



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Equations allométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne de *Faidherbia albida* (Del.) Achev dans les agrosystèmes d'Aguié, Niger

Ousmane LAMINOU MANZO^{1*}, Massaoudou MOUSSA²,
Hassane Bil-Assanou ISSOUFOU³, Diouf ABDOULAYE⁴, Boubé MOROU⁵,
Soumana YOUSSEFI⁵, Ali MAHAMANE⁶ et Roger PAUL⁷

¹Département de Génie Rural & Eaux et Forêts, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), BP 465 Maradi, Niger.

²Département de Gestion des Ressources Naturelles (DGRN), Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 240 Maradi, Niger.

³Département de Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), BP 465 Maradi, Niger.

⁴Département de Sciences des Sols et Télédétection, Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), BP 465 Maradi, Niger.

⁵Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), BP 465 Maradi, Niger.

⁶Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), BP 10662 Niamey, Niger.

⁷Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Université de Liège,

Gembloux Agro-Bio-Tech.(Ulg). 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant : E-mail: lamine_ous@yahoo.fr ; Téléphone : (+227) 96 49 35 60

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier vivement le Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire et au Développement dans la Région de Maradi – PASADEM - pour son appui financier, à travers la convention signée avec l'UDDM de Maradi.

RESUME

Cette étude a été conduite dans la zone sahélienne à Aguié (Niger) avec l'objectif d'élaborer des modèles allométriques d'estimation de la biomasse aérienne de *Faidherbia albida* dans les agrosystèmes. La méthode directe servant à abattre et peser compartiment par compartiment la biomasse à l'aide des échantillons d'arbre est utilisée. Deux types de modèle ont été testés : le modèle puissance ($y = ax^b$) et le modèle polynomial ($y = a + bx + cx^2$ et $y = a + bx + cx^2 + dx^3$) avec y la biomasse aérienne totale ; x le paramètre dendrométrique et a, b, c et d les coefficients des équations. Les critères de sélection et de validité des modèles sont basés d'abord sur les tests de normalité, nullité, hétérogénéité et autocorrélation des résidus. Ensuite est effectuée, l'analyse des erreurs notamment l'erreur résiduelle, l'erreur résiduelle standard (RSE) et le critère d'information d'Akaike (AIC). Les résultats montrent que le modèle puissance, avec l'équation $y = 0,112x^{2,2335}$, semble le mieux indiqué pour l'estimation de la biomasse aérienne (y) de cette espèce dans ces agrosystèmes en fonction du diamètre à hauteur de poitrine (x). Ces résultats peuvent servir dans l'évaluation

de carbone séquestré par des parcs à *F. albida*, et pourraient être utilisés dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Equations allométriques, modèles de prédiction, biomasse, *Faidherbia albida*, agrosystèmes, Aguié

Allometric equations for estimating the aboveground biomass of *Faidherbia albida* (Del.) Achev in the Aguié agrosystems, Niger

ABSTRACT

This study was carried out in the Sahelian area in Aguié (Niger) with the aim to develop allometric models for estimating the aboveground biomass *Faidherbia albida* in the agrosystems. The direct method consisting of cutting down and weighing compartment by compartment biomass using the tree samples is used. Two types of model were tested: the power model ($y = ax^b$) and the polynomial model ($y = a + bx + cx^2$ and $y = a + bx + cx^2 + dx^3$) with y the total aboveground biomass; x the dendrometric parameter and a , b , c and d the equations coefficients. The selection and models validity criteria are first based on the normality, nullity, heterogeneity and residues autocorrelation tests. Then, is performed the analysis of errors including the residual error, the residual standard error (RSE) and the Akaike information criterion (AIC). The results show that the power model with the equation $y = 0,112x^{2,2335}$, seems to be the most appropriate for the estimation of aboveground biomass (y) of this species in these agrosystems based on the diameter at breast height (x). These results can be used in the evaluation of sequestered carbon by *F. albida* parklands, and could be used as part of climate change adaptation.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Allometric equations, prediction models, biomass, *Faidherbia albida*, agrosystems, Aguié.

INTRODUCTION

Faidherbia albida (Del.) Achev est une espèce panafricaine dont l'aire naturelle de distribution couvre la plus grande partie de l'Afrique sèche. Elle joue un rôle important dans les domaines socio-économique, écologique, culturelle, agronomique et pastorale pour les populations rurales (Cissé et Koné, 1993 ; Depommier et al., 1993 ; Sowers et Issoufou, 1993 ; Williams, 1993 ; Neuwinger, 2000 ; Dramé Yayé et Berti, 2008 ; Thiombiano et al., 2012 ; Sarr et al., 2013 ; Salissou, 2014). En effet, *F. albida* porte une considération rituelle et procure un revenu appréciable aux populations du Sahel, par la vente du bois et de gousses qui constituent un bon fourrage en saison sèche. De plus, par sa phénologie inversée, l'espèce influence positivement le rendement des cultures aux alentours de son houppier et est très appréciée par les éleveurs pour son fourrage aérien qui contribue à la productivité de bétail. Enfin, chaque organe de l'espèce est

utilisé efficacement dans la pharmacopée traditionnelle pour le traitement de nombreuses maladies (Zerbo et al., 2011).

