu compte des différentes dimensions de grosseurs et de hauteurs des arbres pour sélectionner un arbre et le nombre de tiges pour chaque espèce est de 30 au minimum comme cela est exigé pour le cas d'un peuplement. Mais pour la construction des tarifs proprement dit, nous avons sélectionné 30 tiges de *Gilbertiodendron dewevrei* et 15 tiges pour chacune des autres espèces. Sur chaque arbre-échantillon, les caractéristiques suivantes nous ont été utiles pour prédire le volume: les diamètres à hauteur de poitrine; les diamètres médian; les diamètres au fin bout et les hauteurs (du fût et totales).

La deuxième étape fondamentale consistait à sélectionner parmi les tiges inventoriées, trois pieds de *Gilbertiodendron dewevrei*. Ces trois tiges ont été sélectionnées en considérant une tige de petite dimension (14 cm de DHP), une tige moyenne (44 cm de DHP) et une grosse tige (62 cm de DHP) qui nous ont servi à confronter nos estimations du volume de tronc sur les arbres debout, à celles obtenues sur les arbres abattus.

b. Arbres abattus

b.1. Détermination du volume

Pour déterminer le volume sur un arbre abattu non pesé, nous avons pris à l'aide d'un ruban diamétrique pour chaque billon les caractéristiques suivantes: diamètre au gros bout, diamètre médian, diamètre au fin bout et la longueur du billon; ensuite nous avons appliqué la formule de Newton Simpson pour déterminer son volume. Pour les billons pesés, après avoir trouvé son poids en kilogramme, nous avons récolté une rondelle par billon et mesuré son diamètre et sa longueur, et ensuite nous avons estimé la densité verte de chaque billon par le rapport poids frais de rondelles sur le volume de la même rondelle à l'état frais (Annexe 9). Le volume pour chaque billon a été prédit par le rapport entre le poids frais et la densité verte. Enfin le volume total pour une tige a été obtenu par la somme des volumes des billons correspondants.

b.2. Détermination des biomasses

Une fois l'arbre était abattu et couché au sol, nous avons compartimenté la biomasse aérienne par catégories: fines branches (diamètre ≤ 8 cm), grosses branches (diamètre > 8 cm) (houppier), tronc (fût). On divisait virtuellement la tige en 3, 4 ou 5 billons et on mesurait les diamètres de chaque billon (diamètre au gros bout, au milieu et au petit bout du billon). Le volume pour chaque billon a été obtenu en utilisant la formule de Newton Simpson; la biomasse fraîche était obtenue par le produit du volume et de la densité verte du billon et enfin la biomasse fraîche totale par tige a été obtenue par la somme des biomasses des billons et branches correspondants (Annexe 10). Pour ce qui concerne la biomasse sèche, on a pu prélever les rondelles pour chaque billon et pour les branches, et ces rondelles étaient séchées à l'étuve à une température de 65°C pour obtenir le rapport poids sec (65°C) et poids frais des rondelles (Annexe 9). Quant aux autres compartiments (petites branches, rameaux), nous avons pris soins de peser toute la biomasse pour chaque arbre modèle et prélever les échantillons destinés au laboratoire (peser en état vert et sécher, puis repesé). La biomasse sèche était obtenue par le produit de la biomasse fraîche et du rapport poids sec (65°C) sur poids frais de la rondelle. Enfin la biomasse sèche totale par arbre est obtenue par la somme des biomasses sèches des billons et branches correspondants.

2.2.3. Construction des tarifs

a. Tarifs de cubage

La construction d'un tarif de cubage s'appuie sur plusieurs méthodes dont la méthode directe ; graphique et mathématique. Les deux premières méthodes sont actuellement remplacées par la méthode mathématique où ce tarif se présente sous forme d'équation résultant de l'application de la méthode statistique de régression, Otomabongaa, 2007 cité par Malongola, 2008.

Dans l'élaboration des tarifs de cubage, les différentes étapes de calcul concernent le calcul des volumes individuels des arbres à partir des données récoltées sur le terrain; la sélection des équations exprimant les volumes en fonction des variables explicatives (DHP, Dm, Dfb, hauteur du fût ou hauteur totale, etc.); l'ajustement des équations aux données observées et enfin la construction des tables de cubage (Thibaut et *al.* 1998). La hauteur fût dans ce cas se définit comme la partie de la tige de l'arbre dont la base de la cime constitue la découpe supérieure et la souche la découpe inférieure (si l'arbre ne présente pas de déformation à la base, la découpe inférieure se situe au ras du sol), CTFT, 1989.

- **Calcul des volumes individuels**

Les volumes individuels pour les arbres debout ont été calculés par la formule de cubage de Huber. Cette formule se présente comme suit : $V = \pi / 4 \cdot (D_m^2) \cdot L$

Où L= longueur du fût, D_m = diamètre médian et $\pi= 3.14$.

Pour les arbres coupés, nous avons utilisé la formule de Newton Simpson qui se présente de la manière suivante : $V= L/24\pi (D_{gb}^2 + 4D_m^2 + D_{fb}^2)$ Où L: longueur du billon, D_{gb} : Diamètre au gros bout, D_m : Diamètre médian et D_{fb} : Diamètre au fin bout.

- **Choix des équations de régression**

Le choix se fait par une analyse des résidus. Le R^2 (coefficient de détermination) est également un indicateur important pour juger la qualité de la régression. Plus il est proche de 1, meilleure est la régression (Mabiala, 1981), le coefficient est toujours ≥ 0 (Bar-Hen ,1998) ; Cependant, le coefficient R^2 (coefficient de détermination) n'est pas le seul facteur pour le choix d'un modèle, il a fallu pousser les analyses, en procédant à d'autres tests statistiques : Ecart-type résiduel, Coefficient de variation résiduel, etc.

b. Tarifs de biomasse

A partir des mesures prises pour chaque arbre, la relation entre biomasse et diamètre est établie à l'aide des «courbes de tendance» (fonctions «puissance et exponentielle»), de la forme $Y= a.X^b$ et $Y= a.e^{bx}$ sont appliquées à chaque nuage de points construit pour *Gilbertiodendron dewevrei*. Elles correspondent à une régression linéaire par la méthode des moindres carrés avec une équation du type $\ln(y)= \ln(a) + b.\ln(X)$ et $\ln(y)= b.X + \ln(a)$. Ces modèles ont été préférés aux autres car ils donnaient un coefficient de détermination $R^2 > 0,8$. On obtient ainsi pour chaque compartiment (biomasse exportée) une relation du type:

$$\text{Biomasse fût} = a.X^b \text{ et Biomasse fût} = a.e^{bx}.$$

Où a et b sont des constantes déterminées pour chaque compartiment et X le DHP.

Les équations ainsi obtenues permettent, à partir de mesures de diamètres prises sur un arbre, de prédire la masse de bois correspondant.

2.2.4. Choix des espèces

Deux facteurs ont guidé le choix des espèces pour lesquelles ont été établis les tarifs:

(1) En plus leur abondance à l'échelle du site, elles sont aussi exploitables (localement); (2) Egalement, des démarches scientifiques sur leur répartition spatiale, caractéristiques dendrométriques, anatomiques voire tarifs de cubage sont nécessaires pour un aménagement durable et leur commercialisation future.

2.2.5. Séchage de matériel au laboratoire

La dernière étape de récolte des données consistait au séchage de matériel au laboratoire. Nos échantillons étaient séchés dans le laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. L'étuve utilisée appartenait à la Faculté des Sciences Agronomiques de ladite Université. Les échantillons du bois étaient séchés à la température de 65°C. Dans tout le cas, on pesait régulièrement les échantillons jusqu'au poids constant. Les poids individuels de ces échantillons sont repris en Annexe 7.

Les deux figures qui suivent montrent l'exemple d'une des rondelles que nous avons prélevé et comment se faisait le séchage au laboratoire.



Figure2.Rondelle récoltée sur une tige



Figure3.Séchage du matériel au laboratoire

2.2.6. Transformation des données brutes.

La transformation des unités relascopiques en diamètre et hauteur fût et/ou totale s'est effectuée par les formules ci-après:

a) Pour le diamètre: $d = 2 u a$. Où d: diamètre; u: unité relascopique, a: distance horizontale séparant l'observateur de l'arbre.

b. Pour la hauteur: Etant donné qu'en utilisant le relascope de Bitterlich, l'œil de l'observateur était plus haut que le pied de l'arbre. Nous avons considéré dans ce cas la formule suivante :

$$Ht \text{ (ou } Hf) = Ls - Li$$

Où Ht: hauteur totale ; Hf: hauteur fût, Ls: lecture du point supérieur de mesure de l'arbre et Li: lecture inférieure du point de mesure à la base de l'arbre.

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS

3.1. Relation entre les classes de DHP et hauteur de fût

La relation entre les classes de DHP et hauteur de fût est présentée dans les figures ci-dessous pour les espèces étudiées.

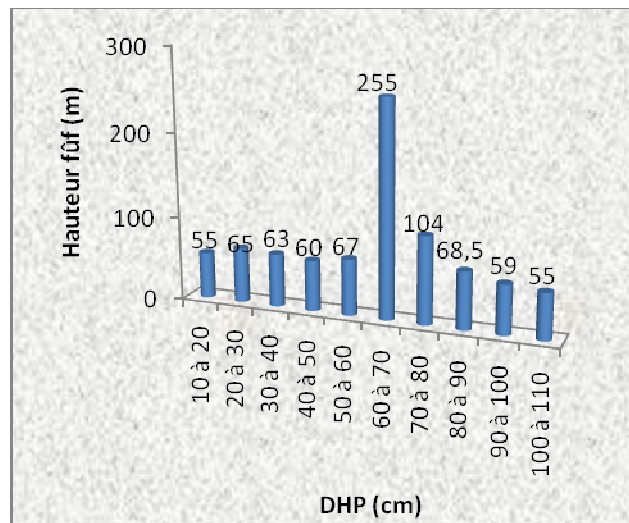


Figure 3 : Distribution de hauteurs fût en fonction de classes de DHP pour *Gilbertiodendron dewevrei*

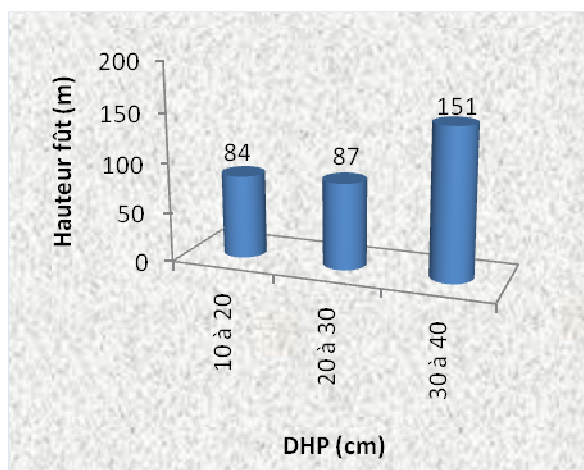


Figure 4 : Distribution de hauteurs fût en fonction de classes de DHP pour *Diogoia zenkeri*

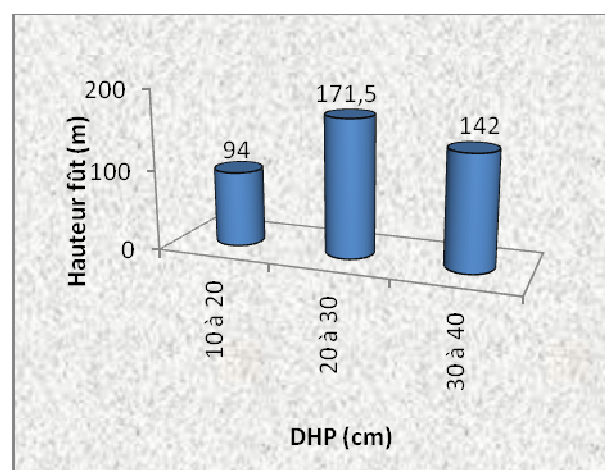


Figure 5 : Distribution de hauteurs fût en fonction de classes de DHP pour *Diospyros chrysocarpa*

Il se dégage de ces figures que la relation entre le DHP et la hauteur est proportionnelle. Pour le *Gilbertiodendron dewevrei*, les fûts sont plus hauts dans la classe 6 c'est-à-dire des arbres de 60 à 70 cm de DHP alors que les classes 1 et 10 ne comptent que 55 mètres des hauteurs fût en se référant à la somme des valeurs. Pour le *Diospyros chrysocarpa*, les tiges de la deuxième classe c.à.d. variant entre 20 et 30 cm de DHP ont des fûts longs que les autres et enfin pour *Diogoia zenkeri* les arbres variant entre 30 et 40 cm de DHP contiennent des fûts longs que les deux premières classes (Annexe 3).

3.2. Volume et biomasse du fût des arbres échantillonnés

Les figures qui suivent donnent les volumes et biomasses individuels de chaque espèce pour les tiges retenues dans l'élaboration des tarifs (Annexes 4 et 8).

