

ELABORATION DU TARIF DE CUBAGE ET DE LA BIOMASSE DE GREVILLEA ROBUSTA A. CUNN ET CEDRELA ODORATA L. EN VILLE DE BUTEMBO, R.DCONGO.

Par

KAMBALE MUHESI ELOGE¹ ET MUHINDO SAHANI WALERE²

RESUME

Le présent travail a pour but l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse pour deux espèces d'arbres notamment *Grevillea robusta* et *Cedrela odorata* en ville de Butembo. Au cours de cette étude, des tarifs de cubage et des tarifs de biomasse totale à une entrée ont été obtenus pour chacune des deux espèces. Le volume total sur pied a été calculé selon la méthode de cubage à une entrée passant par la formule de Cylindre pour le calcul du volume brut.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times h \times k(\text{compas}).$$

Avec $\pi = 3.14$, D=diamètre à hauteur de poitrine et V=volume

La biomasse quant à elle était estimée en partant de volume total par le produit du facteur d'expansion de la biomasse (BEF), de la densité de bois.

Les deux de cubage correspondants aux deux espèces sont :

- ✓ Volume au dhp = $0,0017D^{2,0998}$ (*Grevillea robusta*);
- ✓ Volume au dhp = $0,0007D^{2,2572}$ (*Cedrela odorata*);

Et les deux tarifs de biomasse sont:

- ✓ Biomasse totale = $1,3891D^{2,0998}$ (*Grevillea robusta*);
- ✓ Biomasse totale = $0,4933D^{2,2572}$ (*Cedrela odorata*);

Le tarif de cubage est applicable à l'espèce et à une région donnée

summury

The purpose of this work was the development of the tariffs of cubage and biomass for two species of trees in particular Grevillea robusta and Cedrela odorata downtown of Butembo. During this study, tariffs of cubage and tariffs of total biomass at a entry were obtained for each of two quoted species Ci-high. Total volume on foot was calculated according to the method of cubage at a entry passing by the formula of Cylinder for the calculation of rough volume.

¹ Assistant à l'Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques, Vétérinaires e Forestières de Butembo, Eaux et Forêts. elogemuhesi@gmail.com

² Prof à l'Université Catholique du Graben, Faculté des Sciences Agronomiques,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times h k$$

The biomass as for it was estimated on the basis of total volume by the product of the biomass factor of expansion (BEF), the density of wood.

Both of cubage correspondents to the two species are:

- Volume with the dhp = $0,0017D^{2,0998}$ (Grevillea robusta);
- Volume with the dhp = $0,0007D^{2,2572}$ (Cedrela odorata);

And the two tariffs of biomass are:

- Total biomass = $1,3891D^{2,0998}$ (Grevillea robusta);
- Total biomass = $0,4933D^{2,2572}$ (Cedrela odorata);

The tariff of cubage is applicable A the species E to a given area

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'aménagement d'une formation naturelle ou artificielle, il est indispensable au gestionnaire de posséder des outils lui permettant de connaître le capital ligneux sur pied. Ces outils sont les tarifs de cubage donnant le volume total du peuplement ou les volumes individuels des arbres formant ce peuplement (LOUPE *et al.*, 1992). A ce volume on peut associer des études de biomasse selon des modèles préétablis pour divers types de forêts ou peuplements artificiels. Certes le volume ainsi que la biomasse sont deux termes aussi indispensables dans la connaissance de la dynamique forestière (ROLLET, 1978).

En effet, les tarifs de cubage s'ils trouvent un écho important auprès de nombreux forestiers (Exploitants forestiers et chercheurs), c'est en raison du fait qu'on peut les relier aux transactions commerciales (RONDEUX, 1993 et GAUDIN, 1998). Selon les études de la FAO (2000), les informations sur le volume et la biomasse sont importantes à l'issue des inventaires forestiers car elles permettent d'estimer le potentiel économique du matériel ligneux sur pied mais aussi les réserves de carbone. Elles peuvent être liées à l'évaluation du cycle du carbone et aident le gestionnaire à prendre des décisions vis-à-vis du capital forestier disponible, dans la planification forestière, l'organisation de la filière bois et la vente de superficies forestières ou boisées aux tierces personnes (adjudication, concessions) (ANONYME, 2002)

Peu d'études cependant en matière de tarif de cubage et de biomasse ont été menées dans le cadre des peuplements artificiels non aménagés pour la plupart et dans les plantations de la région de l'Est de la RDC en particulier. (KALINGANIRE, 1996)

C'est dans cette logique que la présente étude souscrit à établir des modèles de cubage pour deux espèces d'arbres à savoir : *Grevillea robusta* et *Cedrella odorata* dans les différents peuplements existant en ville de Butembo.

Grevillea robusta est originaire de l'Australie (HARWOOD, 1992). Cette espèce a été introduite au Kivu, au Rwanda et au Burundi pendant l'époque coloniale par les explorateurs. Au Nord-Kivu, *Grevillea robusta* est une espèce très populaire utilisée en plantation pure ou associée au caféier et à certaines cultures vivrières. Par ailleurs, *Cedrela odorata* est une plante originaire des régions tropicales d'Amérique: on la trouve du Mexique au Brésil en passant par les Caraïbes et le Pérou (DORAN et TURNBULL, 1997).