Cependant, au Sahel, particulièrement au Niger, la connaissance sur la biomasse produite par cette espèce est très limitée, voire indisponible. Pourtant, la biomasse ligneuse renseigne beaucoup sur le fonctionnement, la productivité écologique et économique des agrosystèmes (Bremner et Kessler, 1995 ; Kémeuzé et al., 2012). De plus, la biomasse ligneuse renseigne sur le potentiel de séquestration de carbone atmosphérique par cette espèce. Ce qui répond ainsi particulièrement à la préoccupation globale d'atténuation du changement climatique due à l'émission des gaz à effet de serre, notamment le carbone selon le Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Changement Climatique (GIEC) (2007). En effet, l'adaptation au changement climatique par la séquestration de carbone par la végétation ligneuse est un axe considéré

important par le GIEC. Aussi la connaissance de la biomasse permettrait d'améliorer la gestion de l'espèce dans les agrosystèmes pouvant contribuer à la résilience des populations rurales au changement climatique. C'est ainsi qu'il demeure important d'élaborer des équations allométriques qui, à partir d'une simple mesure des paramètres dendrométriques, permettront d'estimer la biomasse de cette espèce dans les agrosystèmes. Le modèle le plus communément utilisé dans la littérature est le modèle puissance qui exprime la biomasse en fonction de diamètre à base de poitrine (Zianis et Mencuccini, 2004 ; Sileshi, 2014). L'objectif de cette étude est de mettre au point des équations allométriques permettant d'estimer la biomasse aérienne de *F. albida* dans les agrosystèmes d'Aguié. Ainsi, il est posé l'hypothèse selon laquelle, dans les agrosystèmes, la biomasse aérienne de *F. albida* serait liée aux paramètres dendrométriques notamment le diamètre à hauteur de poitrine.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le site d'étude se trouve dans le département d'Aguié, situé dans la région de Maradi entre le 7°20' et le 8°20' de latitude Nord et le 13°30' et le 13°45' de longitude Est (Figure 1). Ce département couvre une superficie de 2800 km² et est limité à l'Est par le département de Tessaoua, à l'Ouest par ceux de Guidan Roumdji et de Madarounfa, au Nord par celui de Mayayi et au Sud par la République Fédérale du Nigeria sur une longueur de 70 km.

On y distingue trois types des sols : les sols dunaires peu différenciés de texture sableuse à faible taux d'argile, les sols de types ferrugineux tropicaux lessivés de texture limoneuse et les sols de bas-fond localisés dans la vallée du Goulbi et dans les dépressions inter dunaires (Yamba, 1993).

Le climat est de type Sahélien avec une pluviométrie moyenne, sur les douze dernières années, de 503,17 mm, des températures minimales fluctuant entre 10 et 20 °C pendant

la saison sèche froide et des maximales atteignant souvent les 40 °C pendant la saison sèche chaude.

Selon la subdivision phytogéographique de Sâadou (1990), la végétation d'Aguié est caractérisée par la présence de fourrées à *Combretum* sur les plateaux latéritiques, savanes sur les terrasses sableuses méridionales et steppes sur les dunes et dans les vallées sèches. La plus importante végétation est localisée dans les forêts classées et le Goulbi. La liste floristique de ces forêts est constituée des espèces ligneuses notamment *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *Commiphora africana* (A. Rich.) Endl., *Guiera senegalensis* J.F. Gmel, *Combretum micranthum* G. Don et des herbacés tels que *Eragrostis tremula* (Willd.) Link., *Cenchrus biflorus* Roxb., *Brachiaradis ticophilla* (Trim.) Stapf., *Sida cordifolia* L. (Bounou, 2013). La vallée de Goulbi N'kaba est essentiellement dominée par l'espèce *Hypphaene thebaica* (L.) Mart..

Caractéristiques de *Faidherbia albida*

Du genre *Faidherbia*, *F. albida* appartient à la famille des *Mimosaceae*. C'est une espèce native d'Afrique que l'on rencontre dans les zones sèches d'Afrique, de l'Ouest ; en Mauritanie, au Sénégal et en Gambie, à l'Est ; en Egypte, en Ethiopie et en Somalie. Au Sud, elle atteint le Natal, l'Angola, la Namibie. Elle déborde même l'Afrique puisqu'on la rencontre aux îles du Cap-Vert ainsi qu'à Chypre, en Jordanie, Israël, Liban et au Yémen (Fagg, 1993 ; Wood, 1993 ; Arbonnier, 2002).

