

Détermination de la densité de bois et du pouvoir calorifique de quatre espèces de boisements urbains de Kinshasa en République Démocratique du Congo

T. Eustache Kidikwadi¹, A. Constantin Lubini¹, K. Honoré Belesi¹, A. Dande¹, and K. Luhusu²

¹Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoirs Endogènes,
Département des Sciences de l'Environnement de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa,
B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

²Ecole post-universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux (E.R.A.I.F.T), B.P. 15.373,
Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The density of woods of *Chaetocarpus africanus* Pax, *Millettia drastica* Welw., *Barteria nigritana* Hook.f. and *Gaertnera paniculata* Benth. was specified by liquid method. The wood fragment of this species was taken at different hauteur of wood trunk of species studied. The data obtained was analyzed with the statistical test, in particular the ANOVA and PCA for to explain the intra-and extra variations observed. The results show the intra-and extra-significant difference.

KEYWORDS: density, wood, heating value, urban afforestation, Kinshasa.

RESUME: La densité de bois de *Chaetocarpus africanus* Pax, *Millettia drastica* Welw., *Barteria fistulosa* Hook.f. et *Gaertnera paniculata* Benth. a été déterminée par voie liquide. Des échantillons de bois prélevés à différentes hauteurs de tronc des individus de chaque espèce choisie dans quelques boisements urbains de Kinshasa ont servi de matériel. Les données obtenues ont été soumises aux tests statistiques : l'ANOVA, l'ACP et le test de corrélation de Pearson. Les résultats mettent en évidence des différences significatives inter- et extra-spécifiques.

MOTS-CLEFS: densité, bois, pouvoir calorifique, boisement urbain, Kinshasa.

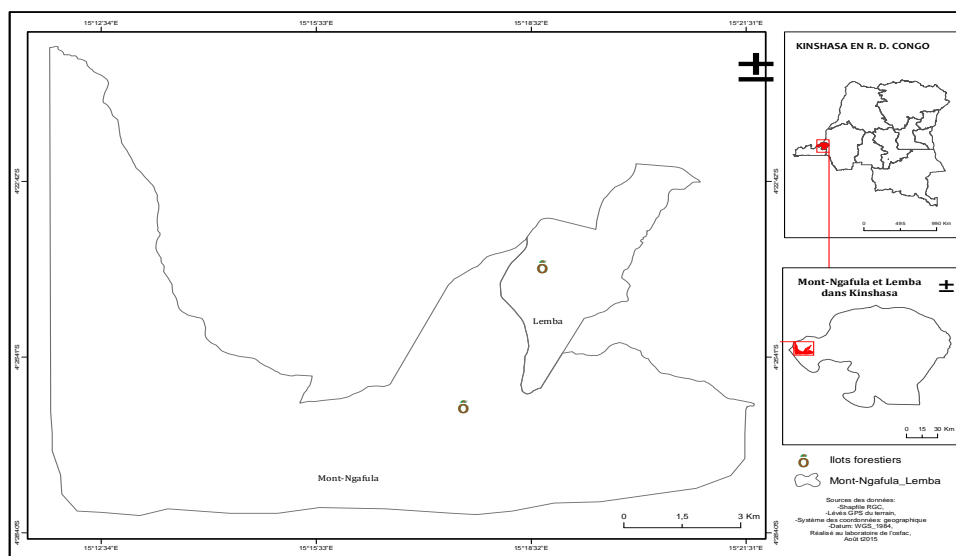
1 INTRODUCTION

Le processus du REDD+ vise l'évaluation indirecte de la quantité de carbone organique séquestré dans les arbres des forêts et des boisements urbains. Il apparaît nécessaire d'établir des équations allométriques qui requièrent des données chiffrées sur le diamètre, la hauteur et la densité du bois des arbres constituant les formations végétales. Dans la zone en climat tropical humide, des données sur la densité du bois demeurent très rares.

Cette note propose de déterminer par voie expérimentale la densité de bois à l'état anhydre, l'âge apparent et le pouvoir calorifique de *Chaetocarpus africanus* Pax, *Millettia drastica* Welw., *Barteria fistulosa* Hook.f. et *Gaertnera paniculata* Benth. Ces essences font partie des espèces pionnières intervenant dans le processus de régénération forestière naturelle des terres forestières dégradées et des formations herbeuses et s'observent également dans des rares boisements naturels en milieu urbain.

2 MATERIEL ET METHODES

Des récoltes des échantillons botaniques ont été faites dans les boisements urbains du Centre Spirituel de Marena et Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa. Quatre espèces : *Barteria fistulosa*, *Chaetocarpus africanus*, *Gaertnera paniculata*, *Millettia drastica*. Il s'agit de prélèvements des échantillons de bois de tronc pour servir du matériel permettant de déterminer leur densité, l'âge apparent et le pouvoir calorifique de chaque essence. Pour chaque espèce, le matériel prélevé consiste à des fragments de bois prélevés à trois niveaux : la base, partie moyenne et vers l'extrémité correspondant au bois fort, c'est-à-dire bois aouté, bois intermédiaire et bois apical. Ces prélèvements ont été faits sur les deux sites. Chaque tranche de bois mesurait 10 cm de longueur. Au total trois fragments par individu ont permis d'effectuer les manipulations au laboratoire (Figure.2). La carte 1 localise les boisements urbains à Kinshasa.



Carte 1. Localisation des boisements urbains à Kinshasa

Source : carte originale, élaborée à l'aide de logiciel Datum WGS 1984, OSFAC/UNIKIN, juillet 2015.

Les échantillons prélevés ont été pesés à l'état frais sur une balance de précision de marque Sartorius (capacité = 210 g ; d = 0,001). Le poids de l'écorce a été soustrait. Les tranches de bois rassemblés ont été emballés dans le papier d'aluminium et séchés à l'étuve à une température de 105°C jusqu'à l'obtention du poids constant.