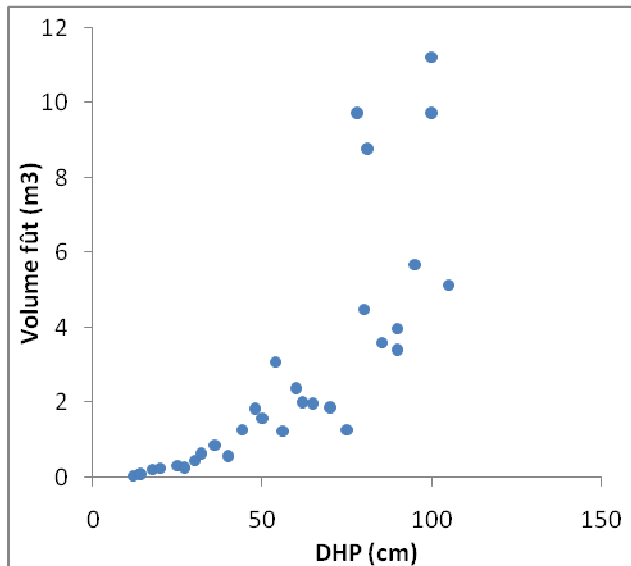


Figure 6. Volumes de *Gilbertiodendron dewevrei*

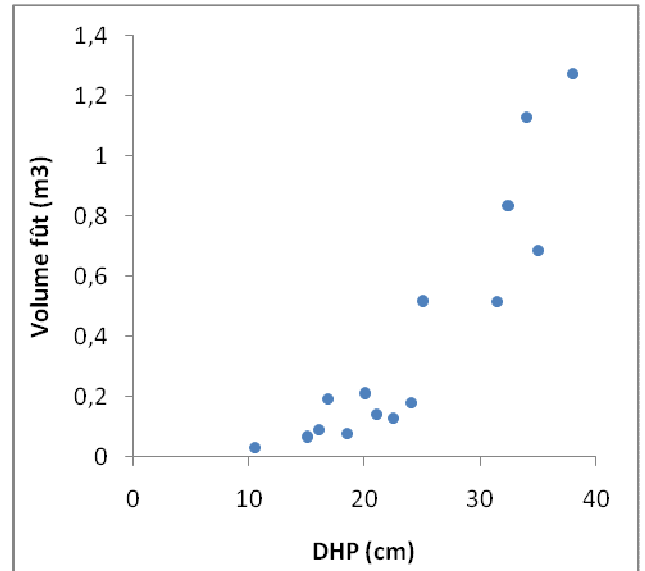


Figure 7. Volumes de *Diospyros chrysocarpa*

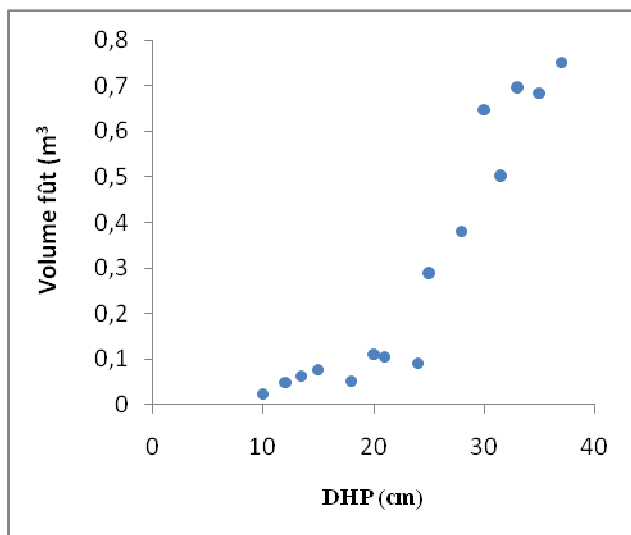


Figure 8. Volumes de *Diogoia zenkeri*

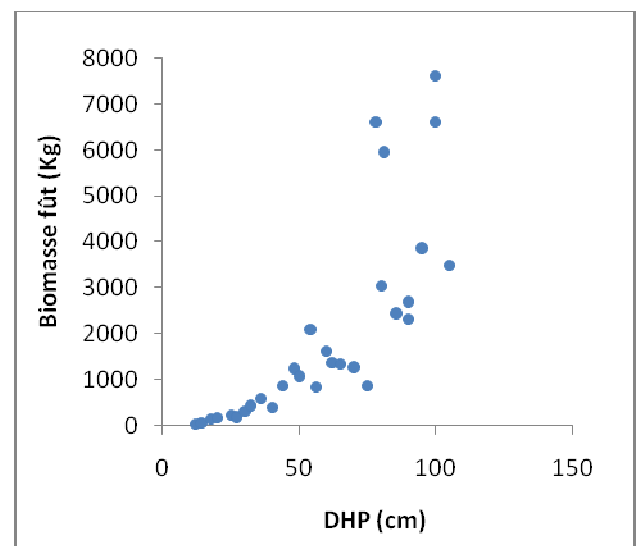


Figure 9. Biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

L'analyse de ces quatre figures montre que, plus le diamètre d'un arbre augmente, le volume du fût et/ou la biomasse du fût a aussi tendance à augmenter.

3.3. Etablissement des tarifs.

A partir de la relation de DHP (cm) avec le volume fût (m³) et/ou biomasse sèche fût (Kg) (Annexes 4 et 8), nous avons pu ajuster cinq modèles de régression après linéarisation par régression linéaire des modèles puissance et exponentiel.

Les tableaux 1, 2, 3 et 4 donnent les caractéristiques des équations de régression pour le cubage de nos trois espèces et pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*.

Tableau1. Caractéristiques des équations de régression pour *Gilbertiodendron dewevrei*

Eléments	Linéaire	Logarithmique	Quadratique	Puissance	Exponentiel
N	30	30	30	30	30
a	-2,133%	-11,215	0,0839	0,0002	0,0962
b	0,087	3,6193	-0,0131	2,2268	0,0462
C			0,0009		
I.c	2,9±0,7	2,9±0,82	3±0,68	2,2±0,76	2,9±0,81
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R ²	0,61	0,49	0,65	0,91	0,84

Tableau2. Les modèles de régression pour *Diospyros chrysocarpa*

Eléments	Linéaire	Logarithmique	Quadratique	Puissance	Exponentiel
N	15	15	15	15	15
a	-0,6445	-2,4814	0,3637	0,00003	0,0114
b	0,0437	0,9259	-0,047	2,8609	0,1266
C			0,0018		
I.c	0,4±0,08	0,4±0,11	0,39±0,07	0,34±0,08	0,39±0,07
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R ²	0,81	0,7	0,89	0,88	0,89

Tableau 3. Les modèles de régression pour *Diogoia zenkeri*

Eléments	Linéaire	Logarithmique	Quadratique	Puissance	Exponentiel
N	15	15	15	15	15
a	-0,3934	-1,481	0,1545	0,00002	0,0065
b	0,029	0,5737	-0,0247	2,8443	0,1356
C			0,0011		
I.c	0,28±0,05	0,28±0,07	0,26±0,04	0,21±0,07	0,28±0,06
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R ²	0,83	0,73	0,90	0,88	0,90

Tableau4. Les modèles de régression pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

Eléments	Linéaire	Logarithmique	Quadratique	Puissance	Exponentiel
N	30	30	30	30	30
a	-1451,4	-7630,5	57,107	0,1601	65,429
b	59,238	24662,6	-8,8961	2,2268	0,0462
C			0,5883		
I.c	1.988,35 ± 490,1	88.700,82 ± 32.596	1.988,09 ± 466,29	1.786,33 ± 477,	1.982,20 ± 551,2
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R ²	0,61	0,49	0,65	0,91	0,84

Où I.c : Intervalle de confiance et p : probabilité.

En pratique, un coefficient de détermination $\geq 0,8$ dénote une bonne régression (MABIALA, 1981).

L'analyse de ces tableaux montre que pour le *Gilbertiodendron dewevrei*, les modèles puissance et exponentiel ont donné un coefficient de détermination (R^2) $\geq 0,80$ soit respectivement 0,91 et 0,84. Donc ces modèles sont bons pour la construction de tarif de cubage. Pour *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*, les modèles linéaire, quadratique, puissance et exponentiel ont donné un $R^2 \geq 0,80$ mais le modèle linéaire ne convient pas car il donne certains volumes négatifs (Annexe 7). Les modèles restant ayant donné un $R^2 > 0,8$ sont premièrement retenus pour le cubage. Enfin pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei* c'est la même situation que pour le cubage de la même espèce où les modèles puissance et exponentiels ont donné un $R^2 > 0,80$. Le constat que nous pouvons encore faire est qu'au seuil de 0,05 (α) c'est-à-dire à un intervalle de confiance (I.c) de 95%, l'hypothèse nulle « il n'existe pas de corrélation entre le DHP et le volume et/ou biomasse » est rejetée, car la différence entre p et α est très significative pour tous les modèles testés ($0,000 \ll 0,05$). Donc, il existe une forte corrélation entre le DHP et le volume fût et/ou biomasse fût.

3.3.1. Analyse résiduelle.

Pour apprécier la qualité de l'ajustement des équations testées, nous avons fait recours aux paramètres statistiques suivants selon Thibaut et al. 1998: le coefficient de détermination (R^2), l'écart-type résiduel (ECTR) et le coefficient de variation résiduelle (CVR). En nous basant sur les critères illustrés par Njoukam (1995) qui stipule que pour retenir un modèle d'équation de régression qui fera l'objet du tarif de cubage, il faut choisir l'équation ou modèle qui présentera un coefficient de détermination (R^2) élevé et un coefficient de variation résiduel (CVR) faible.

Les tableaux 5, 6, 7 et 8 donnent les écarts-types résiduels et les coefficients de variation résiduelle pour les modèles retenus premièrement en vue de les départager et rester avec un seul qui fera l'objet de la construction du tarif proprement dit.

Tableau 5. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Gilbertiodendron dewevrei*

EQUATIONS	PARAMETRES
$Y=0,0002.X^{2,2268}$	ECTR = 2,09 m ³ CVR = 71,74 %
$Y=0,0962 e^{0,0462X}$	ECTR = 2,21 m ³ CVR = 75,94 %

Tableau 6. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Diospyros chrysocarpa*

EQUATIONS	PARAMETRES
$Y= 0,0018X^2-0,047X + 0,3637$	ECTR= 0,13 m ³ CVR= 33,45 %
$Y=0,00003 X^{2,8609}$	ECTR = 0,16 m ³ CVR = 40,62 %
$Y=0,0114 e^{0,1266X}$	ECTR= 0,14 m ³ CVR = 35,35 %

Tableau 7. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour *Diogoa zenkeri*

EQUATIONS	PARAMETRES
$Y=0,0011X^2-0,0247X+ 0,1545$	ECTR = 0,31 m ³ CVR = 4,66 %
$Y=0,00002 X^{2,8443}$	ECTR = 0,48 m ³ CVR = 7,28 %
$Y=0,0065 e^{0,1356X}$	ECTR= 0,40 m ³ CVR = 6,09 %

Tableau 8. Ecart type résiduel, Coefficient de variation résiduelle pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

EQUATIONS	PARAMETRES
$Y = 0,1601 \cdot X^{2,2268}$	ECTR = 1307,02 Kg
	CVR = 0,06 %
$Y = 65,429 e^{0,0462X}$	ECTR = 1509,61 Kg
	CVR = 0,07 %

3.3.2. Résultats des trois arbres abattus sur le volume et la biomasse

Pour la validité de nos tarifs sur *Gilbertiodendron dewevrei*, il nous a paru utile de faire figurer les volumes et les biomasses de nos trois tiges abattues.

Le tableau suivant donne les valeurs relatives aux trois arbres coupés (Annexe 5)

Tableau 9. Résultats relatifs aux trois arbres coupés

DHP (cm)	Volume fût (m ³)	Volume houppier(m ³)	Volume totale(m ³)	Biomasse fût (Kg)	Biomasse houppier(Kg)	Biomasse totale(Kg)
14	0,11	0,1	0,21	77,34	54,28	131,62
44	0,63	0,92	1,55	561,53	382,32	943,85
62	0,82	1,4	2,22	860,54	984,96	1.845,5
Total	1,56	2,42	3,98	1.499,41	1.421,56	2.920,97

L'analyse du tableau 9 montre que les mesures prises au relascope de Bitterlich surestiment le volume fût et/ou la biomasse dont les mesures ont été prises au ruban diamétrique.

Car on observe que les volumes et/ou biomasses fût trouvés sur les arbres abattus sont inférieurs dans la plus part de cas à ceux trouvés par les estimations.

Pour la tige de 14 cm de DHP, on remarque que le volume fût estimé est de 0,085 m³ alors que ce même arbre coupé donne un volume fût réel de 0,11m³, la tige de 44 cm de DHP estime le volume fût à 1,27m³ et le volume réel donne 0,63 m³ et la tige de 62 cm de DHP est estimée à 1,99 m³ du volume mais le volume réel sur arbre abattu donne 0,82 m³.