Cette étude cherche ainsi à connaître le volume sur pied et vise tout de même par la méthode indirecte à en calculer la biomasse totale en partant de ces volumes sur pied. L'on estime également que certaines informations, comme la répartition, l'abondance spécifique pourront s'en suivre et être combinées à ces tarifs de cubage ou de biomasse (équations de calcul du volume ou de la biomasse de bois) afin d'estimer le potentiel exploitable. (FAO, 2006)

Le choix a été porté sur ces deux espèces en raison de leur importance agroforestière, leur biologie associative et leur abondance à l'échelle du site de travail,

L'originalité de ces investigations est motivée par le fait qu'en général, les opérations de commercialisation des produits ligneux sont rarement précédées des estimations objectives du volume de bois sur des bases scientifiques. Les transactions se font au pif. Un manque à gagner important est observé à deux niveaux. D'une part, le vendeur vend son produit sans avoir une idée sur sa vraie valeur, rien n'étant quantifié au préalable. D'autre part, l'acheteur, pressé de satisfaire ses besoins par les biens ligneux à sa disposition, achète un produit sans qu'il se rassure du prix réel ou de la vraie valeur des bois. Impossible d'avoir une idée sur l'amélioration du prix au producteur ou de déceler si l'acheteur n'a pas disposé de ses biens ligneux en perte (KONE F., 2011)

La donnée de base était le diamètre à hauteur de poitrine d'homme (DHP), ce qui correspond à une hauteur de mesure de 1,30 m au-dessus du niveau du sol : il s'agit de la variable explicative qui permettra de prédire le volume ainsi que la biomasse des espèces.

Pour mener cette étude, trois hypothèses ont été émises:

- Les tarifs de cubage de Butembo pour les deux espèces suivraient un même modèle de régression non linéaire,

- La corrélation entre les paramètres dendrométriques, en l'occurrence le DHP, la hauteur totale d'une part, et le volume ou la biomasse d'autre part, est très forte,
- La qualité des tarifs de cubage des espèces étudiées est supérieure aux autres tarifs déjà établis par l'UCG et celui de Kasando.

Cette étude a comme objectif global d'établir les modèles (tarifs) de cubage locaux pour deux espèces exotiques et agroforestières d'arbres à savoir : *Cedrela odorata* et *Grevillea robusta* en ville de Butembo. Ainsi, les objectifs spécifiques consistent à déterminer de tarifs de cubage à une entrée pour les deux essences jugées aussi agroforestières de la contrée. Ceci permettrait de prédire le volume sur pied de ces espèces d'arbres ; estimer leur biomasse dans la ville en procédant par la méthode non destructive (méthode indirecte) sur des arbres non abattus; déterminer les caractéristiques dendrométriques (diamètre à hauteur de poitrine et hauteur totale) qui influenceraient le volume et la biomasse des arbres; relever les différences statistiques entre espèces pour le volume et la biomasse des arbres à partir de paramètres facilement mesurables (diamètre à hauteur de poitrine) en procédant par divers tests statistiques.

L'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle ouvre la voie vers une connaissance d'une partie du potentiel forestier aménageable voire exploitable sur pied. Elle mène ainsi à la constitution d'une base de données en ce qui concerne les estimations forestières : tarifs de cubage (volume total) et biomasse pour des fins d'aménagement.

Les tables ou barèmes de cubage qui seront construits sur base des modèles à établir permettront aux utilisateurs (exploitants, chercheurs) de lire directement le volume ou la biomasse lorsqu'ils appliquent des formules mathématiques tant dans le cas des arbres non abattus (sur pied) qu'abattus. Ils peuvent aussi procéder à des calculs de possibilité forestière pour l'exploitation des surfaces forestières.

2. METHODOLOGIE DU TRAVAIL

1.1.Site d'étude

1° Situation géographique

Les essais ont été conduits dans les boisements de l'hôpital Matanda (N0°7'27", E29°17'41" avec 1724m d'altitude), des prêtres assomptionnistes de Kambali (N0°8'29" ; E029°17'20" avec 1755m d'altitude), à la concession dite de Cafekit à Mutsanga (N0°8'53", E029°18'43" avec 1714m d'altitude), de l'institut Katwa et de l'institut Kirimavolo (N0°5'37", E029°18'49" avec 1712 m).

2° Climat et végétation.

La pluviométrie annuelle moyenne en ville de Butembo enregistré de 1957 à 2010 à la station météorologique s'élève à 1382 mm (SAHANI, 2011). Par contre, la moyenne annuelle de température est autour de 18,5 °C. En effet, la ville de Butembo appartient au type colombien du climat équatorial de montagne (VYAKUNO, 2006). Par ailleurs, cette ville connaît une alternance de quatre saisons dont deux saisons des pluies, de mars-avril-mai et août-septembre-octobre-novembre, influencée par le passage de la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Les deux saisons relativement sèches vont de juin à juillet et de janvier à février. Néanmoins, elles sont mal délimitées.