Pour déterminer le volume de bois, nous nous sommes inspirés du modèle proposé par [1]. La méthode la plus couramment utilisée a consisté à mesurer le déplacement du volume d'eau provoqué par l'immersion de l'échantillon dans l'eau. La mesure de volume d'eau a été faite à l'aide d'une éprouvette graduée, adaptée à la taille de l'échantillon. La densité du bois à l'état anhydre (D_0) est égale au rapport de la masse du bois à l'état anhydre à son volume à l'état anhydre [2]. La densité est une grandeur sans dimension et sa valeur s'exprime sous forme d'un rapport. Elle a été obtenue à l'aide de formule suivante : M_0/V_0 .

Avec M_0 = masse (poids) d'un corps considéré ; V_0 = volume d'un corps donné [1] [2].

La figure 1 indique le modèle de prélèvement des fragments de bois de chaque individu de l'espèce étudiée et la figure 2 montre la mesure du volume des échantillons par déplacement du volume d'eau.

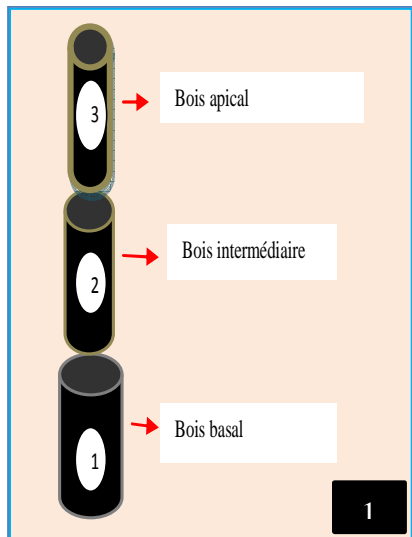


Figure 1. Modèle de prélèvement des fragments de bois de chaque individu de l'espèce étudiée

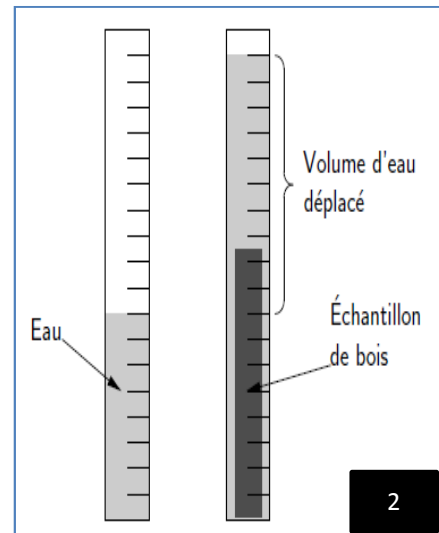


Figure 2. Mesure du volume des échantillons par déplacement du volume d'eau

Pour estimer l'âge apparent moyen des individus choisis, nous avons utilisé la formule proposée par [3] [4] sur l'accroissement annuel moyen des espèces étudiées. L'accroissement annuel moyen (AAM) de *Chaetocarpus africanus*, *Millettia drastica*, *Gaertnera paniculata* et *Barteria fistulosa* atteint 0,5/ an. Ainsi la formule suivante a permis de déterminer l'âge des individus rassemblés :

Age = R/AAM. Avec R= rayon de l'arbre (cm) ; AAM = accroissement annuel moyen 0, 5/an. La valeur obtenue correspond à l'âge apparent de l'espèce considérée.

Le test de l'ANOVA a servi à l'analyse des résultats obtenus. Les variables soumises à ce test au seuil de 95 % de probabilité concernent la densité, volume, masse fraîche et sèche des bois ainsi que les cendres des espèces provenant de deux sites de l'étude. Le test de Fisher a permis de comparer les moyennes des mesures des variables étudiées.

le test de corrélation de Pearson et de l'Analyse en Composante Principale (APC) ont été appliqués, à l'aide des logiciels Origin version 8 et XLSTAT 2014 au seuil de probabilité de 5 %. Le test de corrélation a permis de vérifier la relation entre les paramètres étudiés. Pour expliquer l'influence de chaque variable dans les résultats obtenus, on a recouru à l'Analyse de Composante Principale (ACP). Autre le logiciel PAST version 3.08 / 2014 (Cluster analysis) a permis de déterminer le dendrogramme de similarité entre les espèces étudiées.

3 RESULTATS

Les résultats concernent la masse fraîche de bois, l'évolution pondérale en fonction du temps, la teneur en eau de bois des espèces, le volume de bois ainsi que la densité de bois des espèces étudiées.

3.1 MASSES FRAICHES DES FRAGMENTS DE BOIS ETUDIÉS

Les données reprises dans la figure 3 et 4 montrent que les moyennes de masses fraîches des fragments de bois étudiés varient de 69 g à 99 g pour le matériel provenant du Domaine de Centre Spirituel de Marena . De ces données chiffrées, le poids de *Millettia drastica* est de 99g et celui de *Chaetocarpus africanus* 71g. Par contre les moyennes calculées de bois des espèces de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa, oscillent entre 34g et 66g où *Barteria fistulosa* atteint la valeur la plus élevée, soit 66g, suivi de *Millettia drastica* 53g. Les figures 3 et 4 donnent les détails des valeurs obtenues.