F. albida est un grand arbre pouvant atteindre jusqu'à 30 m de hauteur et plus d'un mètre de diamètre. Les individus adultes forment une immense cime hémisphérique, tandis que celle des jeunes est en cône renversé. L'arbre se caractérise par ses rameaux gris clairs. C'est la seule espèce du sahel à perdre ses feuilles pendant la saison des pluies et être feuillée pendant la saison sèche. C'est une espèce phréatophyte et ce caractère influence beaucoup sa croissance sous les climats secs. Les inflorescences en

épis axillaires denses de 7 à 10 cm apparaissent deux mois environ après la feuillaison. Les fruits typiques en fortes gousses orange vif de 10 cm à 15 cm de long et de 2 à 3 cm de large sont enroulés en spirales comme des rondelles de pommes séchées (Arbonnier, 2002).

Méthodes de collecte des données

Echantillonnage

Pour mener cette étude, la méthode directe basée sur l'abattage des arbres de *F. albida* a été utilisée. Les données d'inventaire sur les agrosystèmes d'Aguié de 2014 (Youssifi, 2015) ont été utilisées pour établir un échantillonnage systématique sur les individus de *F. albida* devant servir à l'estimation de la biomasse aérienne. Les individus ont été sélectionnés sur la base de leur état sanitaire, leur éloignement les uns des autres, la géomorphologie du milieu et leur diamètre à hauteur de poitrine sur des transects radiaux. Au total, 14 individus ont été utilisés dans le processus d'élaboration des équations allométriques. Le diamètre à hauteur de poitrine des sujets était compris entre 7,3 et 36,6 cm et la hauteur entre 4,3 et 12,8 m.

Mesures de la biomasse sur le terrain

Les mesures suivantes ont été effectuées sur les échantillons d'arbre sur pied sélectionnés: le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) (à 1,30 m du sol), les deux diamètres croisés du houppier (d1 et d2) et la hauteur totale (H). L'échantillon est ensuite coupé et chaque pied est compartimenté en tronc, branches et feuilles. Les troncs et les branches sont découpés en billons et pesés à l'aide d'une balance à précision de 100 kg pour déterminer la biomasse fraîche (Mf). Les feuilles sont collectées dans un sac en toile et pesées. Des petits échantillons du tronc et des branches (ou aliquotes) et des feuilles de chaque individu sont prélevés, pesés à l'état frais, puis séchés à l'étuve à 105 °C pendant 7

jours au laboratoire. Chaque petit échantillon est marqué afin de faciliter l'identification.

Détermination de la biomasse sèche

Une fois séché, la biomasse sèche (Ms) de petit échantillon a été déterminée. Le taux de conversion de la biomasse pour chaque compartiment, branches et feuilles, a été calculé sur la base de la formule suivante : Ms/Mf avec Ms la biomasse sèche et Mf la biomasse fraîche. Ce dernier a permis de calculer la biomasse sèche totale (*Mst*) de chacun des 14 individus de l'échantillon. La

biomasse sèche totale avec $Mst = \frac{Ms}{Mf} \times Mft$ la biomasse fraîche totale.

Analyse des données

Elaboration des équations allométriques

Plusieurs équations allométriques ont été testées afin de retenir celles qui semblent les plus explicatives de la biomasse aérienne en fonction des paramètres dendrométriques. Les premiers critères d'élimination des modèles étaient le coefficient de détermination R^2 et la significativité globale de l'équation générée par le Logiciel R Commande Version 2.15.3 (2013-03-01). Ainsi, il a été retenu les modèles suivants

- Puissance : $y = ax^b$ (1) ;
- Polynomial carré : $y = a + bx + cx^2$ (2) ;
- Polynomial cubique : $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ (3)

Avec y la biomasse aérienne totale ; x le paramètre dendrométrique ; a, b, c et d les coefficients des équations.

Le paramètre dendrométrique considéré est le diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Les autres paramètres, notamment la hauteur totale et les diamètres croisés du houppier, ne donnant pas une bonne corrélation avec la biomasse de *F. albida* dans ces agrosystèmes ont été rejetés. Les données de la biomasse sèche ont été traitées à l'aide du tableur Excel et le Logiciel R a servi de base pour les tests statistiques.

