



Original Paper

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

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

Détermination du carbone stocké par les ligneux dans la bande de servitude de la rivière Kou dans la Province du Houet (Burkina Faso)

Basirou DEMBELE^{1,2*}, Alain P.K. GOMGNIMBOU², Jérôme T. YAMEOGO¹,
Osée W. OUEDRAOGO³ et Mipro HIEN¹

¹Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural/Laboratoire des Systèmes naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/Centre National de la recherche Scientifique et Technologique, Laboratoire Sol-Eau-Plante/UNB, BP 910, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

³Ecole Nationale des Eaux et Forêts/Dindéresso, 01 BP 1105 Bobo 01, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur correspondant ; E-mail: elbassir34@gmail.com, Tel: +22675511436 / +22672283282

Received: 06-11-2022

Accepted: 19-01-2023

Published: 31-01-2023

RESUME

Dans un contexte de changement climatique, les écosystèmes forestiers jouent un rôle déterminant dans la séquestration du CO₂. L'objectif de la présente étude était de contribuer à une meilleure connaissance du potentiel de séquestration du carbone dans le bassin versant du Kou. Des placettes circulaires de 1256,63 m² ont été matérialisées dans les types d'occupation de sol. Les données obtenues ont été utilisées dans quatre équations allométriques : FAO 1 (1997), Mbow (2009), Mbow et al. (2013), et FAO 4 afin d'estimer la biomasse (AGB). L'estimation du CO₂ atmosphérique, des formations s'est effectuée en multipliant le volume de carbone par 3,67. Il en ressort des résultats que le test de Kurskal-wallis (P-value < 2.2e⁻¹⁶) montre une différence significative entre les équations. La forêt galerie a les quantités de biomasse (2231,49 t/ha) et de carbone stocké les plus élevées (1254,5 tC/ha). La plus faible quantité de carbone stocké se trouve dans la zone des cultures irriguées (3,1 tC/ha). Le carbone atmosphérique total séquestré par les ligneux est estimé à 103 103,705 tonnes. Des actions de protection intégrale des berges du Kou pourront contribuer à accroître son potentiel de séquestration du carbone voire atténuer les effets du changement climatique.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Changement climatique, séquestration du carbone, équations allométriques.

Determination of carbon stored by woody plants in the Kou River easement strip in the Houet Province (Burkina Faso)

ABSTRACT

In a context of climate change, forest ecosystems play a decisive role in CO₂ sequestration. The objective of this study was to contribute to a better understanding of the potential for carbon sequestration in the Kou watershed. Circular plots of 1256.63 m² were materialized in the types of land use. The data obtained were used in four allometric equations: FAO 1 (1997), Mbow (2009), Mbow et al. (2013), and FAO 4 in order to estimate the biomass (AGB). The estimation of atmospheric CO₂ formations was made by multiplying the volume of

carbon by 3.67. The results show that the Kurskal-wallis test (P -value $< 2.2e-16$) shows a significant difference between the equations. The gallery forest has the highest amounts of biomass (2231.49 t/ha) and stored carbon (1254.5 tC/ha). The lowest amount of stored carbon is found in the area irrigated crops (3.1 tC/ha). Total atmospheric carbon sequestered by woody species is estimated at 103,103.705 tonnes. Integral protection actions for the banks of the Kou could contribute to increasing its carbon sequestration potential and even mitigating the effects of climate change.

© 2022 *International Formulae Group. All rights reserved.*

Keywords: Climate change, carbon sequestration, allometric equations.

INTRODUCTION

Dans ces dernières années, des recherches ont confirmé que les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant des activités humaines, telles que l'industrialisation, le changement d'utilisation de terres et l'exploitation démesurée des ressources naturelles sont responsables du réchauffement climatique que l'on observe actuellement sur Terre (Saïdou et al., 2012 ; FAO, 2015). Ces gaz sont naturellement présents dans l'atmosphère mais, l'activité humaine accroît les concentrations de certains d'entre eux, en particulier le dioxyde de carbone (CO_2) qui reste le gaz le plus produit par les activités humaines et occasionnant le réchauffement climatique des derniers 250 ans (IPCC, 2021). Les risques liés à ce changement affectent tous les secteurs socio-économiques des populations de tous les continents (Mbow et al., 2013 ; GIEC, 2013). Il s'avère donc impérieux de trouver des mécanismes de réduction de la concentration des GES dans l'atmosphère.