La végétation originelle de Butembo disparue suite à l'action anthropique a laissé place à des groupements rudéraux herbacés, adventices post culturels et des espèces ligneuses exotiques (*Eucalyptus sp.*, *Grevillea robusta*, etc.) (KATAOMBA *et al.*, 2010). La contrée a subi depuis trois siècles une déforestation systématique si bien que la forêt climacique de montagne ne subsiste que dans quelques cantons sous-peuplés ainsi que sur les quelques sommets des massifs isolés (KASAY, 1988).

1.2. Matériel et méthodes

1.2.1. Matériel

Les investigations se sont effectuées sur les arbres de même âge et de taille variée dans la plantation. Les tiges ont été mesurées sur place avec le compas forestier pour le diamètre à hauteur de poitrine et avec le ruban pour la circonférence à hauteur de poitrine. Les hauteurs totales ont été mesurées à l'aide du clinomètre de SUUNTO. Au total 250 arbres ont été échantillonnés dont 150 de *Grevillea robusta* et 100 de *Cedrella odorata*, d'un Global Positioning System (GPS) de marque Garmin 62scx pour prélever les coordonnées géographiques ; de la peinture pour numéroté les pieds d'arbre ; d'une perche de 1,30 m pour indiquer la hauteur au dhp ; les logiciels Excel et R pour le traitement et la présentation des résultats.

1.2.2. Méthodes

1° Paramètres étudiés

Pour recueillir les paramètres, 4 parcelles de 55 m x 45 m ont été installées. Pour chaque arbre *dénombré* les paramètres suivants ont été mis en considération : le diamètre à hauteur de poitrine ou diamètre de référence (DHP) ; la circonférence à hauteur de poitrine ou circonférence de référence (CHP) ; et la hauteur totale des arbres (HT).

2° Analyse des données

❖ Compilation des données

Les données telles que prélevées ont été compilées en calculant les hauteurs puis en regroupant les arbres par classe de grosseur.

✓ Calcul des hauteurs

Pour le calcul des hauteurs, la formule suivante a été utilisée :

$$H = \frac{\beta_1 + \beta_2}{100} \times Dh \quad (1)$$

H est la hauteur de l'arbre, β est la lecture sur le dendromètre Suunto et Dh est la distance horizontale séparant l'arbre de l'observateur.

❖ Calcul des volumes individuels des arbres

La formule classique de calcul du volume du cylindre a été utilisée (PARDE, 1961) :

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times h \times k \text{ (compas)} \quad (2)$$

Avec : V= volume ; D= diamètre à hauteur de poitrine de l'arbre ; h= hauteur de l'arbre et k est le coefficient de forme où en région tropicale est 0,5

❖ Estimation du volume par prédiction

L'estimation du volume a été déterminée par deux modèles d'équation de régression qui sont :

- Modèle de puissance : $V = ax^b$ (3)
- Modèle linéaire : $V = a + bx$ (4)

Avec a et b qui sont les coefficients de détermination des équations de régression et X est le diamètre et V est le volume

❖ Sélection des équations de régression

Les deux équations ont été ajustées au coefficient de détermination (R^2) exprimé en pourcentage. En effet, un coefficient de corrélation pour des tarifs de cubage, d'une valeur supérieure à 0,80 dénote d'une bonne régression (MABIALA et SEREKA, 1981). Ainsi, les équations qui ont les volumes d'arbres qui font ressortir des valeurs négatives sont également rejetées (LOKOMBE, 2006). En vue de réaliser un bon ajustement des modèles d'équation, quelques paramètres sont à calculer (RONDEUX, 1993).

3° Tarif de biomasse

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

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. Cependant la prise de hauteurs des arbres reste facultative (BROWN, 1997 et KURNIATUN *et al.* 2001).

Selon RONDEUX et OUTOUL (1998), les différentes étapes du traitement concernent le calcul des volumes individuels des arbres à partir des données récoltées sur le terrain, la sélection des équations exprimant le volume ou d'autres variables dépendantes en fonction des variables explicatives les plus pertinentes, l'ajustement de ces équations aux données observées et la construction proprement dite des tarifs de cubage.

4° Etapes de l'élaboration de tarif de biomasse

Les différentes étapes du traitement étaient presque les mêmes que pour le cubage: le calcul des biomasses individuelles des arbres en fonction de leur DHP puis l'établissement des équations de biomasse.

La biomasse des fûts est obtenue en multipliant le volume du fût par la densité des bois. La biomasse totale quant à elle, était calculée par le produit de la biomasse du fût par le BEF ou « Facteur d'expansion de biomasse » (PEARSON et BROWN, 2005) et (EGGLESTON *et al.*, 2006). Ce facteur d'expansion de la biomasse devrait varier d'une espèce à l'autre. Cependant, n'ayant pas prélevé des échantillons de bois (méthode non destructive) sur les arbres et surtout pas testé la densité au laboratoire, nous nous sommes servi des constantes proposées dans les études antérieures pour l'ensemble de forêts tropicales humides, notamment celles qui ont été menées en Amazonie par BROWN (1997) et CHAVE *et al.* (2005).