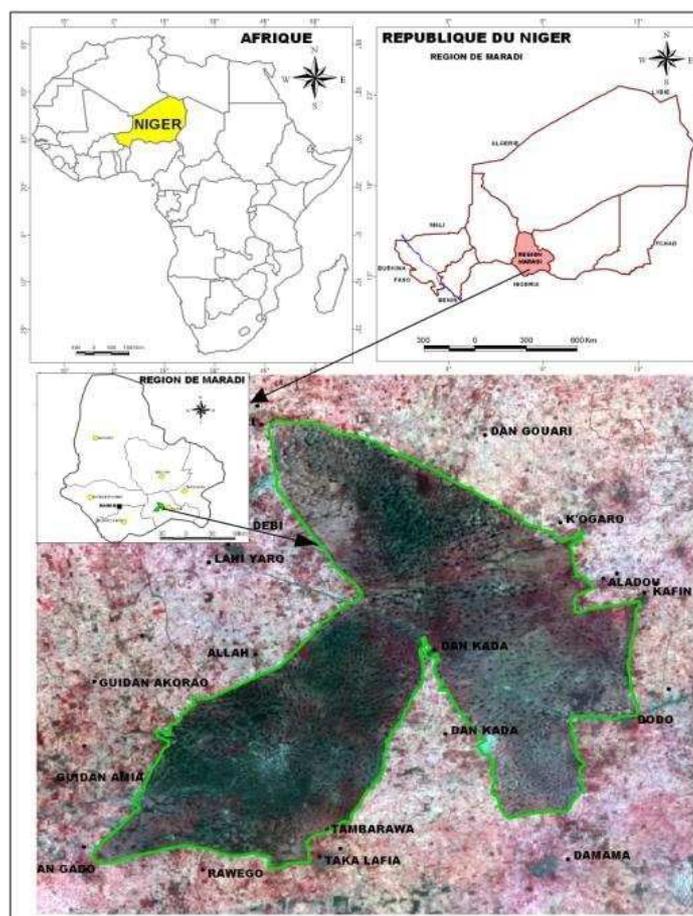


Figure 1 : Localisation du site d'étude (Abdourhamane et al., 2012).

Sélection des équations allométriques

Les données arithmétiques ont subi une transformation logarithmique et la régression linéaire a été utilisée en vue d'améliorer l'homoscédasticité des résidus (Xiao et al., 2011 ; Mascaro et al., 2014). Les équations allométriques ont été soumises à une série de tests statistiques en vue de réunir toutes les conditions de sa validation (Picard et al., 2012 ; Sileshi, 2014). Ainsi, chaque modèle est soumis, au seuil de probabilité de 5%, respectivement au :

- Test de normalité (Test de Shapiro-Wilk) pour vérifier la normalité des résidus ;
- Test de la moyenne nulle (Test d'One Sample) pour vérifier la nullité des résidus ;

- Test d'hétéroscédasticité (studentized Breusch-Pagan) pour vérifier l'hétérogénéité des résidus ;
- Test d'autocorrélation (Test de Durbin-Watson) pour l'indépendance des résidus.

Lorsqu'une équation répond à ces tests, il est procédé à une analyse du critère d'information (AIC) de l'erreur résiduelle (E) et surtout de l'erreur résiduelle standard (RSE). AIC établit un compromis entre le biais et la variance pour un modèle (Anderson et Burnham, 2002). L'erreur résiduelle (E) exprime l'erreur liée à la prédiction d'un modèle. Elle est exprimée en pourcentage.

$$E(\%) = \frac{\text{biomasse prédite} - \text{biomasse observée}}{\text{biomasse observée}} \times 100,$$

(Chave et al., 2005) (4)

Enfin, l'erreur résiduelle standard semble plus informationnelle (Mbow et al., 2013). Plus la RSE est faible, plus le modèle est jugé acceptable. Un paramètre dendrométrique est explicatif de la biomasse lorsque la RSE est inférieure à 30% (Sileshi, 2014).

Théoriquement, les meilleures équations sont celles ayant le coefficient de corrélation proche de l'unité, l'erreur résiduelle plus faible, l'AIC plus faible, la RSE faible et les valeurs calculées des différents tests supérieures aux valeurs théoriques (Mbow et al., 2013 ; Anderson et Burnham, 2002 ; Sileshi, 2014).

RESULTATS

Equations allométriques

L'équation allométrique puissance de type $y = ax^b$ (E1), avec y la biomasse sèche totale et x le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), a un coefficient de détermination de 0,94 (Figure 2). L'équation polynomiale de degré 2 (E2) de la forme $y = a + bx + cx^2$ ($x = DHP$ et $x^2 = DHP^2$), a un coefficient de détermination de 0,96 (Figure 3) et l'équation cubique (E3) de la forme $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ ($x = DHP$, $x^2 = DHP^2$ et $x^3 = DHP^3$), a un coefficient de détermination de 0,96 (Figure 4). Il est ressorti que les trois équations ont toutes chacune un coefficient de

détermination proche de 1. Pour distinguer les équations les plus représentatives, il convient de procéder aux différents tests.

Tests préliminaires de sélection des équations

Le Tableau 1 présente les résultats des différents tests statistiques des trois équations allométriques. Il ressort de ce tableau que seule l'équation (E1) répond aux différents tests statistiques précités avec un p-value pour chaque test supérieur à 0,05. Pour E1, les résidus sont normaux, leur moyenne est nulle, leur variance est constante et indépendante. On note pour chacune des deux autres équations (E2 et E3) que les résidus sont anormaux et que leur moyenne n'est pas nulle (Tableau 1). Ces résultats donnent une première indication pour la suite de sélection d'équation la plus acceptable.