Ces émissions de CO_2 peuvent être séquestrées par les écosystèmes forestiers qui jouent un rôle essentiel dans le bilan global du carbone (Stavi et al., 2013). Près de 30% du CO_2 total émis par les actions anthropiques est réabsorbé par les écosystèmes forestiers (GIEC, 2021). Parmi ces derniers, les forêts tropicales absorbent, à elles seules, environ 40 à 50% du carbone terrestre (Achard et al., 2014). Ce stock de carbone séquestré évolue en fonction des strates de végétation rencontrée. Les plantations ont un potentiel de séquestration plus important par rapport aux peuplements forestiers de type savanicole ainsi qu'aux systèmes agroforestiers (Ouédraogo et al., 2019). Aussi, les stocks de carbone dans les

zones humides est plus important sur une zone humide et inondée par rapport à une zone non humide (Bocko et al., 2017). L'estimation de la biomasse est une étape primordiale dans l'évaluation du stock de carbone des écosystèmes forestiers (Goetz et al., 2015). La biomasse des écosystèmes forestiers est estimée généralement à travers des équations allométriques utilisant comme variables les paramètres dendrométriques des arbres (M'bow et al., 2013 ; Thiam et al., 2014 ; Bayen et al., 2015 ; Chabi et al., 2016). Ayant pris conscience de cette réalité, la communauté internationale a placé le changement climatique au cœur de ses préoccupations. C'est dans cette optique qu'à la conférence des parties de la Convention Cadre des Nations Unies pour les Changements Climatiques (CCNUCC), la conférence des parties (CoP21) à Paris en 2015 sur le climat a réuni 195 pays pour décider des mesures à mettre en place, dans le but de limiter le réchauffement climatique (Pascal et Peter, 2015). Un accord international sur le climat, applicable à tous les pays, est validé par tous les participants, fixant comme objectif une limitation du réchauffement mondial entre 1,5°C et 2°C d'ici 2100 (Frédéric, 2015). A travers le mécanisme de la REDD+, les développements récents sur les changements climatiques attribuent des enjeux économiques et sociaux au carbone des écosystèmes forestiers. En effet, ce mécanisme vise à encourager les pays en développement à protéger les puits de carbone à travers la préservation des massifs forestiers, moyennant des compensations financières issues des crédits carbone (Angelsen et al., 2013). Toutefois, sa mise en œuvre en Afrique subsaharienne rencontre d'énormes difficultés en raison de

l'indisponibilité de données précises sur les émissions et les stocks de carbone des forêts (Dimobe et al., 2018).

Les références traitant du stock de carbone le long de la rivière Kou sont quasiment inexistantes malgré de nombreuses études menées au Burkina Faso qui ont mis en exergue le potentiel de séquestration des plantations et peuplements agroforestiers et dans les sols (Coulibaly et al., 2018 ; Ouédraogo et al., 2019 ; Gomgnimbou et al., 2019 ; Yaméogo et al., 2019 ; Ganamé et al., 2021 ; Koala et al., 2021). Pourtant cet écosystème constituerait une importante source de séquestration de carbone. Ainsi, l'objectif de ce travail consistait à contribuer à une meilleure connaissance du stock de carbone des ligneux sur l'ensemble des types d'occupation des sols (TOS) dans la bande de servitude de la rivière Kou pour une atténuation des effets des changements climatiques au Burkina.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

La présente étude a été menée dans le bassin versant du Kou. Avec une superficie de 1.823 Km², il est situé dans le Sud-ouest du Burkina Faso entre les longitudes 4° 08' W et 4° 36' W et les latitudes 10° 55' N et 11° 32' N. Il est l'espace géographique qui contient le système d'eau associé à la rivière Kou. On y trouve des cours d'eau permanents, ainsi que des lacs, des mares et des sources (Guinguette, Peso, ...) (Wellens et al., 2008). Les aménagements hydro-agricoles couvrent une superficie totale de près de 3.200 ha ; il s'agit pour l'essentiel des périmètres privés formant la ceinture maraîchère et horticole de Bobo-Dioulasso, seconde ville du pays, et du grand périmètre de 1 200 ha réalisé par l'Etat à Bama dont la spécialisation est la production du riz (Wellens et al., 2008). Selon Thiombiano et al. (2010), le climat de la zone est de type Sud-Soudanien et est caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse (mai à octobre) et d'une saison sèche (novembre à avril). La pluviosité moyenne annuelle enregistrée de 2010 - 2019 était estimée à 1112,14 mm (ASECNA/ Bobo Aéroport). La zone présente un relief essentiellement plat avec plusieurs unités

pédologiques dont les principales sont : les sols hydromorphes, les sols ferrugineux tropicaux et les sols ferralitiques. La Figure 1 présente la localisation géographique du bassin versant du Kou.