Quant à la biomasse, on remarque aussi une sous-estimation pour la tige de 14cm de DHP où la biomasse fût est estimée à 58,19 Kg alors que la biomasse sur arbre abattu est de 77,34 Kg, alors qu'on observe une situation contraire quant aux tiges de grosses dimension, la tige de 44cm de DHP estime la biomasse fût à 865,70 Kg alors que la biomasse fût réelle est de 561,53 Kg et enfin pour la tige de 62 cm de DHP la biomasse estimée est de 1356,9 Kg mais la vraie valeur est de 860,54 Kg. Donc, les mesures prises au relascope de Bitterlich surestiment l'évaluation des volumes et des biomasses fût dans le cadre de cette étude.

3.3.2.1. Evolution du rapport entre la biomasse fût et la biomasse houppier puis entre la biomasse fût et la biomasse totale

Les figure 10 et 11 donnent l'évolution de la biomasse fût en fonction de la biomasse du houppier et de la biomasse totale pour les trois tiges coupées.

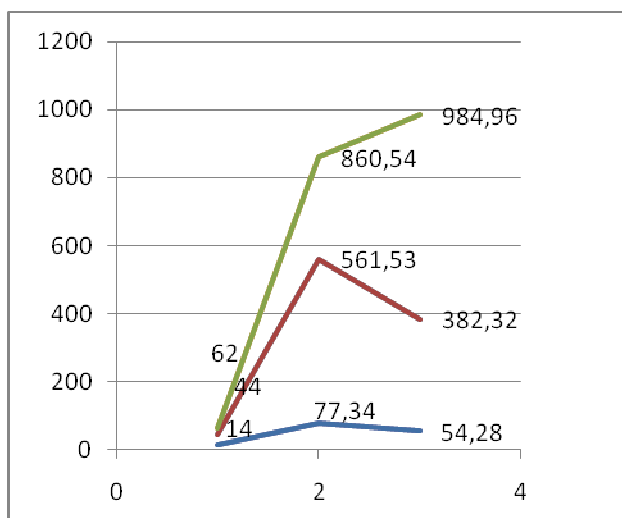


Fig.10. Evolution de la biomasse fût en fonction de la biomasse houppier.

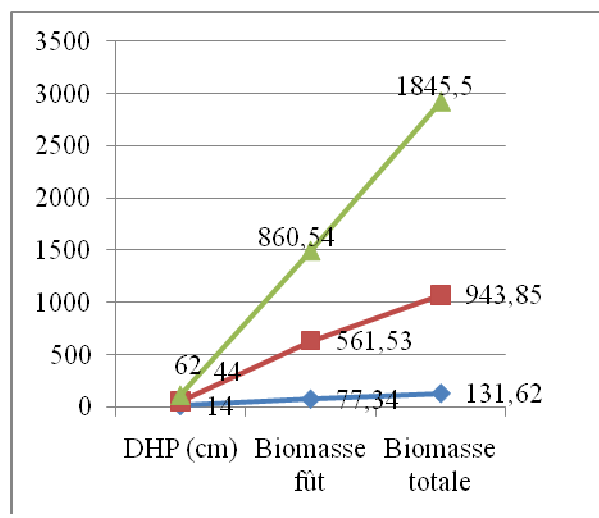


Fig.11. Evolution de la biomasse fût en fonction de la biomasse totale.

La figure 10 montre que pour la tige de 14 cm de DHP, la biomasse fût et la biomasse houppier ne présentent pas des grandes différences; pour la tige de 44 cm, nous observons une diminution de la biomasse au niveau du houppier. Quant à la tige de 62 cm de DHP, l'évolution est croissante, car le houppier contient plus de biomasse que le fût. Cela s'explique par le fait que cette tige avait plus des branches dans sa partie supérieure (Houppier). Quant à la figure 11 on observe que l'évolution de la biomasse est toujours linéaire pour toutes les tiges. Donc la biomasse totale est toujours supérieure à la biomasse fût car tout arbre a toujours à part la partie fût, un houppier composé des branches. Le tableau qui suit présente le pourcentage de chaque partie de la tige (fût et houppier) dans la biomasse totale.

Tableau 10. Pourcentage de la biomasse fût et biomasse houppier

DHP (cm)	% de la biomasse fût	% de la biomasse houppier	Biomasse totale
14	58,76	41,24	100%
44	59,5	40,5	100%
62	46,6	53,4	100%

Ce tableau montre que dans la plus part de cas, la biomasse fût est supérieure à la biomasse houppier. Mais dans le cas de *Gilbertiodendron dewevrei*, il arrive de fois que la biomasse houppier soit supérieure à la biomasse fût (cas de la tige de 62 cm de DHP). Cette situation est due par le fait que le houppier de cette espèce est trop branchu.

3.3.3. Equations de régression retenues

Tableau 11. Equations de régression retenues.

Espèce	Equation	R ²	ECTR	CVR (%)
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	$Y=0,0002.X^{2,2268}$	0,91	2,09 m ³	71,74
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	$Y= 0,0962 e^{0,0462X}$	0,84	2,21	75,94
<i>Diospyros chrysocarpa</i>	$Y= 0,0018X^2-0,047X + 0,3637$	0,89	0,13 m ³	33,45
<i>Diogoia zenkeri</i>	$Y=0,0011X^2-0,0247X + 0,1545$	0,90	0,31 m ³	4,66
Biomasse fût	$Y= 0,1601 .X^{2,2268}$	0,91	1307,02Kg	0,06
Biomasse fût	$Y= 65,429 e^{0,0462X}$	0,84	1509,61Kg	0,07

3.4. Courbes de régression pour trois espèces et pour la biomasse fût.

Les figures qui suivent présentent les courbes des différents volumes et la dispersion des résidus des modèles de régression retenus pour les trois espèces et de la biomasse sèche fût de *Gilbertiodendron dewevrei*.

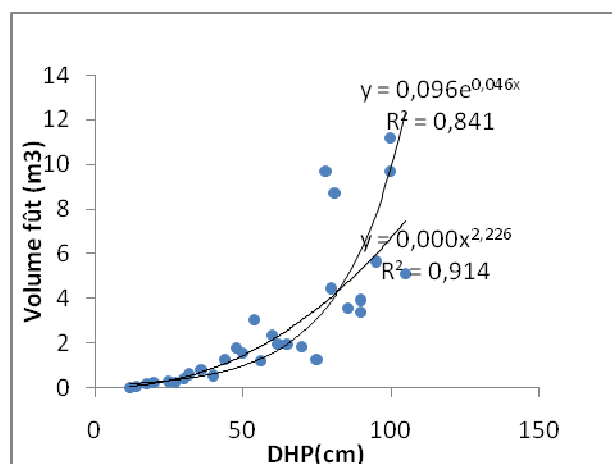
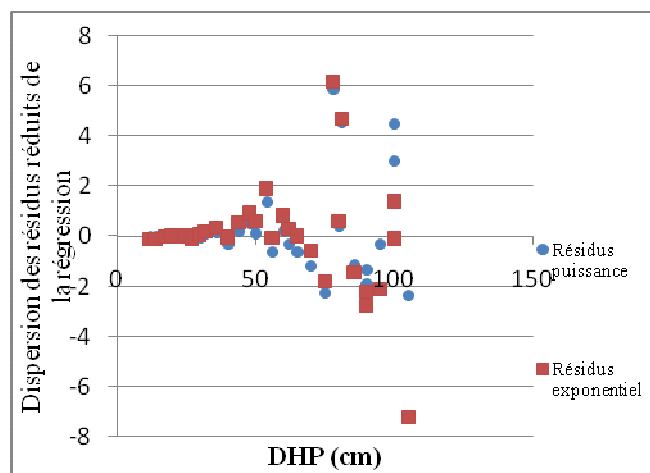
Figure 12. Courbe de régression pour le cubage de *Gilbertiodendron dewevrei*

Figure 13. Dispersion des résidus réduits des modèles retenus

Il est évident que pour des DHP >75cm, on observe une forte dispersion des points. Cela peut s'expliquer par la grande variabilité entre les données surtout pour les diamètres supérieurs mais aussi des erreurs dues aux estimations des arbres (opérateur et appareil). Cette variabilité est observable à partir du coefficient de variation résiduelle de ces modèles retenus pour la construction de tarif.

Nous remarquons alors que la dispersion des résidus réduits de la régression va de -2 à +6 pour le modèle puissance et -7 à +6 pour le modèle exponentiel.

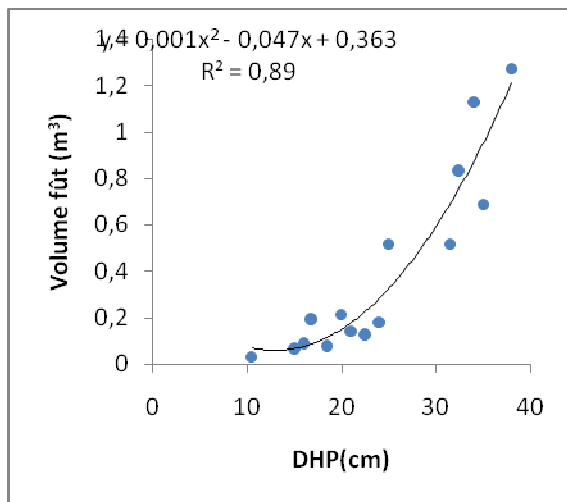


Figure 14. Courbe de régression pour le cubage de *Diospyros chrysocarpa*

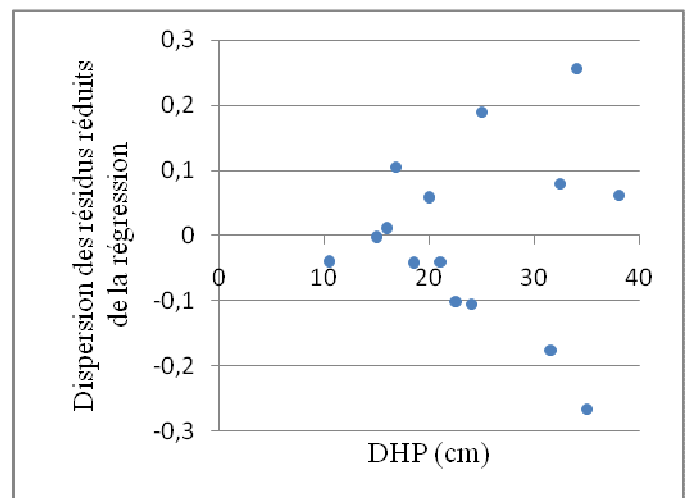


Figure 15. Dispersion des résidus réduits de la régression quadratique

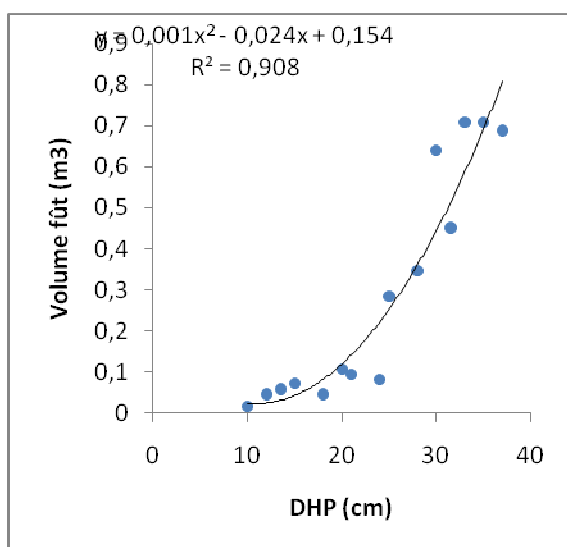


Figure 16. Courbe de régression pour le cubage de *Diogoia zenkeri*

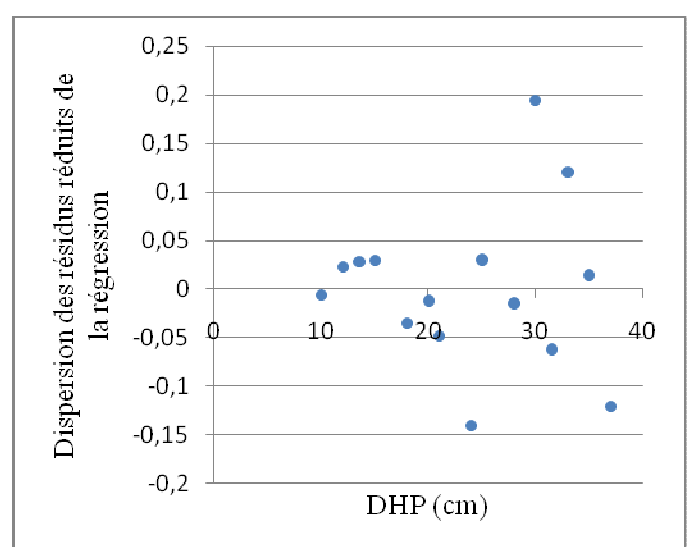


Figure 17. Dispersion des résidus réduits de la régression quadratique

Par rapport aux courbes de régression de cubage *Gilbertiodendron dewevrei*, les courbes de ces deux espèces (*Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*) s'ajustent mieux aux nuages des points. La dispersion des résidus réduits observée va de -0,3 à +0,3 (Fig. 15) pour *Diospyros chrysocarpa* et -0.2 à +0.2 (Fig. 17) pour *Diogoia zenkeri*.