Sélection des équations allométriques

L'équation E1 a une erreur résiduelle égale à 0,0443 soit 4,43% et un AIC plus faible par rapport aux deux autres équations (Tableau 2). Ce qui signifie que le modèle puissance est le plus explicatif de la biomasse aérienne de *F. albida* dans les agrosystèmes d'Aguié. Les deux autres équations ont chacune une erreur résiduelle élevée en même temps que l'AIC. Ce qui les disqualifie de la sélection.

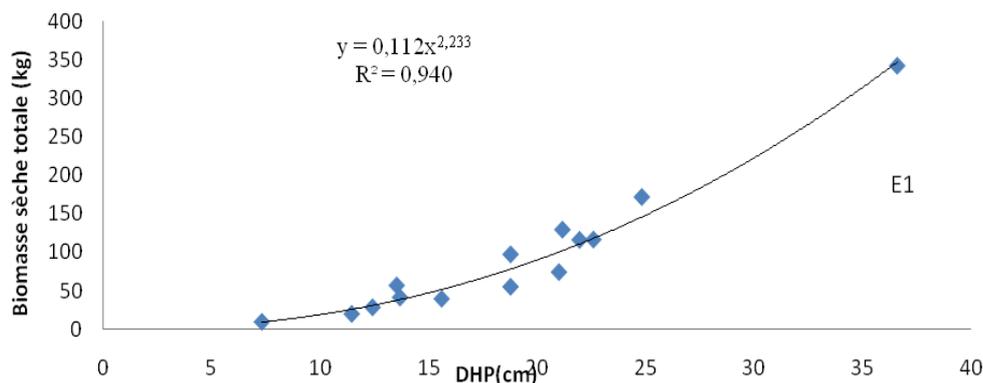


Figure 2 : Equation allométrique puissance pour l'estimation de la biomasse aérienne en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et son coefficient de détermination.

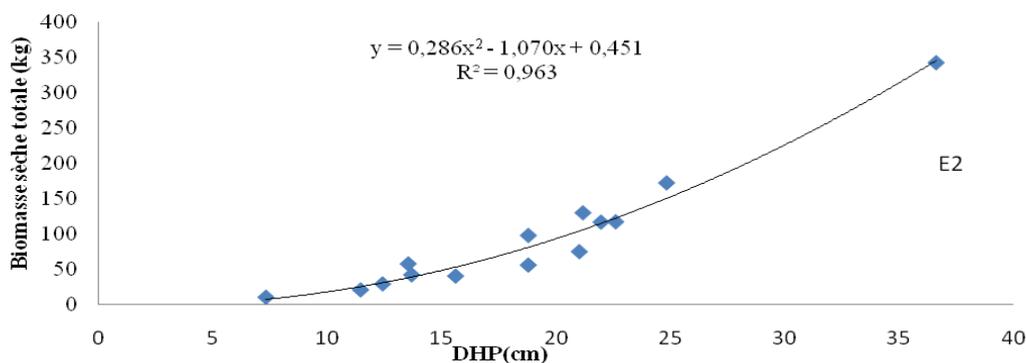


Figure 3 : Equation allométrique polynomiale de degré 2 pour l'estimation de la biomasse aérienne en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et son coefficient de détermination.

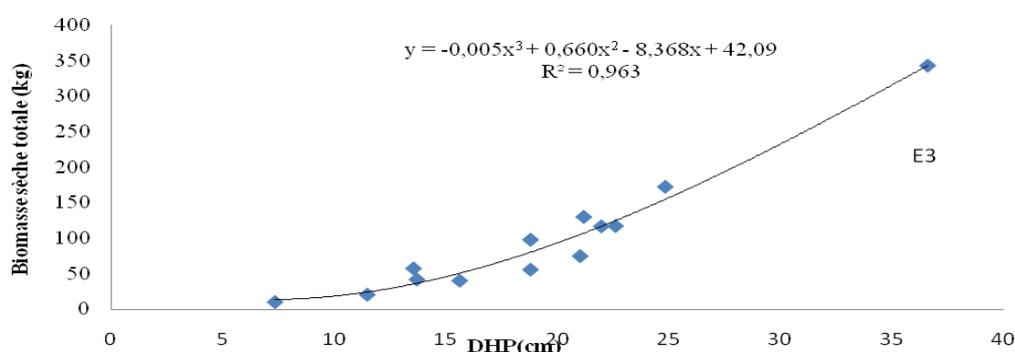


Figure 4 : Equation allométrique cubique pour l'estimation de la biomasse aérienne en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et son coefficient de détermination.

Tableau 1 : Résultats des différents tests statistiques des trois équations allométriques.