Collecte des données

Echantillonnage

Pour la collecte des données, la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisée. Elle consiste à diviser la végétation en unités plus petites (strates) homogènes par rapport à un critère déterminé (le type de groupement végétal, par exemple) afin de limiter le plus possible la variabilité des caractéristiques à estimer (FSA, 2016). Les principaux avantages de ce type d'échantillonnage sont liés à la possibilité d'estimer pour chaque strate, les moyennes et les variances, et ceci de façon séparée. Avec l'échantillonnage aléatoire stratifié, les placeaux sont sélectionnés indépendamment les uns des autres et ceci donne ainsi le caractère aléatoire de l'échantillonnage nécessaire pour les analyses statistiques. C'est la méthode d'échantillonnage la plus utilisée et recommandée pour l'étude de vastes formations végétales (FSA, 2016). Pour la stratification, des cartes d'occupation des sols ont été établies le long du Kou à partir de la base de données du BNDT/2014. Selon FSA (2016), la stratification doit se faire à priori à partir d'images aériennes ou de renseignements antérieurs à l'inventaire. L'étude a concerné une bande de 100 m de part et d'autre de la rivière considérée comme sa bande de servitude. Selon l'arrêté conjoint N°2009-073/MECV/MAHRH portant réglementation des défrichements agricoles au Burkina Faso à son *article 6* les défrichements sur le pourtour ou le long des cours d'eau, des forêts classées, des réserves, des lacs, des étangs, des sources et de leurs bassins de réception sont formellement interdits sur une bande de protection ou de servitude de cent (100) mètres de large. Cette bande de servitude ou de protection représente selon l'esprit de ce texte une distance de sécurité d'au moins cent (100) mètres à respecter entre le lit majeur des cours et plans d'eau et les exploitations agricoles.

Selon FAO (2009), depuis quelques années, la plupart des guides officiels d'exploitation forestière exigent ou recommandent d'interdire toute exploitation dans une bande d'au moins 20 m le long des rives des cours d'eau et de part et d'autre.

Des placettes circulaires de 20 m de rayon donc une superficie de 1256,63 m² ont été matérialisées. Ali et al. (2014) ont utilisé des placettes circulaires de 1017,36 m² au Sud-Est du Bénin.

Le taux de sondage

Le taux de sondage (ou intensité d'échantillonnage, ou taux d'échantillonnage ou fraction sondée), est le rapport entre la taille de l'échantillon et la taille de la population. Il mesure l'effort d'échantillonnage, la fraction de la population à partir de laquelle les conclusions ont été tirées. Toute chose étant égale par ailleurs, plus ce taux est élevé, plus représentatif est l'échantillon et plus précises sont les estimations (FSA, 2016). En considérant une population finie de N unités de même taille et un échantillon ayant un nombre n de ces unités (chacune de taille), le taux de sondage f est : $f = n/N$ (1)

La fixation du taux de sondage se fait normalement a priori (avant l'inventaire) et résulte en général d'un compromis entre la précision recherchée et les contraintes liées aux ressources disponibles (budget, temps, matériels, etc.). Il n'existe pas de règle figée en la matière.

Le taux de sondage f= 0,56% retenu, donc 60 placettes au total. Pour répartir le nombre d'unités d'inventaire dans types d'occupation de sol à partir de l'équation (2).

$$n_s = n_T \times \left(\frac{A_S}{A_T} \right) \quad (2)$$

n_S = nombre d'unités d'inventaire à considérer dans la strate S ; n_T = nombre total d'unités d'inventaire à considérer pour la végétation ; A_S = superficie (ou autre critère de discrimination des strates) de la strate ; A_T = superficie totale (ou autre critère considéré). Pour la réalisation de tests statistiques de comparaison des strates, un nombre relativement important de données dans chaque strate est nécessaire. Pour cette raison, il est souvent recommandé en pratique de considérer

au minimum 5 unités d'échantillonnage (Placeaux) par TOS, quel que soit les résultats du calcul du nombre d'unités basé sur l'échantillonnage proportionnel (FSA, 2016). Pour cela, le nombre de placettes retenu par TOS est présenté par le Tableau 1.