C'est ainsi que, nous avons utilisé les densités suivantes : 540-720 kg/m³ pour le *Grevillea robusta* (BLAISE *et al.*, 2008) puis 480-560 kg/m³ pour *Cedrela odorata* (TASSIN *et al.*, 2006). Le BEF a également été pris comme une constante. La valeur moyenne du BFE pour les plantations artificielles est généralement de 1,3 (FAO, 2010, EGGLESTON, 2006).

Biomasse (fût) = volume x ρ

Biomasse = volume du tronc x ρ x BEF

Où ρ désigne la densité et BEF le facteur d'expansion de la biomasse

2. RESULTATS

2.1. Présentation des paramètres dendrométriques

Le tableau 1 présente le volume calculé sur base du DHP, de la hauteur prise avec le clinomètre de Suunto et la biomasse totale.

Tableau 1 : Paramètres dendrométriques

Espèce	<i>Grevillea robusta</i>				<i>Cedrela odorata</i>			
Paramètre	DHP	Volume	Hauteur	Biomasse	DHP	Hauteur	Volume	Biomasse
Somme	3695	351,17	3210,2	329762,83	4148	2541,0	348,45	235557,85
Moyenne	35,19	3,344	30,57	2638,102	39,5	24,2	3,32	2243,41
Variance	137,2	5,261	29,61	3166686,45	125,36	23,03	5,36	2451071,13
Ecart type	11,71	2,293	5,44	159,16	11,19	4,79	2,32	1565,59
CV(%)	33,29	68,57%	17,79%	6,03%	28,33%	19,79%	69,87%	69,78%

De ce tableau, il se dégage un rapprochement entre la moyenne des volumes calculés sur base de diamètre et de hauteurs totales mesurées pour les deux espèces.

Les coefficients de variation, pour toutes les espèces (hauteur et DHP) sont inférieurs à 30% dans tous les cas sauf au niveau de DHP de *Grevillea robusta*. Ces phénomènes expliquent que l'échantillon a été tiré dans un peuplement à caractéristiques dendrométriques homogènes (arbres de même âge et soumis aux mêmes traitements).

3.2. Présentation des modèles régression

3.2.1. Equation de cubage

Le tableau 2 présente les caractéristiques des équations de cubage.

Tableau 2 : Equations de cubage

Espèces	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Grevillea robusta</i>
Coefficient (a)	0,0007	0,0017
Coefficient (b)	2,2572	2,0998
Coefficient R ²	0,9034	0,908
Equation modèle	$V(m^3) = 0,0007D^{2,2572}$	$V(m^3) = 0,0017D^{2,0998}$

3.2.2. Equations de la biomasse totale

Le tableau 3 présente les différentes caractéristiques des équations de régression de la biomasse totale: les coefficients de régression (a et b), coefficient de détermination (R²) et la forme des équations de biomasse.

Tableau 3 : Paramètres et forme des équations pour la prédiction de la biomasse totale

Espèce	A	b	R ²	Forme de l'équation
<i>Grevillea robusta</i>	1,3891	2,0998	0,908	B. totale (kg) = 1,3891x2, 0998
<i>Cedrela odorata</i>	0,4933	2,2572	0,9034	B. totale (kg)= 0,4933x2, 2572

De manière globale, au vu des tableaux 1, 2 et 3 ci-haut, relatifs aux caractéristiques et à la forme des équations pour la prédiction du volume du fût, la biomasse du fût et la biomasse totale, le constat est que le coefficient de détermination R^2 est égal à 0,908 pour *Grevillea robusta* et 0,9034 pour *Cedrela odorata*. Et comme ce dernier est supérieur à 0,7 cela dénote une bonne régression (MABIALA et SEREKA, 1981).

3.2.3. Graphiques des volumes

La relation entre le diamètre et le volume de *Cedrela odorata* et *Grevillea robusta* est illustrée par les graphiques ci-après :