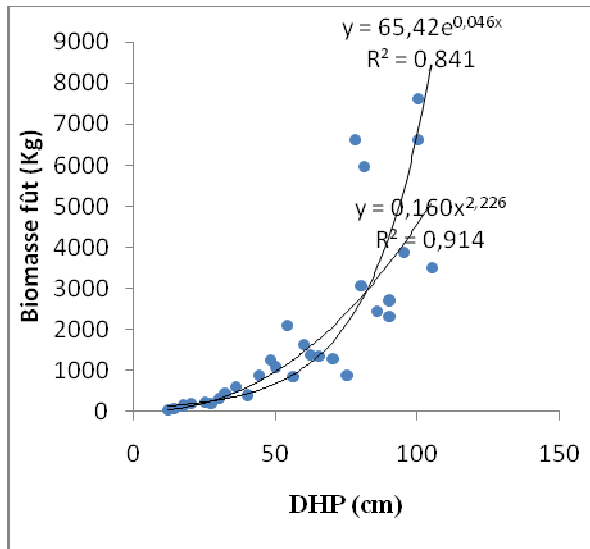


Figure 18. Courbes de régression pour la biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei*

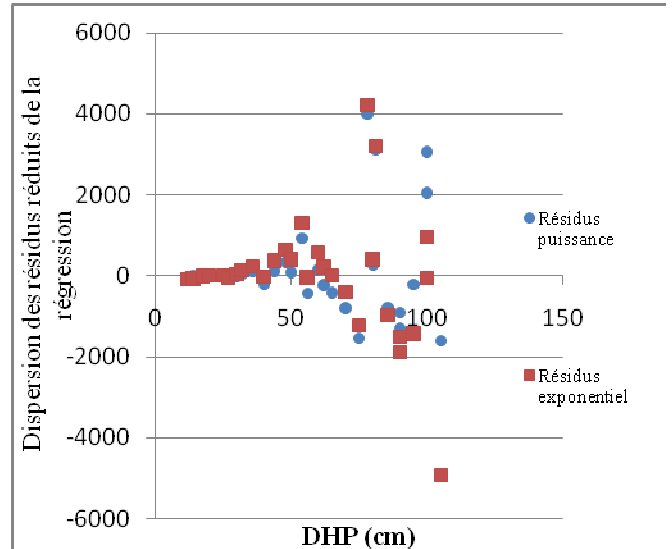


Figure 19. Dispersion des résidus réduits des modèles retenus

C'est la même situation comme on a observé pour le cubage de la même espèce où on a remarqué les fortes dispersions des écarts. Les raisons sont les mêmes comme nous avons évoqué dans le graphique 13 c'est-à-dire la forte variabilité entre les données mais surtout pour les tiges de gros diamètres.

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION

4.1. Validité des tarifs obtenus

Les résultats obtenus dans l'ensemble sont satisfaisants, les valeurs de R^2 (soit le rapport de la variance expliquée par la régression sur la variance totale de l'échantillon) oscillent entre 84 et 91 %. Il convient toute fois de rappeler que la méthode utilisée ici pour la construction des tarifs, si simple, est basée sur un certain nombre d'hypothèses qui ne sont que rarement vérifiées dans la pratique, notamment l'indépendance et la distribution normale des erreurs d'échantillonnage, et la constance de la variance de la population le long du nuage de points (Bouchon, 1974).

Si un plus grand nombre de mesures permettrait d'obtenir une meilleure précision, il faut être conscient de la limitation des modèles obtenus, nous pensons que l'erreur induite par l'utilisation de ces tarifs est suffisamment faible pour pouvoir les employer dans le cadre d'un aménagement forestier durable.

Signalons enfin que nos tarifs ont des limites inférieures et supérieures de validité comme le montre le tableau qui suit.

Tableau 12. Limites de validité des tarifs construits

Espèce	Limite inférieure	Limite supérieure
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	1,67 cm de DHP	98,33 cm de DHP
<i>Diospyros chrysocarpa</i>	3,33 cm de DHP	96,67 cm de DHP
<i>Diogoia zenkeri</i>	3,33 cm de DHP	96,67 cm de DHP

Ce tableau montre que pour *Gilbertiodendron dewevrei*, nos tarifs sont valables pour les tiges comprises dans l'intervalle de DHP en cm de 1,67 à 98,33. Pour *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri*, les tarifs ici élaborés sont valables pour les tiges de 3,33 à 96,67 cm de DHP.

4.2. Tarif de cubage

Rappelons que les volumes pour les arbres debout ont été calculés par la formule de Huber et pour les arbres coupés par la formule de Newton Simpson.

4.2.1. Comparaison des modèles

Les tableaux qui suivent présentent les tarifs de cubage à une entrée pour les trois espèces étudiées selon les provinces.

La comparaison porte sur le modèle de tarifs retenu dans la forêt expérimentale de Bawombi (2010) et ceux de SPIAF actuellement DIAF et d'autres recherches pour les mêmes espèces.

Des telles comparaisons sont souvent difficiles à établir en raison des différentes méthodes utilisées, particulièrement en ce qui concerne la taille et la confection de l'échantillonnage et les formules utilisées pour l'estimation des volumes et/ou biomasse.

Tableau 13. Comparaison de tarif de Bawombi avec ceux des autres provinces et chercheurs pour l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei*.

Provinces	Equations	Source
Bas-Congo, Equateur	$0,00029069.X^{2,2004173}$	SPIAF, 2007
Bandundu	$0,00018242.X^{2,27505}$	SPIAF, 2007
Province Orientale	$0,0004647.X^{2,1590877}$	SPIAF, 2007
Bawombi (P.O)	$0,0004.X^{2,2052}$	LOKOMBE, 2004
Abou (P.O)	$0,0002.X^{2,3012}$	LOKOMBE, 2004
Azolo (P.O)	$0,0005.X^{2,0436}$	LOKOMBE, 2004
Yoko (P.O.)	$0,00017202.X^{2,32548}$	KAHINDO, 2009
Bawombi (P.O)	$0,0002.X^{2,2268}$	Présente étude

L'analyse de ce tableau montre que les caractéristiques des équations varient d'un milieu à l'autre bien que tous les modèles utilisés sont du type puissance.

Quant à l'ordonnée d'origine (a), la notre est presque égale à celles du Bas-Congo, Bandundu, Abou et Yoko mais inférieure à celle de la Province Orientale, Azolo et Bawombi. Alors que pour la pente (b), nous constatons que la notre est légèrement supérieure à celles de la Province Orientale, Bas-Congo et Azolo mais inférieure à celles de la Yoko, Bandundu et Abou. Donc chaque modèle est spécifique pour son milieu d'application.

Quant aux courbes de régression utilisés par ces différents sites (Cfr figure 20 ci-dessous), notre tarif a donné des valeurs inférieures à celles obtenues par le SPIAF actuel DIAF et d'autres études.

La figure 20 compare notre courbe de régression avec les autres courbes trouvées dans d'autres sites pour *Gilbertiodendron dewevrei* comme illustré dans le tableau 13.

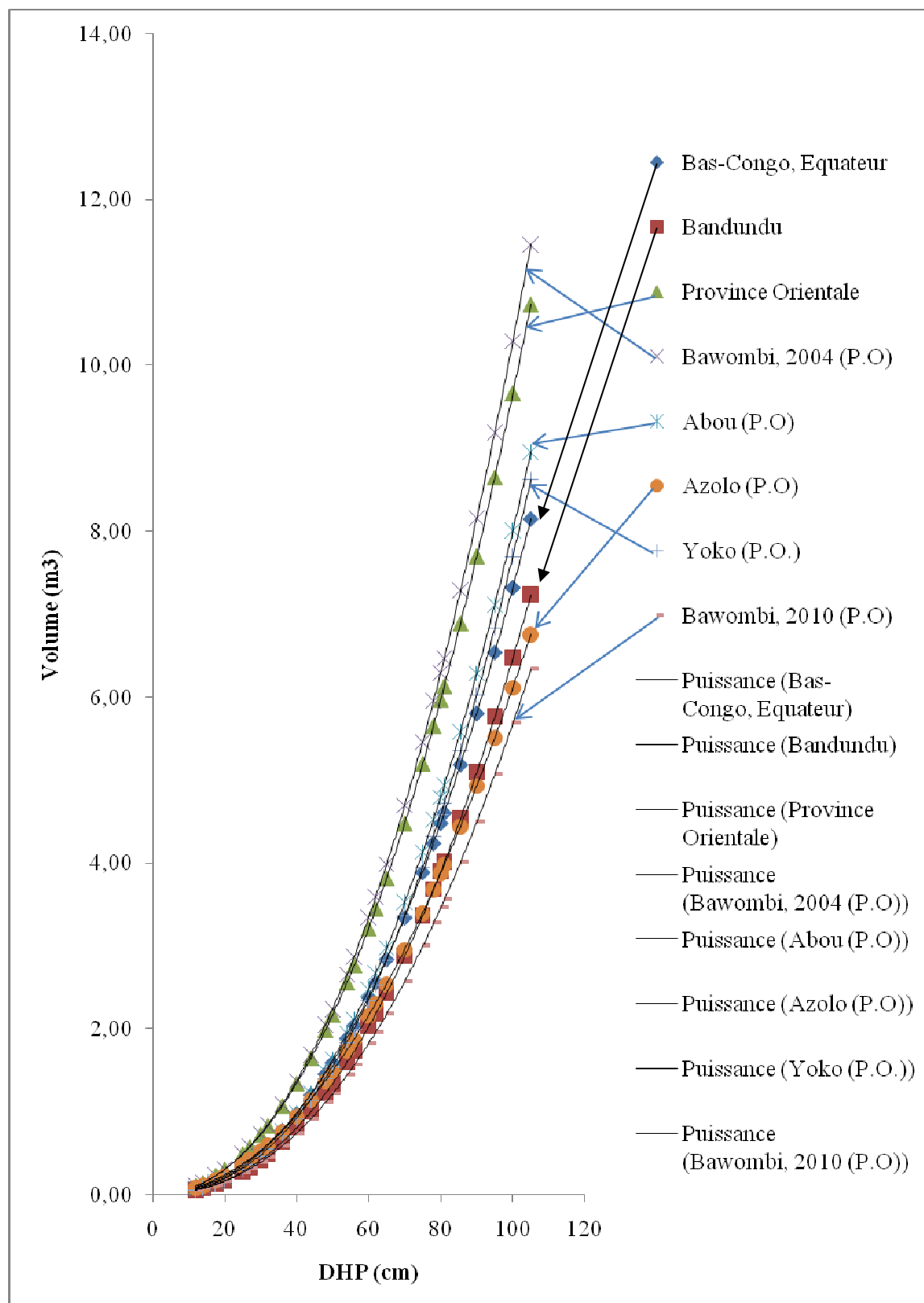


Figure 20. Comparaison des courbes de régression des différents sites (Cfr Tableau 11)

Le tableau 14 et la courbe 21 qui suivent comparent nos tarifs sur *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* avec les tarifs trouvés par le SPIAF, 2007 sur les mêmes espèces.

Tableau 14. Comparaison des paramètres des tarifs de Bawombi avec ceux des autres provinces pour les espèces *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoa zenkeri*.

Provinces	Equations	Source
Bas-Congo	$0,000316561.X^{2,246316682}$	SPIAF, 2007
Equateur	$0,000412870.X^{2,15260045}$	SPIAF, 2007
Bandundu	$0,00016242.X^{2,27505}$	SPIAF, 2007
Province Orientale	$0,0004658.X^{2,1340008}$	SPIAF, 2007
Bawombi (P.O) <i>Diospyros</i>	$0,0018X^2-0,047X+0,3637$	Présente étude
Bawombi (P.O) <i>Diogoa</i>	$0,0011X^2-0,0247X+ 0,1545$	Présente étude