Dans chaque placette, les données dendrométriques à savoir le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol (dbh) et la hauteur totale des arbres ont été relevés pour tous les individus de dbh supérieur ou égal à 10 cm (Ali et al., 2014). Les mêmes paramètres ont été relevés par Dissou et al. (2018) dans la galerie forestière de la rivière Kossi au Bénin. Pour le cas des arbres fourchus, est considéré comme un seul individu ceux dont la fourche est au-dessus de 1,30 m du sol. Par contre, lorsque l'arbre est fourchu avant 1,30 m du sol, les différentes fourches sont mesurées et par la suite le diamètre quadratique (d) a été calculé selon la formule suivante :

$$d = \sqrt{\sum_{k=i}^n d_{si}^2} \quad (3) \text{ avec } d_{si} = \text{diamètre de la fourche } i.$$

Traitement et analyses des données

Pour l'estimation de la biomasse ligneuse, la méthode non destructrice basée sur des tables de régression a été adoptée. Cette évaluation prend en compte la biomasse aérienne (AGB : *Above Ground Biomass*) et celle souterraine (BGB : *Below Ground Biomass*). Pour ce faire, quatre modèles d'équations allométriques ont été retenus pour estimer la biomasse. Après le modèle estimant mieux la biomasse a été retenue. Il s'agit des modèles de Mbow (2009), de Mbow et al., (2013) et de Brown (1997) (Tableau 2) :

- Modèle de Mbow (2009) : $AGB = (0,0225 \times DBH^3) - (0,5167 \times DBH^2) + 13,613 \times DBH - 58,18$ (5) DBH = diamètre à hauteur de poitrine.
- Modèle de Mbow et al. (2013) : $AGB = (1,929 \times DBH) + (0,116 \times DBH^2) + (0,013 \times DBH^3)$
- **Modèles de Brown ou de FAO (Tableau 2)**

Pour l'évaluation de la séquestration du carbone dans la partie hypogée, l'équation établie par Cairns et al. (1997) a été utilisée.

Des travaux similaires (Saïdou et al., 2012 ; Ouédraogo et al., 2019) ont utilisé avec succès cette équation.

Elle s'écrit :

$$BGB = \exp [-1,0587 + 0,8836 \times \ln (AGB)] \quad (7);$$

BGB = biomasse racinaire et AGB = biomasse aérienne et ln = logarithme népérien.

La biomasse totale (ligneuse) est convertie en quantité carbone en la multipliant par 0,5 en conformité avec les recommandations de GIEC (2003) ainsi qu'avec l'approche méthodologique utilisée par Saïdou et al. (2012).

L'estimation de l'équivalent carbone (CO₂ atmosphérique) des formations s'est effectuée en multipliant le volume de carbone par 3,67 suivant la méthode utilisée par Tsoumou et al. (2016). Ainsi, le stock équivalent = stock carbone × (3,67).

Pour l'analyse statistique, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer la variation des variables entre les différents TOS. Pour la vérification de la normalité des données le test de Shapiro Wilk a été utilisé au seuil de significativité de 5%. Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel R.