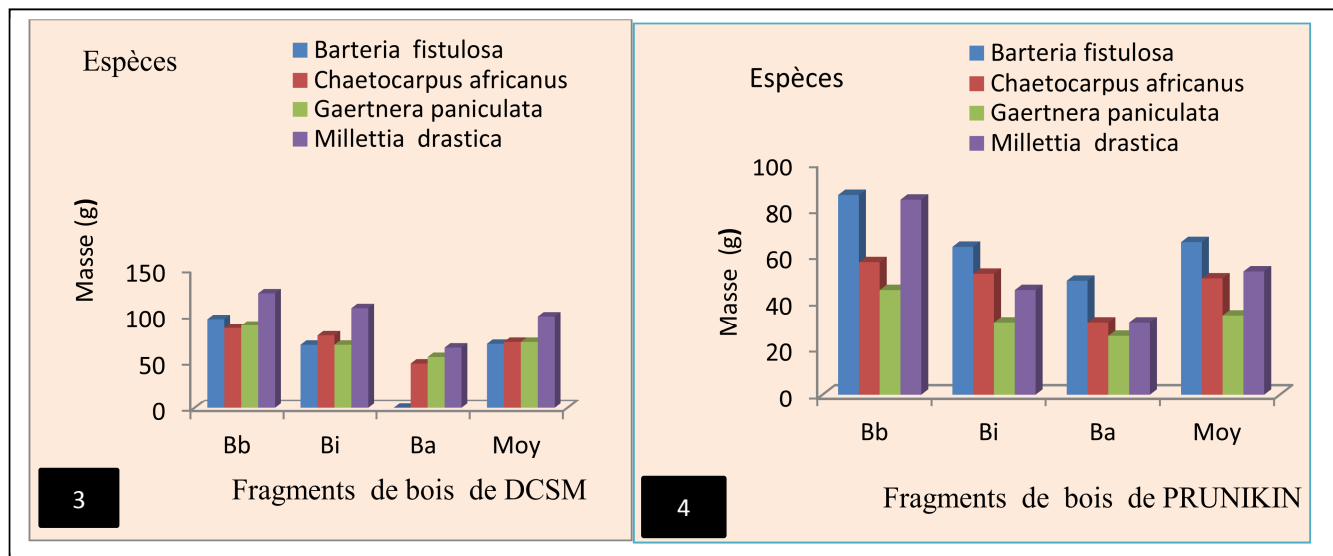


Figure 3. Masses fraîches des espèces en étude dans le boisement de DCSM. Figure 4. Masses fraîches des espèces en étude dans le boisement de PRUNIKIN.

Légende : Ba = Bois apical ; Bb = Bois basal ; Bi = Bois intermédiaire ; DCSM = Domaine de Centre Spirituel de Marena ; PRUNIKIN = Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa ; \bar{X} = Moyenne ; F_c = F calculé ; F_{th} = F théorique ; ddl = Degré de liberté.

Le test statistique appliqué (ANOVA) révèle que les masses fraîches d'espèces du Domaine de Centre Spirituel de Marena sont plus lourdes que celles du Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa, sauf les fragments de bois de *Barteria fistulosa* où le F calculé dépasse de loin le chiffre repère de la table de Fisher ($F_c = 41,26 > F_{th} = 9,55$).

3.2 EVOLUTION PONDERALE SELON L'ESPECE ETUDIEE EN FONCTION DU TEMPS

Les valeurs enregistrées montrent que la constance des moyennes des masses fraîches des échantillons a été observée à partir de la 72^{ème} heure pour toutes les espèces soit 56 g et 29 g, respectivement pour le DCSM et le PRUNIKIN. Les figures 5 et 6 donnent les résultats obtenus.

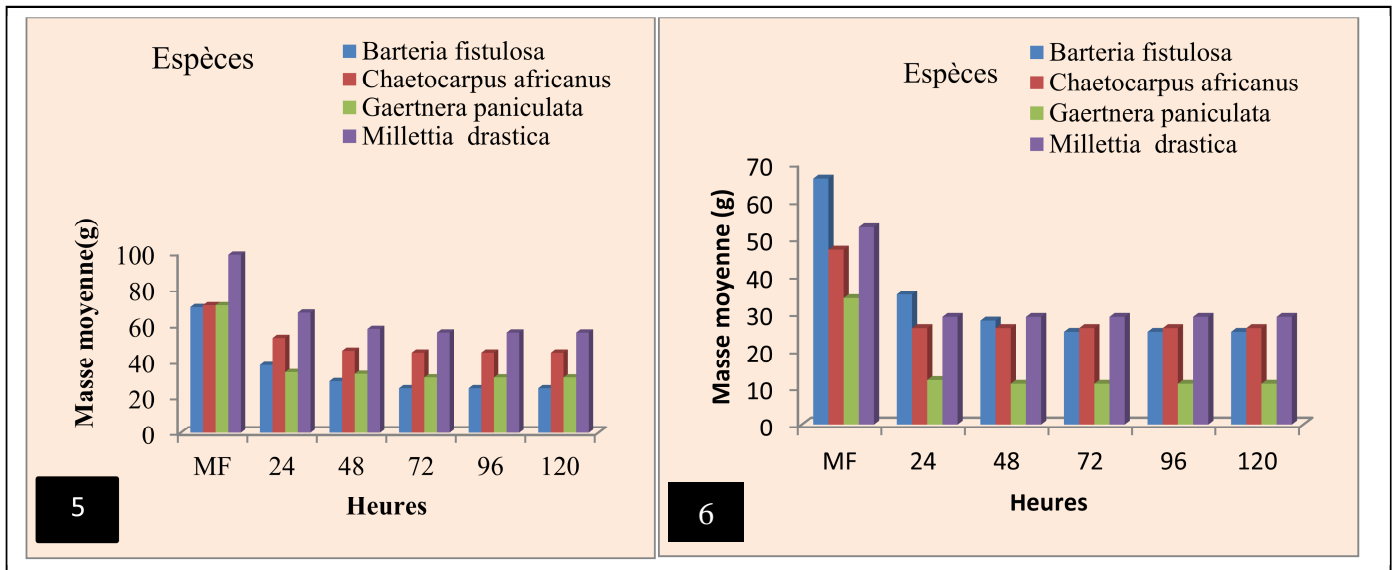


Figure 5. Evolution pondérale selon l'espèce étudiée en fonction du temps dans le boisement de DCSM. Figure 6. Evolution pondérale selon l'espèce étudiée en fonction du temps dans le boisement de PRUNIKIN.