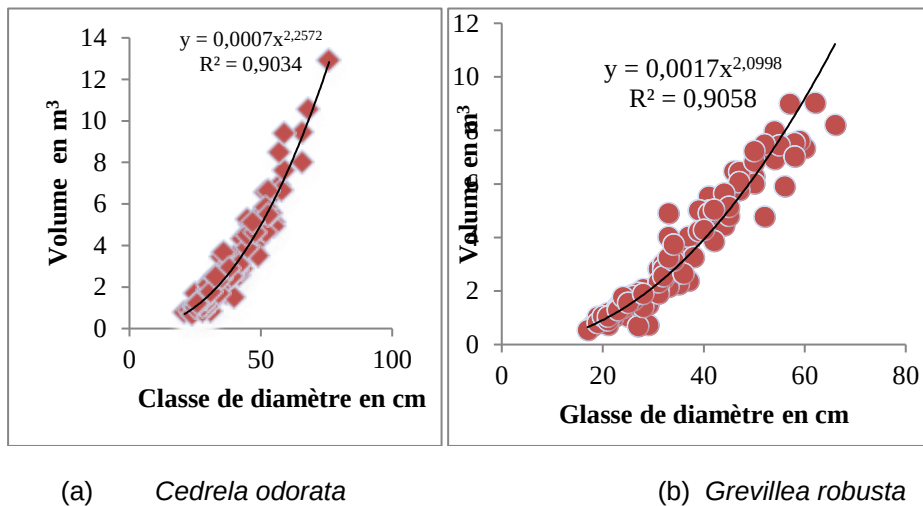


Figure 1a et 1b : Relation entre le diamètre et le volume

Il se dégage de cette figure que le volume pour les deux espèces varie de façon non linéaire en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine (DHP). On observe également l'hétéroscédasticité et la variance du volume augmente également avec le diamètre. Le volume maximum pour les deux espèces diffère. Il se dégage également que pour l'espèce *Grevillea robusta* le volume du plus gros arbre (66 cm au DHP) serait estimé à environ 8,206 m³ tandis que pour le *Cedrela odorata* le gros arbre (de même grosseur environ 66 cm au DHP) aurait environ 9,4377 m³. Ceci se justifie par le fait que les tiges de *Cedrela odorata* sont naturellement élancées que celles *Grevillea robusta* (MUHESI et al, 2012)

3.2.4. Biomasse totale

La figure 2 montre l'évolution de la biomasse totale des tiges pour les deux espèces en fonction du diamètre.

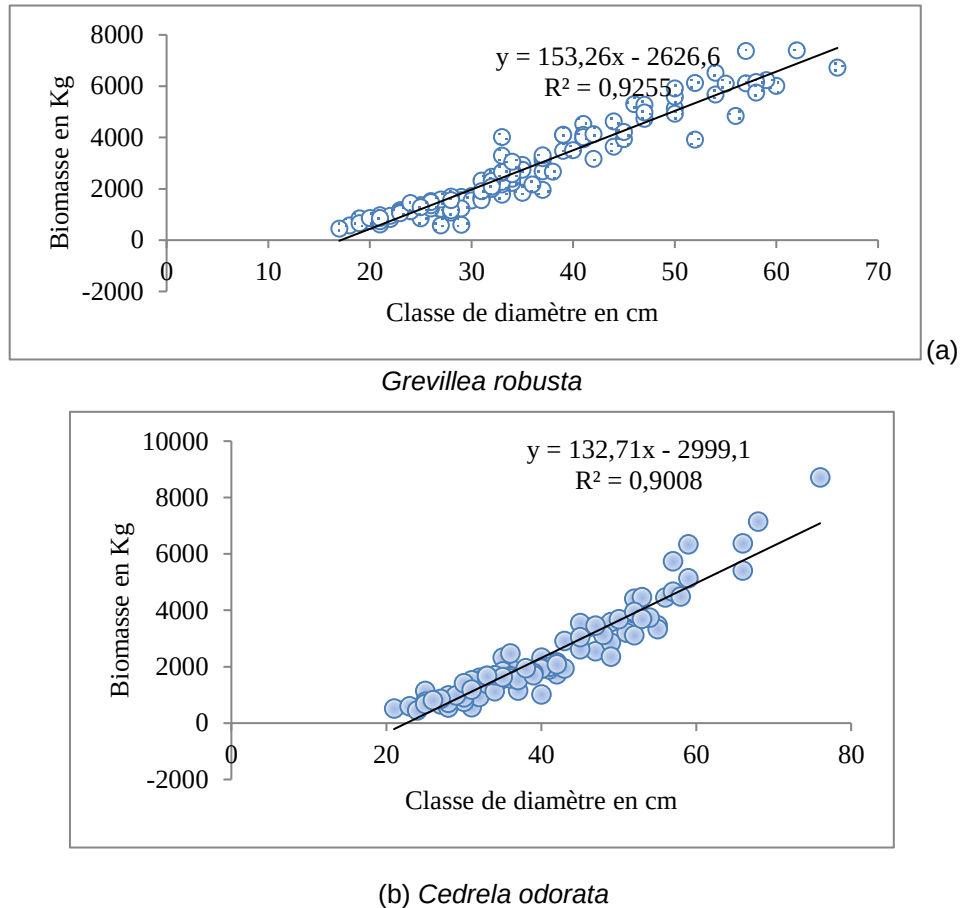


Figure. 2. Relation entre le diamètre et la biomasse

La biomasse totale étant le produit de la biomasse du fût par le Facteur d'Expansion de la biomasse (également une constante), l'allure des nuages de points ne change presque pas. Seules les quantités sur l'axe des Y ont augmenté et elles restent proportionnelles à la biomasse.

3.2.5. Tables de cubage

Ces tables donnent les volumes des fûts estimés en fonction du DHP en commençant par la classe minimale soit de 10 cm à 19 cm jusqu'à celle considérée comme supérieure (DHP maximum) pour les deux espèces étudiées.