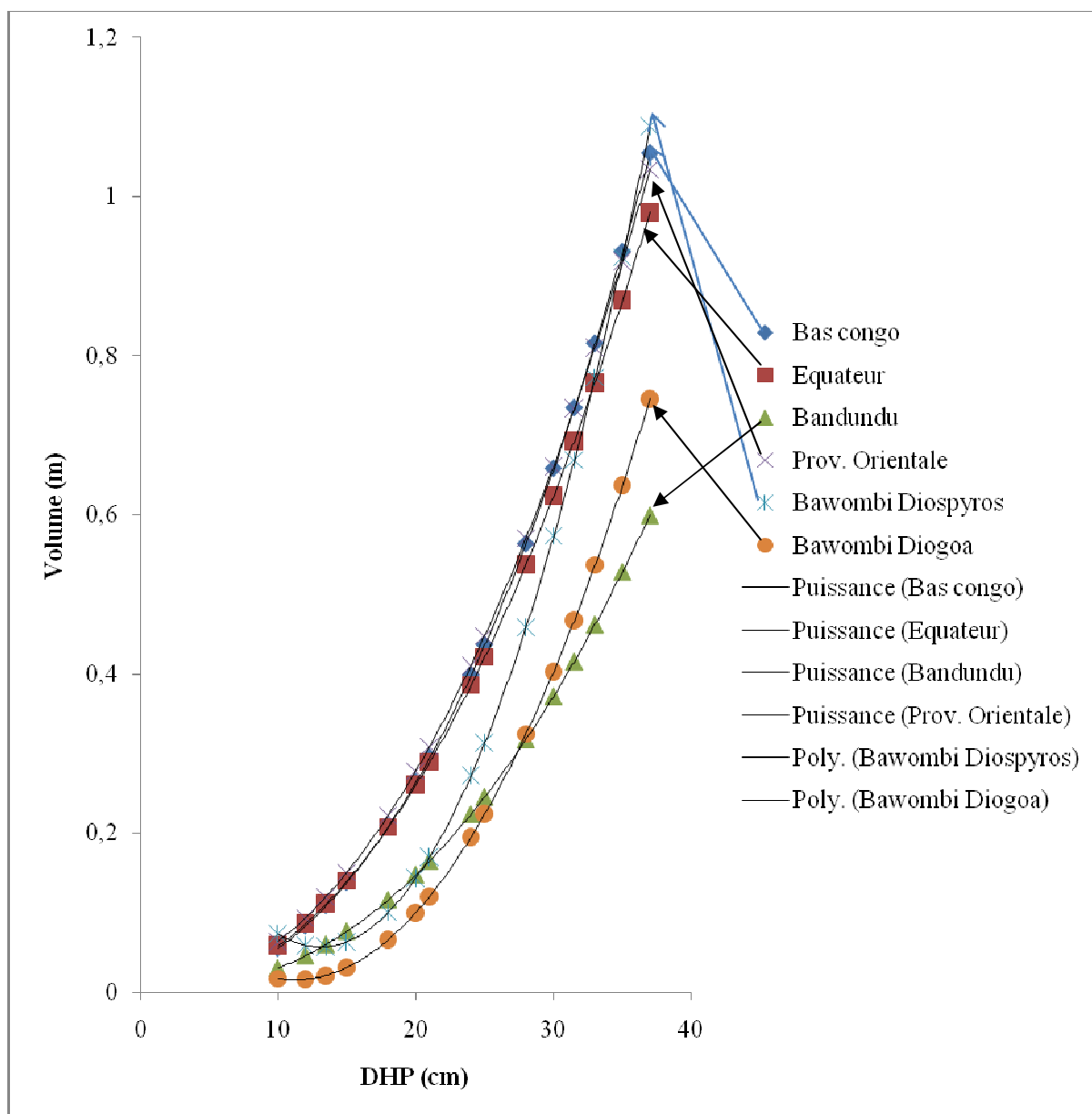


Fig. 21. Comparaison des courbes de régression des différents sites (Cfr Tableau 12)

Signalons avant tout que spécifiquement, il n'existe aucun tarif de cubage pour les deux essences en RD Congo, le SPIAF a essayé de regrouper toutes les espèces sans tarifs précis en groupe et a élaboré un de tarif commun. C'est pourquoi nous comparons nos résultats à ces tarifs car nous pensons que nos deux espèces se retrouvent dans ce groupe. Comme on peut le constater, le tarif élaboré par le SPIAF utilise le modèle puissance alors que le notre est quadratique.

Nous voyons que dans le graphique 21, notre tarif sur *Diospyros chrysocarpa* donne des valeurs inférieures pour les tiges de petites dimensions mais vers le pic, il est supérieur par rapport à ceux des autres provinces et celui de *Diogoia zenkeri* dans la même zone d'étude. Pour *Diogoia zenkeri*, le tarif est aussi inférieur pour les classes de diamètre inférieures, mais en s'approchant de 30 cm de DHP, il est supérieur à celui de Bandundu et garde son infériorité pour le reste de provinces. Ceci confirme l'hypothèse que chaque tarif est valable pour son milieu de confection.

4.3. Biomasse fût

Plusieurs études ayant été menées en forêt tropicale ont tenté de prédire la biomasse des arbres en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine et parfois la hauteur totale des arbres. Elles ont montré que la biomasse varie selon les types de forêts et dans une même forêt d'une espèce à l'autre. Certaines estiment que la biomasse peut être calculée en fonction de diamètre uniquement (la hauteur est facultative), Kurniatum et *al.* 2001, Keller et *al.* 2001 cité par Kahindo, 2009.

Dans le cas présent, la biomasse a été estimée par le produit du volume, de la densité verte de l'espèce et du rapport pois sec sur poids frais des rondelles collectées après abattage des arbres.

La comparaison porte sur notre étude et celle de Kahindo, 2009 à Yoko sur la même espèce (*Gilbertiodendron dewevrei*) en rapport avec la biomasse fût.

La figure qui suit compare notre tarif de biomasse fût avec celui trouvé par Kahindo, 2009 à Yoko pour *Gilbertiodendron dewevrei*.

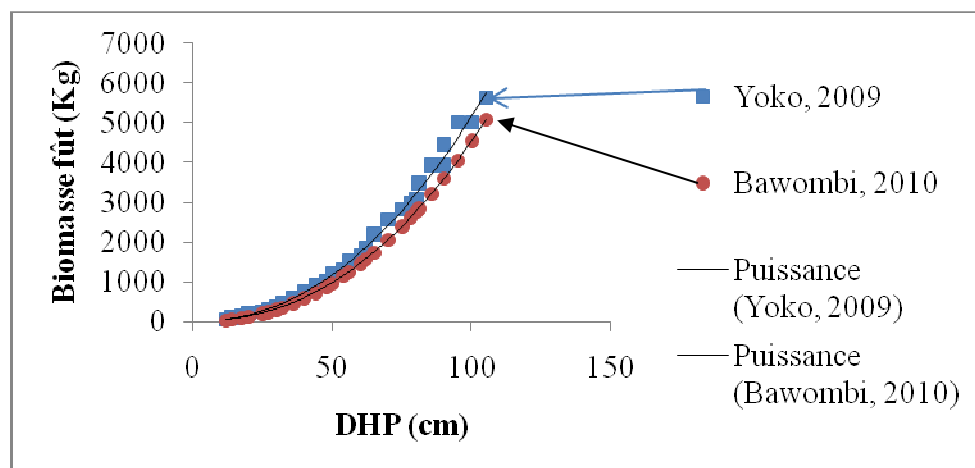


Fig. 22. Comparaison des courbes de régression de biomasse fût des différents sites

La figure 22 montre que, le tarif de biomasse fût ici élaboré est inférieur à celui de la réserve forestière de la Yoko élaborer par Kahindo, 2009 pour les arbres debout. Cette différence est due aux conditions particulières de chaque site comme nous avons dit plus haut que chaque tarif est spécifique à un milieu.

Mais lorsqu'on observe les résultats de nos trois tiges coupées (Tableau 9), la biomasse fût est supérieure à celles trouvées dans le cadre de cette étude et de la Yoko pour les arbres debout. Nous concluons donc que les résultats obtenus par estimation à partir des mesures prises au relascope de Bitterlich sont supérieurs aux résultats obtenus par les mesures au ruban diamétrique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude avait pour but l'élaboration des tarifs de cubage pour *Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros chrysocarpa* et *Diogoia zenkeri* et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* dans la forêt expérimentale de Bawombi. L'inventaire pied par pied nous a aidé à la collecte des données. Le choix a porté sur 30 tiges réparties dans 10 classes de diamètre en raison de 3 tiges par classe pour *Gilbertiodendron dewevrei* et 15 tiges pour les autres espèces en raison de 5 tiges par classe de diamètre et tous les arbres retenus avaient un DHP ≥ 10 cm et facilement mesurables. Les résultats après analyse montrent que la corrélation est forte entre le DHP et le volume et/ou biomasse, ce qui confirme notre première hypothèse ; et la qualité de nos tarifs est faible par rapport aux autres études menées sur les mêmes espèces dans d'autres sites, ce qui infirme notre deuxième hypothèse.

La biomasse quant à elle était estimée en partant des volumes des fûts, par le produit de la densité verte de *Gilbertiodendron dewevrei* et du rapport poids sec (65°) sur poids frais des rondelles.

Les tarifs de cubage et de biomasse correspondants sont :

$\text{Vol}=0,0002.X^{2,2268}$; $R^2:0,91$ et $\text{Vol}=0,0962e^{0,0462X}$; $R^2:0,84$ (*Gilbertiodendron dewevrei*);

$\text{Vol} = 0,0018X^2-0,047X + 0,3637$ et $R^2 : 0,89$ (*Diospyros chrysocarpa*);

$\text{Vol} = 0,0011X^2-0,0247X+ 0,1545$ et $R^2 : 0,90$ (*Diogoia zenkeri*).

$\text{Biomasse fût} = 0,1601 .X^{2,2268}$; $R^2 : 0,91$ et $\text{Biomasse fût} =65,429 e^{0,0462X}$; $R^2 : 0,84$

Les tarifs de cubage pour nos espèces et de biomasse fût de *Gilbertiodendron dewevrei* sont applicables dans la forêt expérimentale de Bawombi.

Des études complémentaires sont nécessaires pour pouvoir aider à se faire une idée sur la quantité de bois qu'on peut exploiter chaque année dans la forêt sans altérer le patrimoine forestier.

Cette évaluation du volume et de la biomasse par des tarifs n'est donc qu'un premier pas. Les résultats obtenus sont suffisamment probants pour que l'on puisse se baser sur la méthode pour évaluer le volume et/ou la biomasse de la forêt. Aussi la formule de Huber se prêtant bien aux arbres sur pieds, une meilleure certitude de l'estimation des volumes et biomasses implique une poursuite des études uniquement sur les arbres abattus en augmentant l'échantillonnage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ahuka, 1976. Tarif de cubage de *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild en forêt naturelle (km 16 route de Buta). Mémoire inédit IFA-Yangambi, 45p.
2. Ahuka, K et Nobusinapa, A, 1985. Etude de la structure des peuplements arborescents de la forêt expérimentale de Bawombi par Smith. Annales ISEA/Bengamisa. Vol. I. pp. 165-172.
3. Anonyme, 2002. Code forestier. Journal officiel de la R.D.C-Kin 2, 35p.
4. ATIBT, 2006. Formation de forestier aménagiste et de gestionnaire forestier. Module 2. Dendrométrie et topographie. Libreville, Gabon, 47 p.
5. Aubreville A. et Leroy J.F., 1973. Flore du Gabon. Icacinacées, Olacacées, Pentadiplandracées, Opiliacées, Octoknémacées. Laboratoire de Phanérogamie 16, rue Buffon, Paris 5^{ème} édition. 199 p.
6. Bar-Hen, A. 1998. Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers. CIRAD-Forêts, Montpellier, France, pp 81-110.
7. Bouchon, J. 1974. Les tarifs de cubage. Nancy, France, ENGREF, 57p.
8. Brown, B., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer.
9. Chave J. et al. 2005: Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1). Pp 87–99.
10. Cibien, 1997. Etude dendrométrique et agro-économique d'un bas-fond forestier à *Acacia nilotica* var. *tomentosa* en vue de son aménagement sylvo-pastoral. La forêt de Korap en zone soudano-sahélienne du Niger Central : une alternative de gestion durable et conservatoire des ressources ligneuses naturelles, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie Energie Domestique. Mémoire d'Ingénieur CNEARC/ENGREF-FRT, Montpellier, France, 132 p.
11. CTFT, 1956. Mémento du forestier. 1^{ère} édition. Ministère de la Coopération. 1216p.
12. CTFT, 1989. Mémento du forestier 3^{ème} édition. Ministère de la coopération. République française, 1257p.
13. Dagnelie, 1985. Table de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Presse agronomique de Gembloux, Belgique, 148p.

14. Ebuy, 2009. Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'I.N.E.R.A. Yangambi à Yangambi (R.D.Congo) : Cas d'*Autranella congolensis* (De Wild). A. Chev., de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard et « *Drypetes likwa* (J. Léonard. nomen) ». DEA Fac. des sciences UNIKIS, 133p.
15. FAO 2000a. Forest Ressources Assessment, FAO, FRA, Roma/Italy. 28p.
16. FAO, 2000b. Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal Etude FAO forêt N° 140, Rome, 85p.
17. Gaudien, S.1996 Dendrométrie des peuplements. Module D42 BTSA Gestion Forestière. 66p
18. Guitet, S., 2007. Principales définitions utilisées dans le modèle de l'offre mondiale, pp 14.
19. Jamin J.Y., Selny Boukar L., Floret C., 2003. Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à des nouveaux défis. Acte du colloque, Mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad-CIRAD, Montpellier, France, 9 p.
20. Kahindo, T., 2009. Elaboration des tarifs de cubage et biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch. et *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de Yoko (Uvundo, Province Orientale, RDC). DEA Fac. des sciences UNIKIS, 68p.
21. Kumiatus, H., Sitompul, S.M., Meine, V.N., Palm, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Center for Research in Agroforestry. Bogor, Indonesia, 23 p.
22. Lanly, 1965. Les tarifs de cubage. Revue Bois et Forêts des tropiques. n°100, pp 19-35.
23. Lanly J.P. 1981. Manuel d'inventaire forestier. Etude FAO Forêts, Rome, Italie, 200p.
24. Lejoly, J., Ndjele, M-B. et Geerinck, D., 2010. Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RD Congo). 4^{ème} édition. pp 296
25. Lichnerowicz, 1996. L'Encyclopédie internationale des sciences et des techniques. Les presses de la cité, France. pp 29.
26. Lokombe, 1996. Etude dendrométrique de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la collectivité de Bamanga. DES inédit IFA-Yangambi, 216p.