Légende : DCSM = Domaine de Centre Spirituel de Marena ; PRUNIKIN = Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa.

3.3 MASSES SECHES DES ESPECES ETUDIEES

Les valeurs révèlent que les moyennes de masses sèches des fragments de bois varient de 25,6g à 56,2g pour les bois du Domaine de Centre Spirituel de Marena et de 11,7g à 29,1g de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa. Les moyennes de masses sèches de toutes les espèces étudiées se trouvent aux figures 7 et 8.

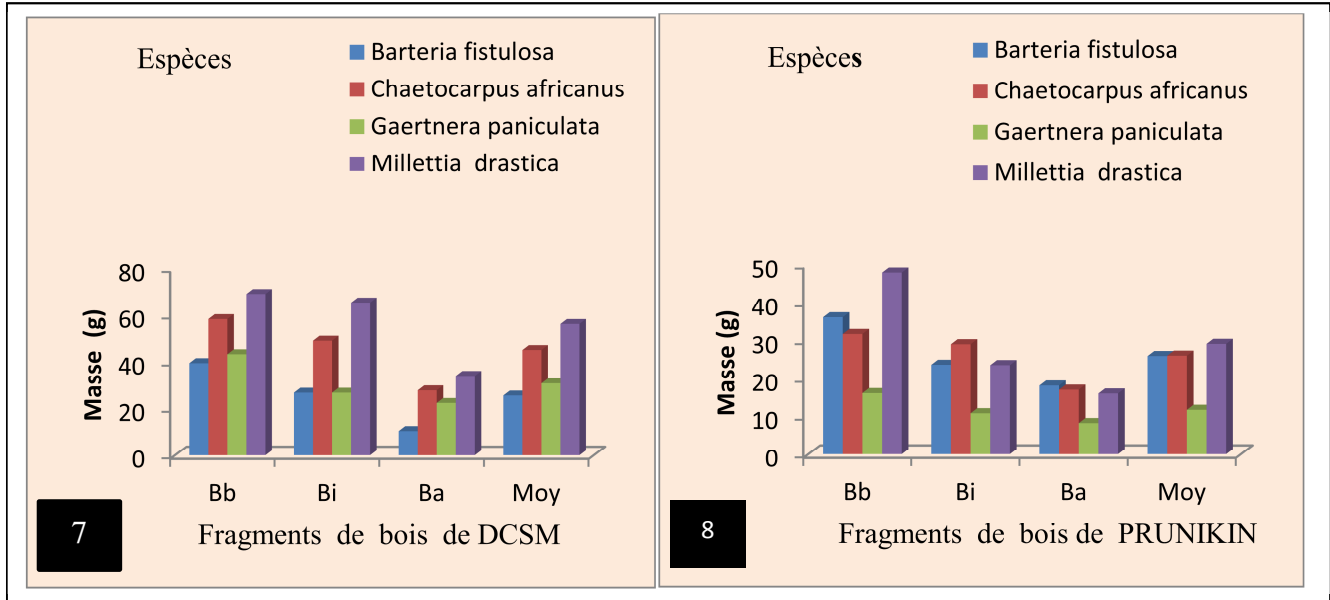


Figure 7. Masses sèches de toutes les espèces considérées au DCSM. Figure 8. Masses sèches de toutes les espèces considérées au PRUNIKIN.

Légende : Ba = Bois apical ; Bb= Bois basal ; Bi = Bois intermédiaire ; DCSM= Domaine de Centre Spirituel de Marena ; PRUNIKIN = Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa ; \bar{X} = Moyenne ; Fc = F calculé ; Fth = F théorique ; ddl = degré de liberté.

Le test statistique appliqué (ANOVA) montre que, les masses sèches de bois de Domaine de Centre Spirituel de Marena sont plus lourdes que celles de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa sauf celles de *Barteria fistulosa* où le *F* calculé dépasse de loin le chiffre repère de la table de Fisher ($F_c = 20,46 > F_{th} = 9,55$).

3.4 VOLUME DE BOIS DES ESPECES EN ETUDE

Les moyennes de volumes du matériel calculés dépendent d'espèce et du site. *Millettia drastica* présente un volume de $78,3 \text{ cm}^3$ et *Chaetocarpus africanus* 60 cm^3 dans le boisement du Domaine de Centre Spirituel de Marena. Tandis qu'au Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa, *Barteria fistulosa* atteint 45 cm^3 . Les figures 9 et 10 donnent les valeurs chiffrées de volumes de bois calculé.