Tableau 4: Tarif de cubage de *Grevillea robusta*

ESSENCE : <i>Grevillea robusta</i> Territoire d'application : Ville de Butembo Equation : Vol (m ³) = 0,0017*D ^{2,0998}										
DHP (cm)	Volume brut (m ³) sur écorce : de la hauteur à la poitrine jusqu'au sommet									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	0,2139	0,2613	0,01707	0,0499	0,1011	0,5011	0,5739	0,6518	0,7349	0,8233
20	0,2139	1,0158	1,1201	1,2297	1,3446	1,4650	1,5907	1,7219	1,8586	2,0007
30	0,9169	2,3014	2,4601	2,6243	2,7941	2,9694	3,1504	3,3370	3,5292	3,7270
40	2,1483	4,1397	4,3545	4,5751	4,8014	5,0334	5,2711	5,5146	5,7639	6,0189
50	3,9305	6,5464	6,8188	7,0971	7,3812	7,6711	7,9669	8,2686	8,5762	8,8896
60	6,2798	9,5342	9,8653	10,2024	10,5454	10,8944	11,2493	11,6102	11,9770	9,2089
70	9,2089	13,1135	13,5044	13,9012	14,3041	14,7130	15,1279	15,5489	15,9760	16,4091

Cette table révèle que le volume pour l'espèce *Grevillea robusta* de 0,2139m³ (Volume correspondant au diamètre minimum à 10 cm) à environ 16m³ (maximum dans la classe de diamètre de 70 cm)

Tableau 5 : Table de cubage de *Cedrela odorata*

ESSENCE : <i>Cedrela odorata</i> Territoire d'application : Ville de Butembo Equation : Vol (m ³) = 0,0007*D ^{2,5272}										
DHP (cm)	Volume brut (m ³) sur écorce : de la hauteur à la poitrine jusqu'au sommet									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	0,2356	0,2998	0,3735	0,4573	0,5515	0,6566	0,7729	0,9009	1,0409	1,1933
20	1,3585	1,5367	1,7284	1,9340	2,1536	2,3876	2,6364	2,9002	3,1794	3,4743
30	3,7851	4,1121	4,4556	4,8159	5,1933	5,5881	6,0004	6,4306	6,8790	7,3457
40	7,8311	8,3353	8,8587	9,4015	9,9639	10,5462	11,1485	11,7712	12,4145	13,0786
50	13,7636	14,4700	15,1978	15,9473	16,7187	17,5122	18,3281	19,1665	20,0278	20,9119
60	21,8193	22,7501	23,7044	24,6826	25,6847	26,7111	27,7619	28,8372	29,9374	21,8193
70	32,2128	33,3885	34,5898	35,8168	37,0698	38,3488	39,6542	40,9861	42,3447	43,7301

Cette table révèle que le volume pour l'espèce *Cedrela odorata* de 0,2356m³ (Volume correspondant au diamètre minimum à 10 cm) à environ 43,7301 m³ (maximum dans la classe de diamètre de 70 cm).

Par ailleurs, le tableau 6 ci-après présente les valeurs moyennes de la biomasse (du fût et totale) de l'arbre moyen pour les deux espèces étudiées.

Tableau 6: Biomasse de l'arbre moyen par espèce

Espèce	Diamètre moyen (cm)	Biomasse moyenne (Kg)
<i>Cedrela odorata</i>	39,5	5128,199548
<i>Grevillea robusta</i>	35,19	2459,823802

Il ressort de ce tableau que la biomasse totale moyenne par arbre pour l'espèce

Cedrela odorata est supérieure à celle *Grevillea robusta*.

3. Discussion

La discussion des résultats obtenus porte sur la comparaison des tarifs de cubage à une entrée élaborée dans les plantations de l'hôpital Matanda, des prêtres assomptionnistes à Kambali, de Cafekit à Mutsanga, de l'institut Katwa et de l'institut Kirimavolo en ville de Butembo (présent travail) ainsi que ceux obtenus à la ferme agropastorale de l'UCG à Butembo (MUTUKA, 2013) et dans la plantation de Kasando à Kayna située à environ 150 km au sud de Butembo sur l'axe Butembo-Goma (SIVUNAVIRWA, 2009). Quant à la biomasse, cette étude s'appuie sur les résultats observés pour les deux espèces en étude. Pour rappel, les mesures ont été réalisées sur des arbres-échantillons dont le diamètre était ≥ 10 cm à 1,30 m au-dessus du niveau du sol.

3.1. Tarif de cubage

Pour les arbres sur pied, on estime le volume, nous avons utilisé la formule classique d'Hubert (PARDE, 1961) pour le calcul du volume :

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times k \times h$$

Comparaison des paramètres des tarifs

La comparaison porte sur les caractéristiques des tarifs dans la ferme agropastorale de l'UCG avec ceux des autres contrées pour la même espèce

Tableau 7 : Comparaison des paramètres des tarifs

N°	Essence	Lieu	Méthode de plantation	Formule
1	<i>Grevillea robusta</i>	UCG	Futaie	VDHP= 0,0004D ² , 4183 R ² (%)= 93,57
2	<i>Grevillea robusta</i>	Kasando	Futaie	V _{DHP} = 0,0002 D ² , 252 R ² (%)= 92,6
3	<i>Grevillea robusta</i>	Butembo	Futaie	V _{DHP} =0,0017D ² , 0998 R ² = 90,8%