2. Lokombe, 2004. Caractéristiques dendrométriques et stratégies d'aménagement des forêts denses humides en *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de Bengamisa. DES inédit IFA-Yangambi, 223p.
28. Mabiala, M., 1981. Normes d'inventaire forestier.3 n°1, 3 et 4. Tarif de cubage SPIAF-Kinshasa. 56,48, 58p.
29. Malongola, 2008. Elaboration d'un tarif de cubage de *Scorodophloeus zenkeri* dans la réserve forestière de la Yoko (Ubundu, P.O, R.D.Congo). Mémoire inédit IFA-Yangambi, 30p.
30. Maluka, 1975. Tarif de cubage de l'*Afrormosia elata* en forêt naturelle (Bloc d'aménagement) INERA Yangambi. Mémoire inédit IFA-Yangambi, 52p.
31. Meriem, F-D. & Fouquet, D., 1998. Estimation de la qualité des arbres sur pied. Série FORAFRI 1998- Document 9. CIRAD-Forêt, Montpellier, France. Pp 1-5.
32. Ndjoukam, R. 1995. Contribution à l'étude des interactions « essences forestières en croissance rapide et sols des savanes tropicales humides » : Cas de la réserve forestière de Mélap (Foumban) au Cameroun. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique), 215p.
33. Parde J., Bouchon J., 1988. Dendrométrie. Nancy, France, ENGREF, 328 p.
34. Rondeux, J. 1993 La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique : 521 (pp 62-100).
35. Rondeux, J. & Otoul, C. 2008. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique): Presses agronomiques de Gembloux, pp 41- 68.
36. SPIAF, 2007. Guide opérationnel. Liste des essences forestières de République Démocratique du Congo. Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme. SPIAF, 44p.
37. Sylla M.L., 1987. Etude des méthodes d'inventaire en forêts sèches. Cas de la Faya au Mali. Thèse en Biologie Végétale et Forestière, Université de Nancy I, France, 210 p.
38. Tailfer, V., 1989. La forêt dense d'Afrique centrale. Identification pratique des principaux arbres. Tome II. Approche botanique et systématique. CTA postbus 380 6700AJ Wageningen ; Pays-Bas. pp 553

39. Thibaut, A, Claessens, H, Rondeux, J. 1998. Construction de tarifs d'arbres pour l'aulne glutineux [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn]. Presses agronomiques de Gembloux, pp 3-8.
40. Van Wambeke, A. et Liben, L., 1957. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo Belge et Ruanda-Urundi. 6. Yangambi : planchette 4 : Yambau, Aet B. Bruxelles : Publ. INEAC ,28 p.
41. Viviens J. et Faure JJ., 1985. Arbres des forêts denses d'Afrique centrale. Ministère des relations extérieures, coopération et développement. pp.112, 416.
42. White F, 1987. Flore d'Afrique centrale (Zaire-Rwanda-Burundi). Spermatophytes, Ebenaceae. Jardin botanique national de Belgique.

WEBOGRAPHIE :

1. <http://www.lsta.upmc.fr>
2. Tarif de biomasse : <http://afm.cirad.fr>

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
0.1. Problématique	1
0.2. Hypothèses de travail.....	2
0.3. Objectifs de travail.....	2
0.3.1. Objectif général.....	2
0.3.2. Objectifs spécifiques.....	3
0.4. Intérêt du travail.....	3
0.5. Subdivision du travail	3
1.1. Description générale du dispositif.....	4
1.1.1. Milieu physique	4
1.1.2. Description de la forêt d'étude.....	4
1.2. Tarif de cubage et de biomasse	5
1.2.1. Tarif de cubage	5
1.2.2. Tarif de biomasse.....	6
1.3. Présentation des espèces : Technologie et description botanique.....	6
1.3.1. <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> J. Léonard	6
1.3.2. <i>Diospyros chrysocarpa</i> F. White, Bull	7
1.3.3. <i>Diogoia zenkeri</i> (Engler) Exell & Men.....	7
1.3.4. Quelques études réalisées	8
CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES	9
2.1. Matériel.....	9
2.1.1. Matériel biologique.....	9
2.1.2. Matériel technique	9
2.2. Méthodes.....	9
2.2.1. Inventaire complet	9
2.2.2. Sélection et caractérisation des arbres échantillons	10
2.2.3. Construction des tarifs	11
2.2.4. Choix des espèces	12
2.2.5. Séchage de matériel au laboratoire.....	13
CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS	14
3.1. Relation entre les classes de DHP et hauteur de fût.....	14
3.2. Volume et biomasse du fût des arbres échantillonnés	15

3.3. Etablissement des tarifs.....	16
3.3.1. Analyse résiduelle.....	17
3.3.2. Résultats des trois arbres abattus sur le volume et la biomasse	19
3.3.3. Equations de régression retenues	21
3.4. Courbes de régression pour trois espèces et pour la biomasse fût.	21
CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION.....	24
4.1. Validité des tarifs obtenus.....	24
4.2. Tarif de cubage	24
4.2.1. Comparaison des modèles.....	24
4.3. Biomasse fût	28
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	31
TABLE DES MATIERES	35
ANNEXES	

Annexe 1. RELATIF AUX QUELQUES FORMULES UTILISEES

A. Pour grouper les tiges par classe de hauteur, nous nous sommes servi de la formule de STURGE qui est : $K = 1 + 3,3 \log N$; où K= nombre de classes et N= l'effectif.

L'intervalle de classe est déterminé par la formule : $i = \frac{Ls - Li}{K}$

Où i = intervalle de classe ; Ls = limite supérieure ; Li = limite inférieure.

B. Ecart type résiduel (ECTR)

$$ECTR = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Vi - \bar{V})^2}$$
 Où $ECTR$ = Ecart type résiduel, n = nombre de tiges,

Vi = Volume calculé et $\bar{V}$ = Volume estimé à partir de l'équation de régression.

1 = nombre de variable explicative (pour notre cas)

C. Coefficient de variation résiduelle (CVR)

$$CVR = \frac{100 \times ECTR}{\bar{V}}$$
 Où CVR = Coefficient de variation résiduelle (%) et

$\bar{V}$ = Volume moyen

D. Equations de régression forme générale

Y ou Vol (m^3) = $a X^b$ (Puissance) et Y ou Vol (m^3) = $a.e^{bx}$ (Exponentielle)

Y ou Vol (m^3) = $a + b.X + c.X^2$ (Quadratique)

Où Y ou Vol = Volume prédit par l'équation de régression; a et b = constantes et X : DHP (cm)

E. Biomasse

Biomasse fraîche fût (Kg) = Volume fût $\times \rho$

Où Vol = Volume fût et ρ = densité verte de *Gilbertiodendron dewevrei* ($1,26 \text{ g/cm}^3$)

Biomasse sèche = Biomasse fraîche $\times$ Rapport poids sec/poids frais (Moyenne : 0,54)

F. Intervalle de confiance

$$I.c = \text{moyenne} \pm 2(ECTR / \sqrt{n})$$

Où $ECTR$: écart type résiduel et n : effectif total des tiges.

Annexe 2. DONNEES DE TERRAIN AVEC DIFFERENTS PARAMETRES RETENUS

N°	DHP (cm)	Dm (cm)	DFB (cm)	Hauteur fût(m)	Hauteur totale(m)	Espèce
1	12	9	6	6	12	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
2	13,5	9	4,5	8	15	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
3	14	11	9	9	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
4	15	10	5	10	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
5	15	10	5	11	18	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
6	17,5	15	12,5	11	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
7	20	15	12	14	24	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
8	24	20	16	8	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
9	25	20	15	10	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
10	25	20	15	12	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
11	27	18	13,5	10	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
12	27	22	17	11	22	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
13	30	25	20	9	19	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
14	31,5	28	21	9	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
15	32	27	22	11	22	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
16	35	28	21	14	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
17	35	25	20	8	17	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
18	36	30	27	12	21	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
19	40	30	25	8	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
20	40	40	20	15	27	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
21	40,5	22,5	27	14	25	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
22	44	30	25	18	26	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
23	45	42	30	8	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
24	48	44	40	12	28	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
25	50	50	45	8	22	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
26	50	35	30	13	22	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
27	54	52	48	8	21	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
28	54	48	40	17	28	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
29	55	35	30	16	25	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
30	56	56	52	5	18	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
31	60	55	50	10	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
32	60	50	40	16	27	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
33	60	50	35	21,5	28,5	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
34	62	46	40	12	26	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
35	65	50	45	10	16	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
36	65	60	45	11	22	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
37	70	50	30	9,5	19,5	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
38	70	60	50	14	21	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
39	70	65	70	6	26	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
40	72	48	40	6,5	24,5	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>

41	75	45	45	8	23	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
42	75	70	50	16	27	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
43	75	70	60	22	31	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
44	78	75	60	22	29	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
45	80	72	48	11	18	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
46	80	55	45	17	24	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
47	80	68	54	13,5	24,5	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
48	81	81	67,5	17	26	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
49	85,5	67,5	63	10	28	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
50	90	60	50	12	21	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
51	90	70	60	14	23	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
52	90	60	60	14	23	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
53	90	70	50	9	24	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
54	95	85	70	10	26	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
55	100	80,5	60	22	28	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
56	100	75	50	22	32	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
57	105	77	70	11	20	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
1	10,5	7	5,4	8,5	13,5	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
2	15	12	9	6	12	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
3	15	12	9	9	15	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
4	15	10	5	9	16	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
5	16	12	12	8	13	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
6	16,8	15	9	11	22	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
7	18	15	9	5	9	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
8	18	13,5	9	7	14	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
9	18	9	6	10,5	15,5	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
10	18,5	10,5	7	9	13	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
11	20	15	10	5	10	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
12	20	12	8	13	17	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
13	20	16	8	13	20	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
14	20	15	10	12	21	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
15	21	15	9	8	12	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
16	21	18	15	7	13	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
17	21	15	12	11	16	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
18	22,5	18	13,5	7	11	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
19	22,5	13,5	9	9	19	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
20	24	12	9	6,5	14,5	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
21	24	16	12	9	17	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
22	24	12	8	16	20	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
23	25	20	15	10	18	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
24	25	20	15	14	24	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
25	25	20	15	16,5	24,5	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
26	25	15	10	14,5	25,5	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
27	31,5	24,5	24,5	4	10	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
28	31,5	22,5	18	11	17	<i>Diospyros chrysocarpa</i>

29	31,5	22,5	13,5	13	19	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
30	32	25	20	7	13	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
31	32,4	22,5	13,5	21	26	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
32	34	25	20	23	28	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
33	35	25	10	14	20	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
34	35	33	15	14	26	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
35	35	20	15	17	26	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
36	38	30	20	18	27	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
1	10	5	5	8	13	<i>Diogoia zenkeri</i>
2	12	8	4	9	13	<i>Diogoia zenkeri</i>
3	13	10	10	9	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
4	13,5	9	4,5	9	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
5	14	7	3,5	9	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
6	15	12	9	5	9	<i>Diogoia zenkeri</i>
7	15	10	5	9	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
8	15	10	5	9	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
9	17,5	10,5	7	13	18	<i>Diogoia zenkeri</i>
10	18	12	9	4	13	<i>Diogoia zenkeri</i>
11	20	15	10	6	12	<i>Diogoia zenkeri</i>
12	20	12	8	10	12	<i>Diogoia zenkeri</i>
13	20	16	12	13	17	<i>Diogoia zenkeri</i>
14	21	14	10,5	6	14	<i>Diogoia zenkeri</i>
15	21	15	12	7	16	<i>Diogoia zenkeri</i>
16	24	16	12	4	16	<i>Diogoia zenkeri</i>
17	25	15	10	6	12	<i>Diogoia zenkeri</i>
18	25	20	15	9	16	<i>Diogoia zenkeri</i>
19	25	20	15	15	25	<i>Diogoia zenkeri</i>
20	28	20	16	11	16	<i>Diogoia zenkeri</i>
21	30	15	10	5	14	<i>Diogoia zenkeri</i>
22	30	25	20	13	21	<i>Diogoia zenkeri</i>
23	31,5	22,5	13,5	10	18	<i>Diogoia zenkeri</i>
24	31,5	21	14	13	20	<i>Diogoia zenkeri</i>
25	31,5	27	13,5	14	20	<i>Diogoia zenkeri</i>
26	32	25	15	14	19	<i>Diogoia zenkeri</i>
27	33	30	25	10	16	<i>Diogoia zenkeri</i>
28	35	30	20	10	17	<i>Diogoia zenkeri</i>
29	35	30	20	13	18	<i>Diogoia zenkeri</i>
30	36	20	16	15,5	20	<i>Diogoia zenkeri</i>
31	36	24	12	12	23	<i>Diogoia zenkeri</i>
32	37	32	25	7	15	<i>Diogoia zenkeri</i>
33	37	25	15	14	34	<i>Diogoia zenkeri</i>

Annexe 3. FREQUENCES DE TIGES PAR CLASSES DE DIAMETRES ET DES
HAUTEURS PAR ESPECE.