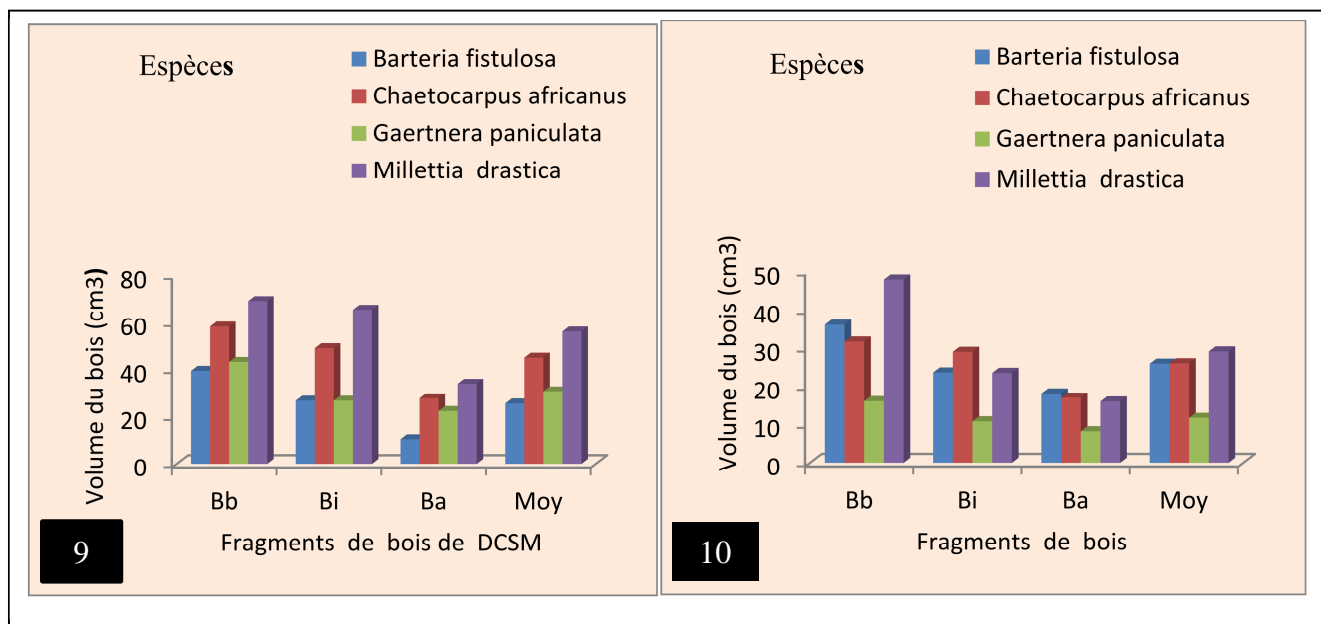


Figure 9. Volume de bois (cm³) du DCSM. Figure 10. Volume de bois (cm³) au PRUNIKIN.

Légende : BA = Bois apical ; Bb = Bois basal ; Bi = Bois intermédiaire ; DCSM= Domaine de Centre Spirituel de Marena ; PRUNIKIN = Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa ; \bar{X} = Moyenne ; F_c = *F* calculé ; F_{th} = *F* théorique ; *ddl* = degré de liberté.

Le test d'ANOVA appliqué montre que les tranches de bois du Domaine de Centre Spirituel de Marena ont de volumes plus élevés que ceux de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa, sauf ceux de *Barteria fistulosa* où le *F* calculé dépasse de loin le chiffre repère de la table de Fisher ($F_c = 37,33 > F_{th} = 9,55$).

3.5 DENSITE DE BOIS DES ESPECES ETUDIEES

Les moyennes de densités de bois calculées varient selon l'espèce étudiée. Les valeurs obtenues sont indiquées dans l'ordre décroissant comme suit 0,75 à 0,74 > 0,74 à 0,71 > 0,57 à 0,51 > 0,57 à 0,46 respectivement pour *Chaetocarpus africanus*, *Millettia drastica*, *Barteria fistulosa* et *Gaertnera paniculata*. La figure 11 donne les détails de la densité de bois obtenus.

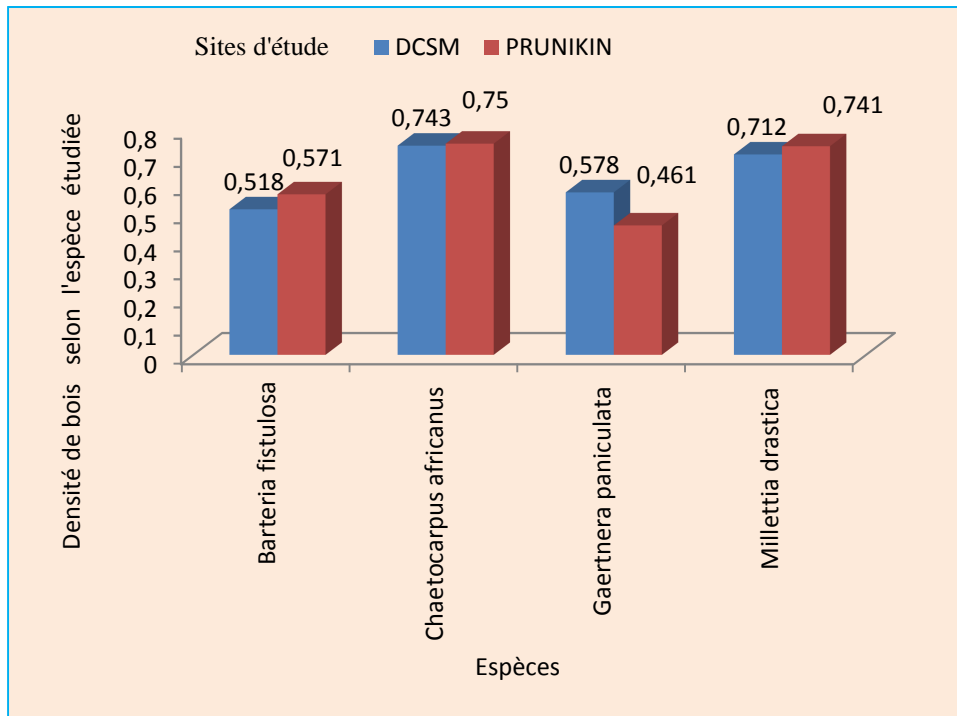


Figure 11. Densité de bois des espèces étudiées dans les deux boisements de Kinshasa.

Le test d'ANOVA révèle ce qui suit : quelques soit le traitement subi, la densité de bois des espèces de Domaine de Centre Spirituel de Marenza sont moins lourdes que celles de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa sauf celle *Chaetocarpus africanus* où le F calculé dépasse de loin le chiffre repère de la table de Fisher ($F_c = 16,67 > F_{th} = 9,55$).

3.6 QUANTITE DES CENDRES DE BOIS DES ESPECES ETUDIEES (G)

La quantité de la cendre donne une idée pour apprécier la qualité du bois de chauffage. Les bois qui donnent une quantité de cendre importante, ont de pouvoir calorifique faible. Les résultats de cendre de bois obtenue sont consignés dans la figure 12. La classification des valeurs enregistrées suit l'ordre décroissant comme indiqué dans la figure 13 : 0,305 à 0,279 > 0,218 à 0,267 > 0,144 à 0,058 > 0,133 à 0,089 correspondent au *Barteria fistulosa*, *Gaertnera paniculata*, *Millettia drastica* et *Chaetocarpus africanus*. La figure 12 donne les valeurs obtenues.