Equations	Shapiro-Wilk	One Sample	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
E1	0.6237	0.9751	0.7177	0.507
E2	0.0074	0.001	0.953	0.665
E3	0.0074	0.001	0.8705	0.645

E1 : équation puissance ($y = ax^b$), E2 : équation polynomiale de degré 2 ($y = a + bx + cx^2$), E3 : équation cubique ($y = a + bx + cx^2 + dx^3$) et a, b, c et d des coefficients.

Tableau 2 : Valeurs des différents paramètres statistiques des équations allométriques.

Equations	a	b	c	d	R ²	R ^{*2}	RSE	AIC	%Erreur
E1	0,112	2,23			0,94	0,93	0,0443	2,47	-15,89
E2	0,2866	-1,07	0,4512		0,96	0,95	0,428	123,55	-12,59
E3	-0,0057	0,66	-8,368	42,091	0,96	0,95	0,2967	125,16	-14,31

R² : coefficient de détermination, R^{*2} : coefficient de détermination ajusté, RSE : erreur résiduelle standard, AIC : critère d'information d'Akaike et a, b, c et d des coefficients

DISCUSSION

Cette étude a permis de mettre au point des équations allométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne de l'espèce *F. albida* selon la classe de diamètre compris entre 7,3 et 36,6 cm avec un fort coefficient de détermination $R^2=0,94$, $R^2=0,96$ et $R^2=0,96$ respectivement pour les équations puissance (E1), polynomiale de degré 2 (E2) et cubique (E3). La taille de l'échantillon était de 14 individus. En effet, la taille de l'échantillon dans l'élaboration des modèles allométriques est variable, dans la littérature, et tient compte des ressources et du temps alloués à l'étude (Picard et al., 2012). Des modèles allométriques ont été élaborés avec un nombre d'arbres supérieur à 100 (Brown, 1997 ; Chave et al., 2005 ; Basuki et al., 2009). Cependant d'autres modèles portaient essentiellement sur un nombre d'arbres inférieur à 20 (Brown et al., 1995 ; Peltier et al., 2007 ; Larwanou et al., 2010 ; Ebuy et al., 2011). Par contre, Sawadogo et al. (2010) et Mbow et al. (2013) utilisaient respectivement selon les espèces des arbres de diamètres inférieurs à 17,509 cm et 41,5 cm pour établir les équations allométriques.

Les trois équations allométriques ont chacune un coefficient de détermination proche de 1, mais deux parmi elles, notamment les équations polynomiale de degré 2 et cubique ne répondent pas à tous les tests statistiques préliminaires. Un modèle peut avoir un coefficient de détermination élevé et être rejeté par la suite par l'appréciation de certains critères de validation notamment les différents tests statistiques, l'erreur résiduelle standard, le critère d'information d'Akaike (AIC) (Anderson et Burnham 2002 ; Mbow et al. 2013 ; Sileshi, 2014). Parmi les trois équations élaborées, l'équation puissance ($y = 0,112x^{2,2335}$) présente le plus faible AIC (2,47), une RSE faible (0,0443) et répond surtout à tous les tests préliminaires (p-value >

0,05). Des équations allométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne des arbres ont été élaborées sur les terres agricoles par Kuyah et al. (2012) et des sélections ont été faites sur la base de critère d'Akaike. Par contre, Mbow et al. (2013) élaboraient des équations allométriques dont la sélection était basée principalement sur la faible valeur de l'erreur résiduelle standard. Pour chaque modèle qu'ils élaboraient, la RSE est inférieure à 0,19. Fayolle et al. (2013), quant à eux sélectionnaient des modèles de tarifs de cubage en combinant la RSE à l'AIC. Le meilleur modèle selon eux est celui ayant la plus faible valeur de l'AIC et une faible valeur de la RSE. Ainsi, dans le cadre de cette étude, il est ressorti que quel que soit le critère retenu pour la validation des équations ainsi élaborées, le modèle puissance, avec l'équation $y = 0,112x^{2,2335}$ ($y =$ biomasse aérienne et $x =$ diamètre à hauteur de poitrine), est le mieux indiqué.

Conclusion

L'étude a permis de tester trois modèles mathématiques ; puissance, polynomial et cubique ; dans l'élaboration de l'équation allométrique de l'espèce *F. albida*.

Les résultats de différents tests statistiques de validation ont permis de sélectionner l'équation puissance exprimant la biomasse aérienne sèche totale de l'espèce en fonction de diamètre à hauteur de poitrine. Ce qui permet d'avancer que la valeur de diamètre à 1,30 m est suffisante pour estimer la biomasse aérienne ou le carbone séquestré par l'arbre avec l'équation puissance $M=0,112DHP^{2,2335}$ avec M la biomasse aérienne et DHP le diamètre à hauteur de poitrine. Cette équation est élaborée dans les agrosystèmes d'Aguié sous un climat de type Sahélien. Ces résultats pourraient être utilisés pour évaluer la quantité de carbone atmosphérique séquestrée par cette espèce et aider les décideurs à prendre des décisions en

matière de politique d'adaptation au changement climatique.