A. Diamètres

Gilbertiodendron dewevrei

Classe de diamètres	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
10 à 20 cm	6	6	10,5
20 à 30 cm	6	12	10,5
30 à 40 cm	6	18	10,5
40 à 50 cm	6	24	10,5
50 à 60 cm	6	30	10,5
60 à 70 cm	6	36	10,5
70 à 80 cm	8	44	14
80 à 90 cm	5	49	8,8
90 à 100 cm	5	54	8,8
100 à 110 cm	3	57	5,3
Total	57		100

Diospyros chrysocarpa

Classe de diamètres	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
10 à 20 cm	10	10	27,77
20 à 30 cm	16	26	44,44
30 à 40 cm	10	36	27,77
Total	36		100

Diogoia zenkeri

Classe de diamètres	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
10 à 20 cm	10	10	30,3
20 à 30 cm	10	20	30,3
30 à 40 cm	13	33	39,4
Total	33		100

B. Hauteurs fûts

Gilbertiodendron dewevrei

Classe de hauteur fût	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
5 à 7,5 mètres	4	4	7
7,5 à 10 mètres	13	17	22,8
10 à 12,5 mètres	19	36	33,3
12,5 à 15 mètres	8	44	14
15 à 17,5 mètres	7	51	12,3
17,5 à 20 mètres	1	52	1,7
20 à 22,5 mètres	5	57	8,8
Total	57		100

Diospyros chrysocarpa

Classe de hauteur fût	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
4 à 7,2 mètres	9	9	25
7,2 à 10,4 mètres	9	18	25
10,4 à 13,6 mètres	8	26	22,2
13,6 à 16,8mètres	6	32	16,7
16,8 à 20 mètres	2	34	5,5
20 à 23,2 mètres	2	36	5,5
Total	36		100

Diogoia zenkeri

Classe de hauteur fût	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
4 à 6 mètres	4	4	12,1
6 à 8 mètres	5	9	15,1
8 à 10 mètres	8	17	24,2
10 à 12 mètres	5	22	15,1
12 à 14 mètres	6	28	18,2
14 à 16 mètres	5	33	15,1
Total	33		100

C. Hauteurs totales*Gilbertiodendron dewevrei*

Classe de hauteur totale	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
12 à 15 mètres	1	1	1,7
15 à 18 mètres	15	16	26,3
18 à 21 mètres	6	22	10,5
21 à 24 mètres	12	34	21
24 à 27 mètres	12	46	21
27 à 30 mètres	9	55	15,8
30 à 33 mètres	2	57	3,5
Total	57		100

Diospyros chrysocarpa

Classe de hauteur totale	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
9 à 12,2 mètres	6	6	16,7
12,2 à 15,4 mètres	8	14	22,2
15,4 à 18,6 mètres	7	21	19,4
18,6 à 21,8mètres	6	27	16,7
21,8 à 25 mètres	3	30	8,3
25 à 28,2 mètres	6	36	16,7
Total	36		100

Diogo zenkeri

Classe de hauteur totale	Fréquence observée	Fréquence cumulée	Fréquence relative (%)
9 à 13,2 mètres	7	7	21,2
13,2 à 17,4 mètres	15	22	45,4
17,4 à 21,6 mètres	8	30	24,2
21,6 à 25,8 mètres	2	32	6
25,8 à 30 mètres	0	32	0
30 à 34,2 mètres	1	33	3
Total	33		100

Annexe 4. DONNEES DES TIGES RETENUES POUR LES TARIFS ET VOLUME
INDIVIDUEL PAR TIGE

DHP (cm)	Dm (cm)	DFB (cm)	Hauteur fût(m)	Volume fût (m ³)	Espèce
12	9	6	6	0,038170351	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
14	11	9	9	0,08552986	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
17,5	15	12,5	11	0,194386045	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
20	15	12	14	0,247400421	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
25	20	15	10	0,314159265	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
27	18	13,5	10	0,254469005	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
30	25	20	9	0,441786467	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
32	27	22	11	0,629810787	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
36	30	27	12	0,848230016	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
40	30	25	8	0,565486678	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
44	30	25	18	1,272345025	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
48	44	40	12	1,824637013	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
50	50	45	8	1,570796327	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
54	48	40	17	3,076247526	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
56	56	52	5	1,23150432	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
60	55	50	10	2,375829444	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
62	46	40	12	1,994283016	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
65	50	45	10	1,963495408	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
70	50	30	9,5	1,865320638	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
75	45	45	8	1,272345025	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
78	75	60	22	9,719302272	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
80	72	48	11	4,478654487	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
81	81	67,5	17	8,760095495	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
85,5	67,5	63	10	3,578470382	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
90	60	50	12	3,392920066	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
90	60	60	14	3,958406744	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
95	85	70	10	5,674501731	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
100	75	50	22	9,719302272	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>

100	80,5	60	22	11,19706819	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
105	77	70	11	5,122288282	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
Volume total pour <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> :				87,66 m³	
10,5	7	5,4	8,5	0,032711834	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
15	12	9	6	0,067858401	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
16	12	12	8	0,090477868	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
16,8	15	9	11	0,194386045	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
18,5	10,5	7	9	0,077931133	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
20	15	10	12	0,212057504	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
21	15	9	8	0,141371669	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
22,5	13,5	9	9	0,128824934	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
24	16	12	9	0,180955737	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
25	20	15	16,5	0,518362788	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
31,5	22,5	13,5	13	0,516890166	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
32,4	22,5	13,5	21	0,834976422	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
34	25	20	23	1,12900986	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
35	25	10	14	0,687223393	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
38	30	20	18	1,272345025	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
Volume total pour <i>Diospyros chrysocarpa</i>				6,08 m³	
10	5	5	8	0,015707963	<i>Diogoia zenkeri</i>
12	8	4	9	0,045238934	<i>Diogoia zenkeri</i>
13,5	9	4,5	9	0,057255526	<i>Diogoia zenkeri</i>
15	10	5	9	0,070685835	<i>Diogoia zenkeri</i>
18	12	9	4	0,045238934	<i>Diogoia zenkeri</i>
20	15	10	6	0,106028752	<i>Diogoia zenkeri</i>
21	14	10,5	6	0,092362824	<i>Diogoia zenkeri</i>
24	16	12	4	0,080424772	<i>Diogoia zenkeri</i>
25	20	15	9	0,282743339	<i>Diogoia zenkeri</i>
28	20	16	11	0,345575192	<i>Diogoia zenkeri</i>
30	25	20	13	0,638136008	<i>Diogoia zenkeri</i>
31,5	21	14	13	0,450268767	<i>Diogoia zenkeri</i>
33	30	25	10	0,706858347	<i>Diogoia zenkeri</i>
35	30	20	10	0,706858347	<i>Diogoia zenkeri</i>
37	25	15	14	0,687223393	<i>Diogoia zenkeri</i>
Volume total pour <i>Diogoia zenkeri</i>				4,33 m³	

Annexe 5. EVALUATION DE LA BIOMASSE INDIVIDUELLE DES ARBRES COUPES

5.1. Evaluation de la biomasse individuelle pour la tige de 14cm de DHP

Catégories	Longueur (m)	Volume (m ³)	Poids frais en Kg (PF)	Poids sec en Kg (PS)	Rapport PS/PF	Biomasse fraîche (Kg)	Biomasse sèche (Kg)
Fût							
1	4	0,06	1,05	0,64	0,6	69	41,4
2	4	0,03	0,75	0,386	0,51	40	20,4
3	4	0,02	0,7	0,29	0,42	37	15,54
Total fût	12	0,11				146	77,34
Total Branches		0,1			0,46	118	54,28
Total arbre		0,21				264	131,62

5.2. Calcul de la biomasse individuelle pour la tige de 44 cm de DHP

Catégories	Longueur (m)	Volume (m ³)	Poids frais en Kg (PF)	Poids sec en Kg (PS)	Rapport PS/PF	Biomasse fraîche (Kg)	Biomasse sèche (Kg)
Fût							
1	4	0,19	2,3	1,35	0,58	213,71	123,95
2	4	0,16	2,1	1,275	0,6	207,56	124,53
3	4	0,13	2,15	1,288	0,59	240,20	141,71
4	4	0,12	1,95	1,16	0,59	223,04	131,59
5	2	0,06	1,8	1,125	0,625	63,607	39,75
Total fût	18	0,63				948,12	561,53
Branches							
1	3,6	0,35	0,7	0,373	0,53	30,53	16,18
2	6	0,12	0,5	0,278	0,55	108,57	59,71
Pesées		0,45			0,56	547,2	306,43
Total Branches		0,92				686,3	382,32
Total arbre		1,55				1634,42	943,85

5.3. Calcul de la biomasse individuelle pour la tige de 62 cm de DHP

Catégories	Longueur	Volume (m ³)	Poids frais en Kg (PF)	Poids sec en Kg (PS)	Rapport PS/PF	Biomasse fraîche (Kg)	Biomasse sèche (Kg)
Fût							
1	4	0,35	2,25	1	0,66	514,75	339,73
2	4	0,27	2,1	,5	0,6	502,13	301,28
3	4	0,20	1,85	1	0,59	372,09	219,53
				,27			
Total fût	12	0,82		1		1388,97	860,54
				,1			
Branches							
1	9	0,18	1	0,504	0,5	416,68	208,34
2	10	0,36	1,05		0,56	723,87	405,37
Pesées		0,86		0,59	0,5	742,5	371,25
Total Branches		1,4				1883,05	984,96
Total arbre	2,22					3.272,02	1.845,5

Annexe 6. FORMES DES EQUATIONS DE REGRESSION TESTEES

1. Linéaire : $Y = a + b.X$

2. Logarithmique : $Y = a + b.LnX$

3. Quadratique : $Y = a + b.X + c.X^2$

4. Puissance : $Y = a.X^b$

5. Exponentielle : $Y = a.e^{bX}$

Où Y= Volume, X= diamètre à hauteur de la poitrine et a, b : constantes

(a: ordonnée à l'origine et b : pente).

Annexe 7. DONNEES DE TERRAIN, VOLUME FUT PAR MODELE DE REGRESSION AJUSTE POUR LE CUBAGE

DHP (cm)	Vol fût	Vol. Linéaire	Vol. logarithmique	Vol. quadratique	Vol. puissance	Vol. exponentiel	Espèce
12	0,0381704	-1,0892	-2,221377362	0,0563	0,050600032	0,167474208	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
14	0,0855299	-0,9152	-1,663459807	0,0769	0,071322721	0,18368629	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
17,5	0,194386	-0,6107	-0,855836352	0,130275	0,117226857	0,215924618	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
20	0,2474004	-0,3932	-0,372546182	0,1819	0,157820564	0,242361244	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
25	0,3141593	0,0418	0,435077273	0,3189	0,259395721	0,305341053	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
27	0,254469	0,2158	0,713622369	0,3863	0,307886627	0,334899122	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
30	0,4417865	0,4768	1,094953683	0,5009	0,389299285	0,384686747	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
32	0,6298108	0,6508	1,328537953	0,5863	0,449467162	0,421925753	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
36	0,84823	0,9988	1,754830094	0,7787	0,584257646	0,507567323	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
40	0,5654867	1,3468	2,136161408	0,9999	0,738749473	0,610592232	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
44	1,272345	1,6948	2,481117542	1,2499	0,913419788	0,734528912	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
48	1,824637	2,0428	2,796037819	1,5287	1,108710047	0,88362199	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
50	1,5707963	2,2168	2,943784864	1,6789	1,214217258	0,969159652	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
54	3,0762475	2,5648	3,22232996	2,0009	1,441200553	1,165877566	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
56	1,2315043	2,7388	3,353955374	2,1727	1,562770103	1,278738543	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
60	2,3758294	3,0868	3,603661274	2,5379	1,822288775	1,538294105	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
62	1,994283	3,2608	3,72233748	2,7313	1,960323787	1,687206291	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
65	1,9634954	3,5218	3,893359846	3,0349	2,177837433	1,938034042	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
70	1,8653206	3,9568	4,16157883	3,5769	2,568587183	2,441650094	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
75	1,272345	4,3918	4,411284729	4,1639	2,995135102	3,07613543	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
78	9,7193023	4,6528	4,553236256	4,5377	3,268483199	3,533447696	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
80	4,4786545	4,8268	4,644868999	4,7959	3,4580461	3,875497644	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
81	8,7600955	4,9138	4,689829826	4,9277	3,555039542	4,05874608	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
85,5	3,5784704	5,3053	4,885515319	5,543075	4,009887053	4,996681933	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>