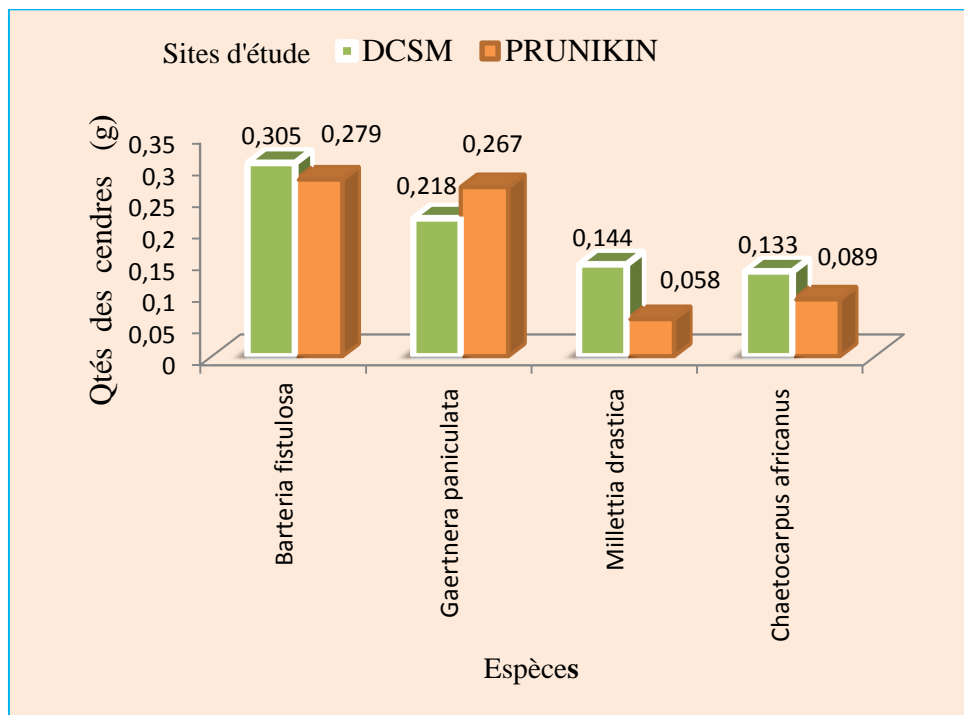


Figure 12. Quantité de cendres de bois produites par les espèces étudiées

L'ANOVA appliquée révèle que la quantité de cendre dépend du site. Les essences du Domaine de Centre Spirituel de Marena donnent plus de cendres que celles de Plateau des résidents de l'Université de Kinshasa. Sauf celles de *Barteria fistulosa* où le F calculé est de loin supérieur à la table de Fisher ($F_c = 48 > F_{th} = 9,55$).

3.7 AGES APPROXIMATIFS DES INDIVIDUS CHOISIS

La figure 13 donne les mesures de circonférence, diamètre, rayon et l'âge approximatif des individus choisis. Il ressort de cette figure que l'âge apparent déterminé dépend d'une espèce à l'autre.

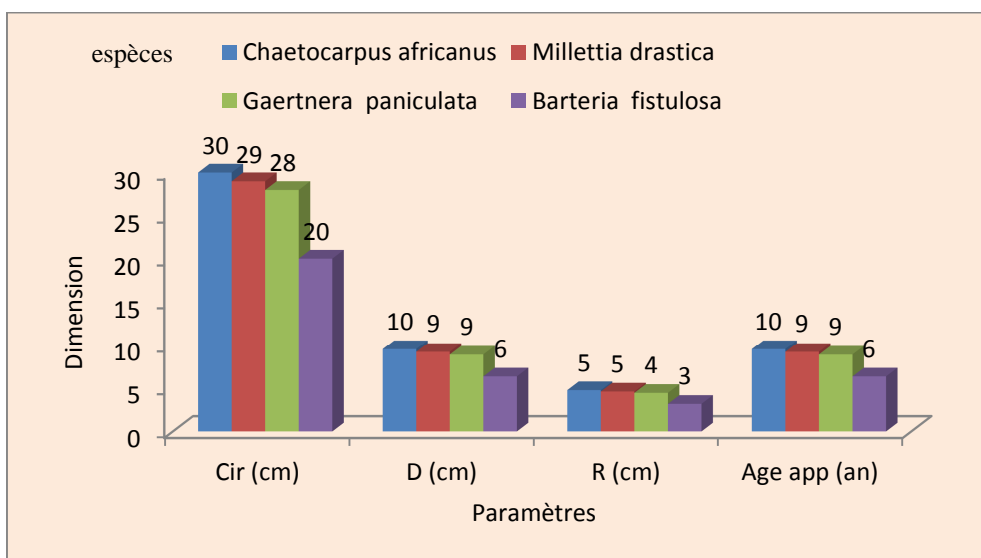


Figure 13. Différents paramètres mesurés

On note que *Chaetocarpus africanus* se présente comme l'espèce la plus âgée soit 10 ans, la moins âgée étant *Barteria fistulosa* var. *fistulosa* (6ans) . Les deux autres espèces ont presque le même âge approximatif (9 ans).

3.8 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Les coefficients de corrélation de Pearson R, entre diamètre, densité et l'âge apparent figurent au tableau 1.

Tableau 1. Valeurs propres et pourcentages d'inertie

Axes	Valeur propre	% variance	% cumulé
F1	2,900	96,655	96,655
F2	0,100	3,345	100,000

Du fait qu'il exprime plus de 96% de la variance de l'échantillon, seul le premier axe est interprété. Cet axe met en évidence une corrélation positive entre le diamètre et l'âge apparent, et une corrélation négative entre ces deux variables et la densité. La figure 14 indique les résultats obtenus.