Enfin, les résultats de l'étude pourraient stimuler l'introduction de l'espèce dans les pratiques agricoles où elle n'existe pas avec l'objectif de capter le carbone, réduire les gaz à effet de serre (carbone) mais aussi de procurer des revenus aux producteurs ruraux dans le cadre du marché de carbone.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de ce manuscrit déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt entre eux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans la réalisation de la présente étude ; OLM et MM ont élaboré le protocole de recherche, dirigé et encadré cette étude dans la collecte et traitement des données ils ont aussi rédigé le manuscrit ; B-AI, DA et BM ont participé à la relecture du document ; SY a supervisé la collecte des données sur le terrain et participé à la rédaction du manuscrit; AM et RP ont apporté des conseils dans la collecte et le traitement des données.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier vivement Direction Régionale de l'Environnement de Maradi pour avoir autorisé l'abattage et la mutilation de quelques pieds de *F. albida* dans la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

Abdourhamane H, Morou, Rabiou H, Mahamane A. 2013. Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3): 1048-1068. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.13>

Anderson DR, Burnham KP. 2002. *Model Selection and Inference. A Practical Information-Theoretic Approach* (2nd

edn). Springer, Berlin Heidelberg: New York; 488.

Arbonnier M. 2002. *Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest*. Cirad Éditions, MNHN, UICN: Montpellier ; Paris : France; 574.

Basuki TM, Van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in the tropical lowland *Dipterocarp* forests. *Forest Ecology and Management*, **257**: 1684-1694. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.01.027

Bounou MR. 2013. Etude de la structure et de la dynamique des populations de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst dans le complexe des forêts classées de Dan Kada Dodo- Dan Gado et ses zones périphériques (Aguié). Mémoire de Master II en biodiversité et gestion de l'environnement Soudanien et Sahelo-Saharien (BGESSS), Université de Maradi, Maradi.

Breman H, Kessler JJ. 1995. *Le Rôle des Ligneux dans les Agro-Ecosystèmes des Régions Semi-Arides (avec un Accent Particulier sur les Pays Sahéliens)*. Springer Verlag : Berlin.

Brown S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO Forestry Paper N°134. FAO, Rome.

Brown IF, Martinelli LA, Thomas WW, Moreira MZ, Victoria RA et Ferreira CAC. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, **75**(1-3): 175-189. DOI:10.1016/0378-1127(94)03512-U

Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Folster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure J-P, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Riera B, Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and

- balance in tropical forests. *Oecologia*, **145**: 87–99. DOI : 10.1007/s00442-005-0100-x.
- Cissé MI et Koné AR. 1993. Rôle fourrager d'*Acacia albida* Del. : Etat de connaissances et perspectives pour les recherches futures. In *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest : comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed., 29-37.
- Depommier D, Janodet E, Olivier R. 1993. Les parcs à *Faidherbia albida* et leur influence sur le sol et les cultures à Watinoma, Burkina Faso. In *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest : comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed., 111-115.
- Dramé Yayé A, Berti F. 2008. Les enjeux socio-économiques autour de l'agroforesterie villageoise à Aguié (Niger). *Tropicultura*, **26** (3): 141-149
- Ebuy J, Lokombé Dimandja JP, Ponette Q, Sonwa D, Picard N. 2011. Biomass equation for predicting tree aboveground biomass at Yangambi, RDC. *Journal of Tropical Forest Science*, **23**(2): 125–132. DOI : 10.1088/1748–9326/3/4/045011
- Fagg CW. 1993. Collecte de germplasmе de *Faidherbia albida* en Afrique de l'Est et en Afrique australe. In *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest : comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed., 19-24.
- Fayolle A, Rondeux J, Doucet J.-L, Ernst G, Bouissou C, Quevauvillers S, Bourland N, Fétéké R, Lejeune P. 2013. Réviser les tarifs de cubage pour mieux gérer les forêts du Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, **317**(3): 35-49. <http://hdl.handle.net/2268/160234>.
- GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Changement Climatique). 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Équipe de rédaction principale, Pachauri RK et Reisinger A. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.
- Kémeuzé VA, Mapongmetsem PM, Tientcheu MA, Nkongmeneck BA, Jiofack RB. 2012. *Boswellia dalzielii* Hutch: état du peuplement et utilisation traditionnelle dans la région de Mbé (Adamaoua-Cameroun). *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, **23**(4), 278-283. DOI : 10.1684/sec.2012.0365.
- Kuyah S, Dietz J, Muthuri C, Jamnadass R, Mwangi P, Coe R, Neufeldt H. 2012. Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: I. Aboveground biomass. *Agric Ecosyst Environ*, **158**: 216–224. DOI: 10.1016/j.agee.2012.05.011.
- Larwanou M, Yemshaw Y, Saâdou M. 2010. Prediction models for estimating foliar and fruit dry biomasses of five Savannah tree species in the West African Sahel. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(6): 2245-2256. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i6.64943>
- Mascaro J, Litton CM, Hughes F, Uowolo A, Schnitzer SA. 2014. Is logarithmic transformation necessary in allometry? Ten, one-hundred, one-thousand-times yes. *Biological Journal of the Linnean Society*, **111**: 230–233. DOI:10.1111/bij.12177
- Mbow C, Michel M, Verstraete Bienvenu S, Amadou TD, Henry N. 2013. Allometric models for aboveground biomass in dry savanna trees of the Sudan and Sudan–