Ce tableau montre que les caractéristiques des équations de cubage varient en fonction des sites d'applications. On voit également que l'ordonnée à l'origine (coefficient "a") du tarif du présent travail est supérieure à celui de la ferme agropastorale de l'UCG au sud-ouest de la ville et de la plantation de Kasando sis à 150 km au sud de Butembo. Par contre, sa pente (coefficient "b") reste inférieure. Ainsi, l'augmentation du coefficient en exposant provoquerait proportionnellement celle du volume estimé pour la forme puissance. Ces différentes valeurs observées dans tous les cas résulteraient de l'influence des domaines de validité des tarifs. En effet, les tarifs de cubage ne sont applicables que dans la zone d'étude pour les

essences ainsi que les classes de diamètres couverts par l'échantillon ayant servi de base de mesure (ATIBT, 2006 ; RONDEUX, 1993 ; RONDEUX *et* OUTOUL, 1998) et révéleraient également de la méthodologie appliquée dans chacune d'études, voire de types de peuplement.

3.2. Biomasse totale

Plusieurs études ayant été menées en forêt tropicale ont tenté à 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). D'autres ont démontré que la biomasse estimée (Best) équivaut au produit du facteur d'expansion de la biomasse (BEF), de la densité (ρ en g/cm³), du diamètre au carré (D^2 en cm) et la hauteur totale des arbres (H en m). Par exemple : $\text{Best} \equiv 0,0694 \times \rho D^2 H$ Best = 0,0430 ($\rho D^2 H$) 0,950 (CHAVE *et al.*, 2005), $\text{Best} \equiv 0,0509 \times \rho D^2 H$ (CHAVE *et al.* 2005).

Dans le cadre de cette étude, la biomasse était estimée en partant des volumes des arbres par la relation ci-après :

Biomasse = volume du tronc $\times \rho \times \text{BEF}$ (EGGLESTON *et al.* 2006) avec BEF= 1,66.

Les histogrammes ci-dessous illustrent la biomasse totale pour les deux espèces (les valeurs se retrouvent dans le tableau 6 des données).

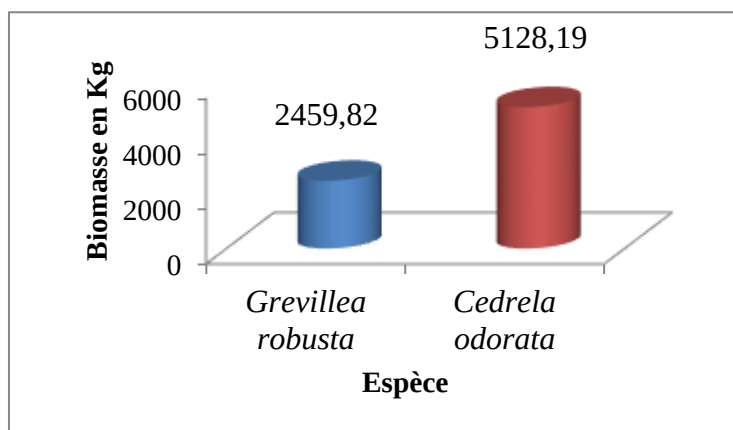


Figure 3 : histogramme de la biomasse des arbres moyens de deux espèces

En examinant cette figure relative à la biomasse moyenne, les deux espèces ont généralement suivi le schéma général ci-après : Biomasse de *Cedrela odorata* (5128,19 kg) > Biomasse de *Grevillea robusta* (2459,82kg). Cette différence serait due exactement au fait que l'espèce *Cedrela odorata* présente, dans un même type

forestier, des fûts présentant de longueur assez remarquable par rapport *Grevillea robusta* (MUHESI et al 2013).

CONCLUSION

Le présent travail avait pour but l'élaboration des tarifs de cubage et de biomasse pour deux espèces d'arbres notamment *Grevillea robusta* et *Cedrela odorata* en ville de Butembo. Au cours de cette étude, des tarifs de cubage et des tarifs de biomasse totale à une entrée ont été obtenus pour chacune des deux espèces ci-haut citées. Le volume total sur pied a été calculé selon la méthode de cubage à une entrée passant par la formule de cylindre pour le calcul du volume brut.

La biomasse quant à elle était estimée en partant de volume total par le produit du facteur d'expansion de la biomasse (BEF), de la densité de bois.

Les deux tarifs de cubage correspondants aux deux espèces sont :

✓ Volume au dhp = $0,0017D^{2,0998}$ (*Grevillea robusta*);

✓ Volume au dhp = $0,0007D^{2,2572}$ (*Cedrela odorata*);

Et les deux tarifs de biomasse sont:

✓ Biomasse totale = $1,3891D^{2,0998}$ (*Grevillea robusta*);

✓ Biomasse totale = $0,4933D^{2,2572}$ (*Cedrela odorata*);

Celle-ci est égale à 5128,19 kg pour *Cedrela odorata*, à 2459,82 kg pour *Grevillea robusta*

Références bibliographiques

A.T.I.B.T, 2006. Formation de forestier aménagiste et gestionnaire forestier. Dendrométrie et Topographie. Module 2. Libreville, Gabon, 47 p.