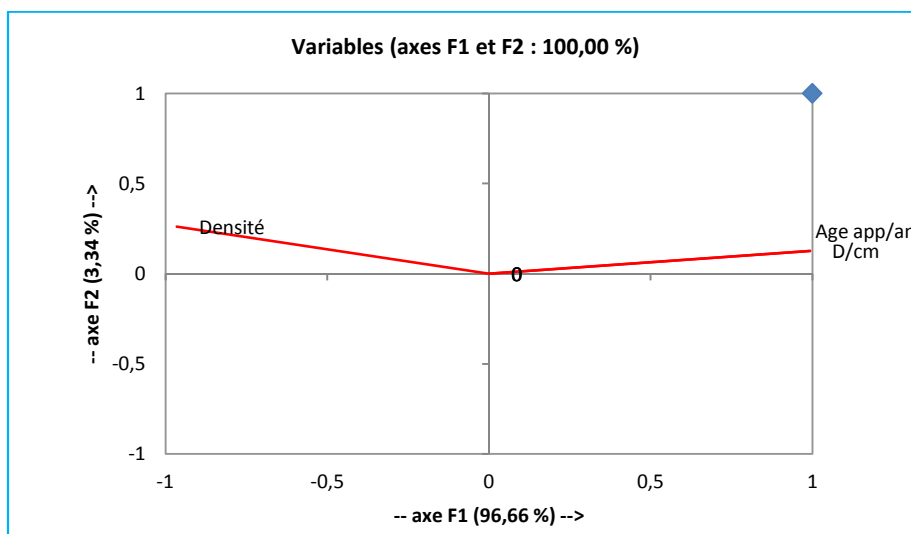


Figure 14. Représentation des variables en étude sur l'espace défini par les deux premiers Axes de l'ACP

3.9 CORRELATION ENTRE DIAMETRE, DENSITE ET L'AGE APPARENT DES ARBRES

Trois variables ont faits l'objet de test de corrélation de Pearson. Il s'agit du diamètre, densité et l'âge apparent. Après analyse des paramètres étudiés, les résultats montrent qu'il existe une corrélation hautement significative entre le diamètre et l'âge apparent des individus. Par contre la corrélation est négative entre la densité et le diamètre. Les détails de l'analyse se retrouvent aux figures 15 et 16.

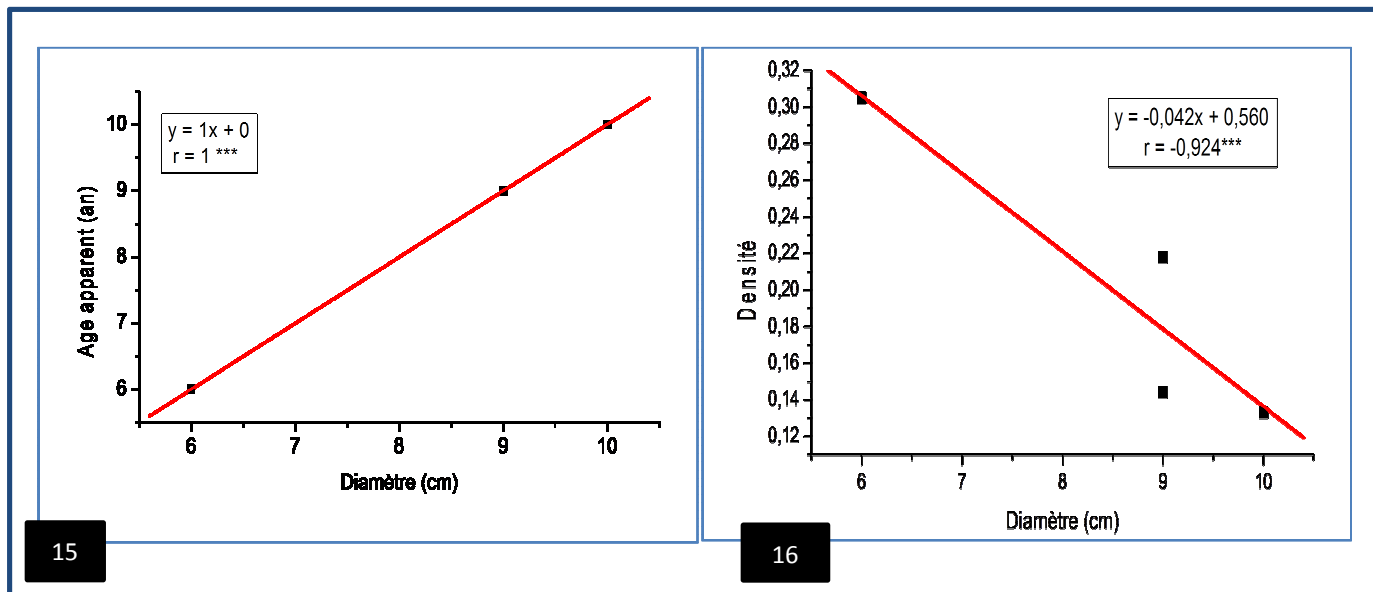


Figure 15. Corrélation entre l'âge apparent et le diamètre.

Figure 16. Corrélation entre la densité et le diamètre.

Légende :

- = la droite de régression. Elle est tracée de manière à se rapprocher le plus de tous les points afin de montrer positivement ou négativement la relation entre les variables.
- = les points noirs représentent le nuage de points qui montre le degré de corrélation entre les variables étudiées.

Il existe une corrélation positive hautement significative entre l'âge apparent et le diamètre ($p \leq 0,001$).