- Guinean ecosystems of Southern Senegal. *J. For. Res.*, **19**: 340–347. DOI: 10.1007/s10310-013-0414-1
- Neuwinger HD. 2000. *African Traditional Medicine: a Dictionary of Plant use and Applications*. Medpharm Scientific: Stuttgart, Germany; 589p.
- Peltier R, Forkong CN, Mama F, Ntoupka M, Manlay R, Henry M, Morillon V. 2007. Évaluation du stock de carbone et de la productivité en bois d'un parc à karités du Nord Cameroun. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, **294** (4): 12.
- Picard N, Saint-André L, Henry M. 2012. *Manuel de Construction d'Equations Allométriques pour l'Estimation du Volume et la Biomasse des Arbres: de la Mesure de Terrain à la Prédiction*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement: Rome, Montpellier; 220.
- Sâadou M. 1990. La végétation des milieux drainés nigériens à l'est du fleuve Niger. Thèse de doctorat en Botanique, Faculté des Sciences, Université de Niamey, Niger, p. 393.
- Salissou A. 2004. Valorisation des produits et sous produits ligneux dans la partie Nord d'Aguié. Cas du terroir villageois de Dan Saga. Mémoire de fin de cycle d'Ingénieurs des Techniques Agricoles (ITA). Faculté d'Agronomie, Université de Niamey, Niger, p. 52.
- Sarr O, Diatta S, Gueye M, Ndiaye PM, Guisse A, Akpo LE. 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest). *Revue Méd. Vét.*, **164**(1): 2-8.
- Sawadogo L, Savadogo P, Tiveau D, Dayamba SD, Zida D, Nouvellet Y, Oden PC, Guinko S. 2010. Allometric prediction of above-ground biomass of eleven woody tree species in the Sudanian savanna-woodland of West Africa. *J. For. Res.*, **21**: 475–481. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-010-0101-4>
- Sileshi GW. 2014. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. *Forest Ecology and Management*, **329**:237–254. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.06.026
- Sowers, FW, Issoufou M. 1993. Agroforesterie précoloniale et ses implications pour le présent: cas du Sultanat de Damagaram, Niger. In *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest: comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed.
- Thiombiano DNE, Lamien N, Dibong DS, Boussim IJ, Belem B. 2012. Le rôle des espèces ligneuses dans la gestion de la soudure alimentaire au Burkina Faso. *Science et Changements Planétaires / Sécheresse*, **23**(2): 86-93. DOI: 10.1684/sec.2012.0341.
- Williams JH. 1993. La signification agroécologique de *Faidherbia albida*. Pages 127-129 in *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest: comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed.
- Wood PJ. 1993. Botanique et distribution de *Faidherbia albida*. Pages 9-17 in *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest: comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. Nairobi, Kenya, ICRAF, VAN DEN BELDT Ed.
- Xiao X, White EP, Hooten MB, Durham SL. 2011. On the use of log-transformation vs. nonlinear regression for analyzing biological power laws. *Ecology*, **92**:

- 1887–1894. DOI: <http://dx.doi.org/10.1890/11-0538.1>.
- Yamba B. 1993. Ressources ligneuses et problèmes d'aménagement forestier dans la zone agricole du Niger. Thèse de doctorat de Biogéographie, Université Michel de Montaigne Bordeaux III. Tome I, p. 391.
- Youssifi S. 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des agrosystèmes d'Aguié et potentialité de séquestration du carbone de *Faidherbia albida* (Del.). Achev. Mémoire de Master II en Biodiversité et Gestion de l'Environnement Soudanien et Sahélo-Saharien (BGE/SSS), Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Maradi, p. 73.
- Zerbo P, Millogo-Rasolodimby J, Nacoulma-Ouédraogo OG, Van Damme P. 2011. Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso : cas des Sanan. *Bois et Forêts des Tropiques*, **307**(1) : 41-53.
- Zianis D, Mencuccini M. 2004. On simplifying allometric analysis of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, **187**: 311–332. DOI:10.1016/j.foreco.2003.07.007