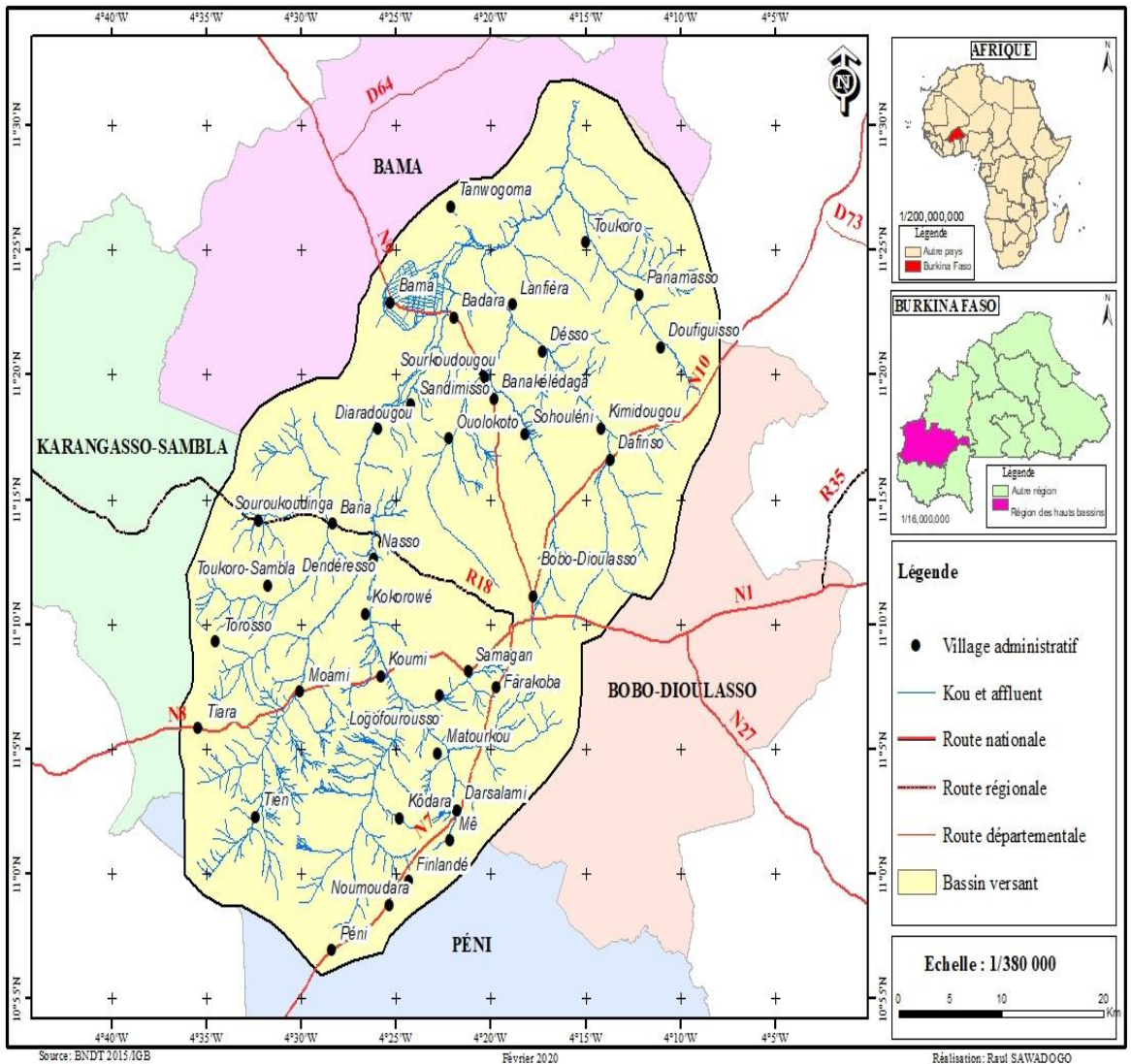


Figure 1 : Localisation géographique du bassin versant du Kou.

Tableau 1: Nombres de placettes en fonction des TOS.

TOS	Nombre de placettes
Culture pluviale et territoire agroforestier	15
Savane arbustive et herbeuse	10
Forêt galerie, forêt claire, culture irriguée, plantation forestière, savane arborée, verger, zone humide	5 pour chacune

Tableau 2 : Modèles de Brown.

Equation allométrique	Formule	Domaine de validité (DHP en cm)	R ²
FAO 1	$Y = \text{expo} [-1,996+2,32\ln(D)]$	5 – 40	0,89
FAO 4	$Y = 21,297 - 6,953(D) + 0,740(D^2)$	4 – 112	0,92

Y = biomasse (kg), D = DBH (cm), ln = logarithme népérien.

RESULTATS

Comparaison des modèles d'équation allométriques et choix

Les moyennes et les écarts type de la biomasse aérienne ligneuse des 4 modèles allométriques sont donnés dans le Tableau 3. Il ressort après le test de Kruskal-wallis (p -value $< 2.2e^{-16}$) qu'il y a une différence significative entre l'équation 1 de la FAO (1997) et l'équation de Mbow et al. (2013). Les valeurs de biomasse moyennes (AGB) de l'équation 4 de la FAO (1997) et celle type polynomial de Mbow (2009) ne sont pas significativement différentes.