90	3,3929201	5,6968	5,07116114	6,1949	4,49507783	6,151365432	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
90	3,9584067	5,6968	5,07116114	6,1949	4,49507783	6,151365432	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
95	5,6745017	6,1318	5,266846634	6,9619	5,070198004	7,749854575	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
100	9,7193023	6,5668	5,452492454	7,7739	5,683684936	9,763725891	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
100	11,197068	6,5668	5,452492454	7,7739	5,683684936	9,763725891	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
105	5,1222883	7,0018	5,629078695	8,6309	6,33598772	12,30092028	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
10,5	0,0327118	-0,18565	-0,304261649	0,06865	0,025040426	0,043073732	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
15	0,0678584	0,011	0,025983681	0,0637	0,06947055	0,076143016	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
16	0,0904779	0,0547	0,085739898	0,0725	0,083558015	0,086419501	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
16,8	0,194386	0,08966	0,130914711	0,082132	0,096074599	0,095630648	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
18,5	0,0779311	0,16395	0,220163921	0,11025	0,126582262	0,118594885	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
20	0,2120575	0,2295	0,292348512	0,1437	0,158211471	0,143396476	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
21	0,1413717	0,2732	0,337523325	0,1705	0,18191078	0,162749687	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
22,5	0,1288249	0,33875	0,401403825	0,21745	0,22160534	0,196785314	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
24	0,1809557	0,4043	0,461160042	0,2725	0,266543193	0,237938766	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
25	0,5183628	0,448	0,498957126	0,3137	0,299562762	0,270051682	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
31,5	0,5168902	0,73205	0,712943469	0,66925	0,580280422	0,614933023	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
32,4	0,8349764	0,77138	0,739026884	0,730468	0,628983821	0,689146142	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
34	1,1290099	0,8413	0,78365721	0,8465	0,721986852	0,843882575	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
35	0,6872234	0,885	0,81049677	0,9237	0,784414337	0,957775449	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
38	1,272345	1,0161	0,886641025	1,1769	0,992485445	1,4002602	<i>Diospyros chrysocarpa</i>
10	0,015708	-0,1034	-0,160006932	0,0175	0,013974298	0,025224158	<i>Diogoia zenkeri</i>
12	0,0452389	-0,0454	-0,055409055	0,0165	0,023471736	0,033082425	<i>Diogoia zenkeri</i>
13,5	0,0572555	-0,0019	0,012163073	0,021525	0,032812425	0,040544583	<i>Diogoia zenkeri</i>
15	0,0706858	0,0416	0,0726084	0,0315	0,044277834	0,049689924	<i>Diogoia zenkeri</i>
18	0,0452389	0,1286	0,177206278	0,0663	0,074370651	0,074634449	<i>Diogoia zenkeri</i>
20	0,1060288	0,1866	0,237651605	0,1005	0,100357449	0,097885867	<i>Diogoia zenkeri</i>
21	0,0923628	0,2156	0,265642523	0,1209	0,115297087	0,112101216	<i>Diogoia zenkeri</i>

24	0,0804248	0,3026	0,342249482	0,1953	0,168564001	0,168376438	<i>Diogoa zenkeri</i>
25	0,2827433	0,3316	0,365669061	0,2245	0,189317501	0,19282869	<i>Diogoa zenkeri</i>
28	0,3455752	0,4186	0,430685727	0,3253	0,261325376	0,289629401	<i>Diogoa zenkeri</i>
30	0,638136	0,4766	0,470266938	0,4035	0,317984522	0,379859777	<i>Diogoa zenkeri</i>
31,5	0,4502688	0,5201	0,498257855	0,467925	0,365321056	0,465541934	<i>Diogoa zenkeri</i>
33	0,7068583	0,5636	0,524946388	0,5373	0,417003015	0,570550781	<i>Diogoa zenkeri</i>
35	0,7068583	0,6216	0,558703183	0,6375	0,492972546	0,74829866	<i>Diogoa zenkeri</i>
37	0,6872234	0,6796	0,590583606	0,7465	0,577385881	0,981421643	<i>Diogoa zenkeri</i>

Où Vol. = volume

Annexe 8. DONNEES DE TERRAIN, VOLUME FUT, BIOMASSE SECHE FUT DE GILBERTIODENDRON DEWEVREI

N°	DHP (cm)	Dm (cm)	DFB (cm)	Hauteur fût(m)	Volume fût (cm3)	Densité verte (g/cm ³)	Biomasse fraiche fût (gr)	Rapport PS/PF	Biomasse sèche fût (gr)	Biomasse sèche fût (kg)
1	12	9	6	6	38170,35074	1,26	48094,64193	0,54	25971,10664	25,97110664
2	14	11	9	9	85529,85999	1,26	107767,6236	0,54	58194,51674	58,19451674
3	17,5	15	12,5	11	194386,0454	1,26	244926,4173	0,54	132260,2653	132,2602653
4	20	15	12	14	247400,4215	1,26	311724,5311	0,54	168331,2468	168,3312468
5	25	20	15	10	314159,2654	1,26	395840,6744	0,54	213753,9642	213,7539642
6	27	18	13,5	10	254469,0049	1,26	320630,9462	0,54	173140,711	173,140711
7	30	25	20	9	441786,4669	1,26	556650,9483	0,54	300591,5121	300,5915121
8	32	27	22	11	629810,7872	1,26	793561,5919	0,54	428523,2596	428,5232596
9	36	30	27	12	848230,0165	1,26	1068769,821	0,54	577135,7032	577,1357032
10	40	30	25	8	565486,6776	1,26	712513,2138	0,54	384757,1355	384,7571355

11	44	30	25	18	1272345,025	1,26	1603154,731	0,54	865703,5548	865,7035548
12	48	44	40	12	1824637,013	1,26	2299042,637	0,54	1241483,024	1241,483024
13	50	50	45	8	1570796,327	1,26	1979203,372	0,54	1068769,821	1068,769821
14	54	48	40	17	3076247,526	1,26	3876071,883	0,54	2093078,817	2093,078817
15	56	56	52	5	1231504,32	1,26	1551695,443	0,54	837915,5395	837,9155395
16	60	55	50	10	2375829,444	1,26	2993545,1	0,54	1616514,354	1616,514354
17	62	46	40	12	1994283,016	1,26	2512796,601	0,54	1356910,164	1356,910164
18	65	50	45	10	1963495,408	1,26	2474004,215	0,54	1335962,276	1335,962276
19	70	50	30	9,5	1865320,638	1,26	2350304,004	0,54	1269164,162	1269,164162
20	75	45	45	8	1272345,025	1,26	1603154,731	0,54	865703,5548	865,7035548
21	78	75	60	22	9719302,272	1,26	12246320,86	0,54	6613013,266	6613,013266
22	80	72	48	11	4478654,487	1,26	5643104,654	0,54	3047276,513	3047,276513
23	81	81	67,5	17	8760095,495	1,26	11037720,32	0,54	5960368,975	5960,368975
24	85,5	67,5	63	10	3578470,382	1,26	4508872,681	0,54	2434791,248	2434,791248
25	90	60	50	12	3392920,066	1,26	4275079,283	0,54	2308542,813	2308,542813
26	90	60	60	14	3958406,744	1,26	4987592,497	0,54	2693299,948	2693,299948
27	95	85	70	10	5674501,731	1,26	7149872,18	0,54	3860930,977	3860,930977
28	100	75	50	22	9719302,272	1,26	12246320,86	0,54	6613013,266	6613,013266
29	100	80,5	60	22	11197068,19	1,26	14108305,91	0,54	7618485,194	7618,485194
30	105	77	70	11	5122288,282	1,26	6454083,235	0,54	3485204,947	3485,204947

ANNEXE 9. LA DENSITE DES RONDELLES PRELEVEES A DIFFERENTS NIVEAUX DES TRONCS D'ARBRES.

Code	Dm (cm)	Longueur (cm)	PF (gr)	PF (Kg)	PS (gr)	PS (Kg)	Volume (cm3)	Densité verte (g/cm ³)	PS/PF
IF1	14	6	1050	1,05	640	0,64	923,6282402	1,136821022	0,60952381
IF2	12	5	750	0,75	386	0,386	565,4866776	1,326291192	0,514666667
IF3	10	5	700	0,7	295	0,295	392,6990817	1,782535363	0,421428571
Ib1	9	5	600	0,6	197	0,197	318,0862562	1,886280807	0,328333333
Ib2	7	3,5	150	0,15	86	0,086	134,695785	1,113620593	0,573333333
Ib3	8	3	130	0,13	67	0,067	150,7964474	0,862089275	0,515384615
Ib4	6	4	100	0,1	41	0,041	113,0973355	0,884194128	0,41
II F1	12	14	2300	2,3	1350	1,35	1583,362697	1,452604639	0,586956522
II F2	11	12	2100	2,1	1275	1,275	1140,398133	1,841462151	0,607142857
II F3	11	12	2150	2,15	1288	1,288	1140,398133	1,885306488	0,599069767
II F4	10	11	1950	1,95	1160	1,16	863,9379797	2,257106466	0,594871795
II F5	12	8	1800	1,8	1125	1,125	904,7786842	1,989436789	0,625
II b1	13	4,5	700	0,7	373	0,373	597,2953033	1,171949614	0,532857143
II b2	9	6	500	0,5	278	0,278	381,7035074	1,309917227	0,556
II b3	12	6	650	0,65	387	0,387	678,5840132	0,957876972	0,595384615
II b4	10,5	5	610	0,61	348	0,348	432,9507376	1,408936276	0,570491803
III F1	18	16	2250	2,25	1500	1,5	4071,504079	0,55262133	0,666666667
III F2	14	15	2100	2,1	1270	1,27	2309,0706	0,909456818	0,604761905
III F3	13	15	1850	1,85	1100	1,1	1990,984344	0,929188622	0,594594595
III b1	15	5	1000	1	504	0,504	883,5729338	1,131768484	0,504
III b2	12	7	1050	1,05	590	0,59	791,6813487	1,326291192	0,561904762
III b3	22	3	200	0,2	84	0,084	1140,398133	0,175377348	0,42
III b4	10	7	450	0,45	238	0,238	549,7787144	0,818511136	0,528888889
Total	271	178	25140	25,14	14582	14,582	22058,88917	29,10964393	12,52126165
Moyenne	11,8	7,73913	1093,043478	1,09304348	634	0,634	959,0821377	1,265636693	0,54440268

Où IF1 : Rondelle du premier billon du fût de la tige de 14cm de DHP ; IF2 : Rondelle du deuxième billon du fût de la tige de 14cm de DHP; etc.

Ib1 : Rondelle de la première branche de la tige de 14cm de DHP ; Ib2 : Rondelle de la deuxième branche de la tige de 14cm de DHP ; etc.

IIF1 : Rondelle du premier billon du fût de la tige de 44cm de DHP ; IIF2 : Rondelle du deuxième billon du fût de la tige de 44cm de DHP ; etc.

I Ib1 : Rondelle de la première branche de la tige de 44cm de DHP ; I Ib2 : Rondelle de la deuxième branche de la tige de 44cm de DHP ; etc.

IIIF1 : Rondelle du premier billon du fût de la tige de 62cm de DHP ; IIIF2 : Rondelle du deuxième billon du fût de la tige de 62cm de DHP ; etc.

II Ib1 : Rondelle de la première branche de la tige de 44cm de DHP ; II Ib2 : Rondelle de la deuxième branche de la tige de 62cm de DHP ; etc.

PF : Poids frais de la rondelle ; PS : Poids sec de la rondelle

Annexe 10. EVALUATION DE LA BIOMASSE POUR LES TROIS TIGES COUPEES DE LIMBALI

Tige de 14cm	Dgb (cm)	Dm	Dfb	Longueur (cm)	Volume (cm3)	Densité verte (g/cm3)	Biomasse fraiche (gr)	PS/PF	Biomasse sèche (gr)	Biomasse sèche fût (Kg)
Billon 1				400		1,14	69000	0,6	41400	41,4
Billon 2				400		1,33	40000	0,51	20400	20,4
Billon 3				400		1,78	37000	0,42	15540	15,54
Branches pesées						1,19	118000	0,48	56640	56,64
Tige de 44cm										
Billon 1	44	40,5	38,5	400	187461	1,14	213706,0549	0,58	123949,512	123,9495118
Billon 2	38,5	36	36,8	400	156058	1,33	207557,2617	0,6	124534,357	124,534357
Billon 3	36,8	33,5	33	400	134944	1,78	240200,2681	0,59	141718,158	141,7181582
Billon 4	33	32	32,2	400	118011	1,89	223040,3864	0,59	131593,828	131,593828
Billon 5	32,2	32	32	200	57303,7	1,11	63607,10389	0,625	39754,4399	39,75443993
Branche 1 non pesée	22,1	20,7	13,5	360	35506	0,86	30535,13077	0,53	16183,6193	16,18361931
Branche 2 non pesée	32	27,5	20,9	600	123371	0,88	108566,5934	0,55	59711,6264	59,71162639
Branches pesées						1,21	547200	0,58	317376	317,376
Tge de 62cm										
Billon 1	62	58	52	400	355000	1,45	514749,9563	0,66	339734,971	339,7349712
Billon 2	52	51	48	400	272900	1,84	502135,4146	0,6	301281,249	301,2812488
Billon 3	48	45	36	400	197920	1,88	372090,2339	0,59	219533,238	219,533238
Branche 1 non pesée	32	25	21	900	184372	2,26	416681,2146	0,5	208340,607	208,3406073
Branche 2 non pesée	43,3	30	28	1000	363756	1,99	723874,1423	0,56	405369,52	405,3695197
Branches pesées						0,86	742500	0,55	408375	408,375

Où : Dgb : Diamètre au gros bout, Dm : Diamètre médian et Dfb : Diamètre au fin bout

PS : Poids sec et PF : Poids frais.