Blaise Cooke, Christian Burren, Michel J. Rakotoniaina, Stève Ramiamanantsoa 2008. Fiches techniques pour promouvoir les plantations des arbres, (Maquette), USAID Madagascar

Brown, B., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure J.-P., Nelson B. W., Ogawa H., Puig, H., Riéra B., Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87-99

Doran CJ et Turnbull JW. 1997. American trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics. *ACIAR monograph* No. 24, 384 p.

- Eggleston S., Buendia K-M., Ngara T. et Tanabe K.**, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol 4, *Japan*. 678 p.
- FAO, 2000.** Evaluation des ressources forestières mondiales. *Rapport principal Etude FAO- forêt no 140, Rome*, 85 p.
- FAO, 2010**, les forêts du bassin du Congo, Etat des forêts.
- Gaudin S.**, 1998 : Dendrométrie des peuplements, BISA. *Gestion forestier Module D42, France*, 7 – 8 – 13p
- Harwood CE. 1992.** *Grevillea robusta* in agroforestry and forestry: *Proceedings of an International Workshop*.
- Kalinganire A, 1996.** Performance of *Grevillea robusta* in plantations and on farms under varying environmental conditions in Rwanda. *Forest Ecology and Management*, 80: 279–285.
- Kasay, K.**, 1988. Dynamisme Démo-Géographique et mise en valeur de l'espace en milieu équatorial d'altitude : *Cas du Pays Nande au Kivu Septentrional, Zaïre. Thèse Doctorat : Géographie : Université de Lubumbashi*. 404 p.
- Kataomba, K., Maombi, M., Kambale, M. et Kamabu, V.**, 2010. Plantes adventices du peuplement à *Eucalyptus* sp. en ville de Butembo, R.D. Congo. *Annales des Sci & Sci.Appl. UOB.*, vol. 2, pp39-45.
- Kone F. 2011.** Dendrométrie. *Gestion des agro-écosystèmes, Agrophysiologie et Production végétale* p31
- Kurniatun, H., Sitompul, S.M., Meine, V.N., et Palm, C.** 2001. Methods for sampling carbonstocks above and below ground. *International Center for Research in Agroforestry. Bogor, Indonesia*, 23 p.
- Lokombe D.**, 2006: Caractéristiques dendrométriques et stratégiques d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* de la forêt de Bengamisa. *Thèse de Doctorat, inédit, IFA/ Yangambi*, 223 p.
- Loupe, D., Koua, M. et Coulibaly, A.**, 1992. Tarifs de cubage pour *Isobertia doka* Craib et stapf en forêt de Badénou (nord Côte d'Ivoire). *Technical report, Institut des Forêts (IDEFOR), département foresterie, Côte d'Ivoire*, 12 p.
- Mabiala N. et Sereka, K.**, 1981, Normes d'inventaire forestier. *Cahier n°3. Tarif de Cubage. SPIAF KINSHASA*, 114p.
- Muhesi, K., Paluku N., et Sindani K.**, 2013. Etude dendrologique de la région de Kayna-Luofu, in *Annales des Sci&Sci.Appl. UOB.*, vol. 3 pp88
- Mutuka, L. 2013.** Etude de quelques paramètres dendrométriques : cas du tarif de cubage de *Grevillea robusta* dans la ferme agropastorale de l'UCG, *TFC inédit UCG*
- Pardé, 1961.** Manuel de dendrométrie, *Ecole des Eaux et Forêts de Nancy*, 350p

Pearson T. et Brown S., 2005. Guide de mesure et de suivi en carbone dans les forêts et prairies herbeuses, *Winrock International*, 39 p.

Rollet, B., 1978. Organisation in tropical ecosystems. UNESCO, Naturel resources Research XIV. Paris, France, 35 p.

Rondeux, J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Presses agronomiques de Gembloux, Belgique* : 521 (62-100).

Rondeux, J. et Otoul, C., 1998. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique) : *Presses agronomiques de Gembloux*, pp 41-68.

Sahani M., 2011. Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo (Nord-Kivu /RDC), *thèse de doctorat Université de Liège* 300 p.

Sivunavirwa, M . 2009. Contribution à l'élaboration du tarif de cubage de *Grevillea robusta* A. Cunn dans la concession des sœurs de la paroisse de Kasando, Kirumba, *TFC inédit ISEAVF* p39

Tassin, J., Rivière, J.N., Cazanove, M., Bruzzeses, E. 2006. Ranking of invasive woody plant species for management on réunion Island. *Weed research* 46, 388-403

Vyakuno, K., 2006. Pression anthropique et aménagement rationnel des hautes terres de Lubero en RDC. Rapports entre société et milieu physique dans une montagne équatoriale, Tome I, *Thèse, Université de Toulouse II*, Département de géographie et aménagement, 144p.