L'équation 1 de la FAO (1997) ($Y = \text{expo} [-1,996+2,32\ln(D)]$) a été retenue pour l'estimation d'AGB des arbres et arbustes le long du Kou car elle donne la plus importante biomasse à l'hectare ($301.15 \pm 2238.01 \text{ AGB/ha}$).

Estimation de la biomasse et du stock de carbone ligneux

La biomasse aérienne ligneuse (AGB) (évaluée à partir de l'équation 1 de la FAO (1997), racinaire (BGB) (évaluée suivant l'équation de Cairns et al. (1997)) de même que les quantités de carbone correspondant, sont présentées dans le Tableau 4. La capacité de

production de biomasse et de stockage du carbone varie en fonction des formations végétales. Pour ce qui est de la biomasse aérienne ligneuse, le classement suivant par unité forestière peut être établi : AGB de la forêt galerie > l'AGB du verger de manguiers > l'AGB de la forêt claire > l'AGB des zones de culture pluviale > l'AGB de la savane arbustive et herbeuse > l'AGB de la plantation forestière > l'AGB de la savane arborée > l'AGB de la zone humide > l'AGB des zones de culture irriguée. Cela est confirmé par l'analyse statistique à partir du test de Kruskal-Wallis qui révèle que les valeurs de la biomasse épigée des neuf types de formations végétales sont significativement différentes au seuil de 5% (p -value $< 2.2e^{-16}$).

Estimation du potentiel de séquestration de carbone ligneux

Les quantités de carbone stocké (tC/ha), l'équivalent carbone moyen (tCO₂/ha) et les quantités de CO₂ séquestré par zone sont donnés dans le Tableau 5. Ce tableau indique que les ligneux sur la bande de servitude le long du Kou ont séquestré le carbone atmosphérique (CO₂) total à hauteur de 103103,705 tonnes. La zone de culture pluviale et territoire agroforestier a contribué à hauteur de 77,37%,

la savane arbustive et herbeuse pour 20,11%. Les autres types de formations contribuent seulement à moins de 2%.

En ce qui concerne la séquestration du carbone atmosphérique à l’hectare, le test de Kruskal-Wallis présente une différence significative entre les valeurs (p-value < 2.2e⁻¹⁶

¹⁶). Le plus important potentiel de séquestration du carbone atmosphérique à l’hectare se trouve dans la forêt galerie (4604.07±12045.35 t/ha). Elle est suivie de la zone de culture pluviale et territoire agroforestier, de la forêt claire et du verger de manguier qui ne sont pas statistiquement différents.

Tableau 3: Biomasse moyenne des modèles allométriques de l’étude comparative.

Modèles allométriques					
	Equation 1 de la FAO (1997)	Equation 4 de la FAO (1997)	Equation de type polynomial de Mbow (2009)	Equation de Mbow et al. (2013)	K-W (p-value)
AGB (t/ha)	301,15±2238,01b	30,34±80,08a	44,97±203,02a	151,46±630,60c	< 2,2e ⁻¹⁶

Les chiffres reliés par les mêmes lettres, sur la même ligne, ne sont pas significativement différents (test de Kruskal-wallis).

Tableau 4: Estimation de la biomasse moyenne et du stock de carbone par unité forestière.

TOS	AGB (t/ha)	BGB (t/ha)	Carbone aérien ligneux (tC/ha)	Carbone racinaire ligneux (tC/ha)
C. irriguée	4,84±2,53c	1,37±0,64c	2,42±1,26c	0,68±0,32c
C. pluviale	46,87±57,11b	9,74±10,65b	23,44±28,55b	4,87±5,32b
F. claire	49,72±137,58b	9,52±21,80b	24,86±68,79b	4,76±10,90b
F. galerie	2231,49±5961,63a	277,53±604,84a	1115,74±2980,81a	138,76±302,42a
P. forestière	14,67±30,03c	3,34±5,88c	7,33±15,01c	1,67±2,94c
S. arborée	8,26±14,49c	2,04±3,09c	4,13±7,24c	1,02±1,54c
S. arbustive	18,40±45,66c	4,02±8,25c	9,20±22,83c	2,01±4,12c
V. manguier	51,36±58,49b	10,60±10,90b	25,68±29,24b	5,30±5,45b
Z. humide	6,20±12,06c	1,63±2,45c	3,10±6,03c	0,81±1,22c
K-W (P-value)			< 2,2e ^{-16*}	

Les valeurs de p-value qui sont suivies d’un astérisque (*) indiquent une différence significative (P < 0,05). Les chiffres portant les mêmes lettres, sur la même colonne, ne sont pas significativement différents.
C= culture, F= forêt, P= plantation, S= savane, V= verger, Z= zone.