3.10 DENDROGRAMME DE SIMILARITE DES ESPECES ETUDIEES

L'analyse de la densité de bois de *Chaetocarpus africanus*, *Millettia drastica*, *Gaertnera paniculata* *Barteria fistulosa* a permis d'établir deux groupes d'espèces. Il s'agit d'espèces productrices du bon bois de chauffe. Ce groupe d'espèces se rencontrent dans les jachères présforestières et ce sont des espèces pionnières de la forêt. Par contre *Barteria fistulosa* son bois est de mauvaise qualité pour le chauffage. Elle s'observe dans la forêt secondaire jeune. La figure 17 donne le dendrogramme de similarité entre les espèces.

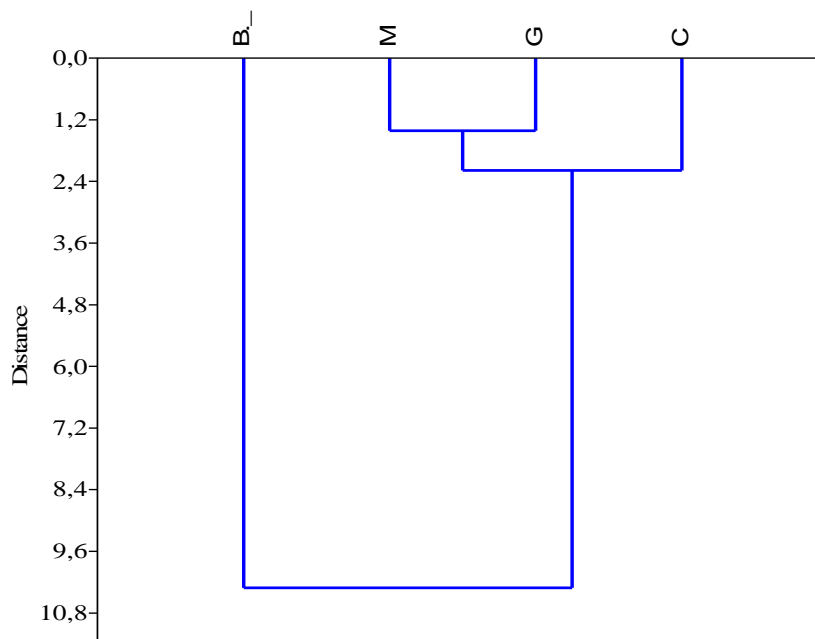


Figure 17. Dendrogramme de similarité entre les espèces étudiées

Légende : B= *Barteria fistulosa* ; M = *Millettia drastica* ; G= *Gaertnera paniculata* ; C= *Chaetocarpus africanus*.

4 DISCUSSION

Les données discutées ici se rapportent à l'analyse des densités du bois des quatre espèces étudiées dans deux boisements urbains de Kinshasa. Les moyennes de masses fraîches des fragments de bois calculés varient de 69,9 à 99,3g pour les fragments de Centre Spirituel de Marenza et 33,8 à 66,5g pour le matériel provenant du Plateau des Résidents de l'Université de Kinshasa. Les masses fraîches de tranches de bois de Centre Spirituel de Marenza sont plus lourdes que celles de Plateau des Résidents de l'Université de Kinshasa. Cette différence peut se rapporter à la provenance des espèces végétales, la nature anatomique du bois des fragments récoltés, l'âge et d'autres variables environnementales (substrats, saison).

Les moyennes de la densité de bois calculées varient de 0,52 à 0,74. Les travaux de [5] ont montré que les bois provenant des forêts tropicales hétérogènes africaines ont pour densité moyenne estimée à 0,7. Ceci corrobore avec les densités de nos espèces étudiées dans les boisements urbains de Kinshasa. Les travaux [6] ont montré que la densité de bois varie entre 0,22-1,09. Les densités de bois étudiés se retrouvent dans cette fourchette. Les bois communément employés dans l'industrie de la pâte ont une densité de 0,4 à 0,6. Ce qui convient à dire que les bois étudiés ici peuvent être utilisés également dans les industries de bois.

Millettia drastica, *Chaetocarpus africanus* et *Gaertnera paniculata* disposent de cendres relativement faibles. Ces essences ont donc un pouvoir calorifique élevé. Par contre *Barteria fistulosa* atteint une quantité importante de cendre. Par conséquent, son pouvoir calorifique est faible.

5 CONCLUSION

Cette note a permis à déterminer par voie expérimentale la densité de bois et le pouvoir calorifique de quatre espèces de boisements urbains de Kinshasa. Les résultats obtenus indiquent que *Chaetocarpus africanus*, *Millettia drastica* et *Gaertnera paniculata* constituent les espèces de bon bois pour la production de charbon et conviennent mieux pour une plantation de bois de chauffe. Les informations obtenues se révèlent innovantes et significatives.

REMERCIEMENTS

Nous remercions à travers cette note le Professeur Apollinaire Biloso Moyene qui nous a aidés dans le traitement statistique des données obtenues.

REFERENCES

- [1] Timothy P & Brown S. (2005) Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans les forêts et Prairies Herbeuses. Winrock International, USA 39
- [2] Rondeux J. (1999) La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux. Duculot, B-6060 Gilly 521 p.
- [3] Direction d'Inventaire et Aménagement Forestiers (DIAF) (2009) Guide opérationnelle de Liste des Essences Forestières de la République Démocratique du Congo. Ministère de L'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme 56 p.
- [4] Kidikwadi T, Lubini A, Luyindula N, and Belesi K. (2015) Note préliminaire sur l'écologie et mesure de biomasse de *Prioria balsamifera* dans les Stations forestières de l'INERA de Luki et Kiyaka en RD Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 11 No. 4 Jun. 2015, pp. 914-927.
- [5] Anonyme, (1989) Memento du forestier, publié par le Centre technique rural en Afrique, 3^{ème} édition, 1989, 1266p
- [6] Isdas, J.r, Rae Kelboom, E.I, Heremans, R, (1959) Etude de quelques bois congolais, service technique, publ, Ineac, n°59 (1959).