Tableau 5: Estimation du potentiel de séquestration de carbone atmosphérique.

TOS	Superficie (ha)	Stock de carbone total (tC/ha)	Equivalent carbone moyen (tCO ₂ /ha)	Equivalent carbone total (tCO ₂)
C. irriguée	53,90	3,1	11.41±5.84c	614,99
C. pluviale	767,85	28,31	103.90±124.32b	79779,61
F. claire	0,06	29,62	108.71±292.35b	6,52
F. galerie	0,41	1254,5	4604.07±12045.35a	1887,66
P. forestière	0,16	9	33.05±65.90c	5,28
S. arborée	0,94	5,15	18.91±32.2c	17,77
S. arbustive	504,02	11,21	41.15±98.88c	20740,42

V. manguier	0,02	30,98	113.70±127.29 ^b	2,27
Z. humide	3,42	3,91	14.38±26.62 ^c	49,18
K-W (P-value)			< 2,2e ^{-16*}	
Total	1330,80			103103,70

Les valeurs de p-value qui sont suivies d'un astérisque (*) indiquent une différence significative ($P < 0,05$). Les chiffres portant les mêmes lettres, sur la même colonne, ne sont pas significativement différents.

DISCUSSION

Adéquation de 4 modèles allométriques dans l'estimation de la biomasse

Plusieurs équations allométriques d'estimation de la biomasse ont été développées mais quatre d'entre elles ont été choisies pour leur paramètre (DBH seulement), leur simplicité et surtout leur probable possibilité de transposition dans la zone d'étude. Elles font partie des équations allométriques les plus utilisées en zones tropicales (McGhee et al., 2016). Les résultats d'estimation de l'AGB des 4 équations allométriques montrent que l'équation 4 de la FAO (1997) et celle de type polynomial de Mbow (2009) sous estiment la biomasse. Mbow (2009) a fait partiellement le même constat et a mentionné que l'équation 4 de la FAO (1997) provoquait une sous-estimation de la biomasse.

Les résultats montrent seulement une différence significative entre l'équation 1 de la FAO (1997) et l'équation de Mbow et al. (2013). La biomasse moyenne évaluée à partir de l'équation 1 de la FAO (1997) qui est de 301,15 t/ha est la plus élevée. Cela s'expliquerait non seulement par son coefficient de corrélation acceptable ($R^2=0,89$), mais aussi par son calibrage avec des données provenant d'individus de diamètres compris entre 5 et 40 cm. La majorité des individus inventoriés ont un diamètre logé dans cet intervalle. Ces résultats sont toutefois différents de ceux obtenus par Ouédraogo et al. (2019). Ces auteurs avaient évalué la meilleure moyenne avec l'équation type polynomial de Mbow (2009). Cependant, ils avaient également obtenu des valeurs différentes entre l'équation 1 et 4 de FAO (1997). L'équation 1 de FAO (1997) s'adapterait mieux à l'estimation de la biomasse dans la zone. Elle a

été utilisée également en zone soudanienne du Bénin par Saïdou et al. (2012).

Biomasse et potentiel de stockage de carbone des ligneux

La quantité totale de biomasse et de carbone à l'hectare, la plus importante, a été enregistrée dans la forêt galerie. La présence de certains sujets tels que le *Ceiba pentandra* L. de gros diamètres dans cette partie du massif forestier justifierait cela. Mbow (2009) a établi la forte contribution des gros sujets aux stocks totaux de biomasse. De même, Monssou et al. (2016) soulignaient que les individus ligneux de grands diamètres sont inévitablement l'élément dominant de la biomasse aérienne. La composition et la structure des peuplements gouvernent plus la capacité de séquestration de carbone des écosystèmes au Burkina Faso que les conditions écologiques (Dimobe et al., 2019). La densité est l'un des paramètres clés dont dépendent les stocks de carbone selon Amougou et al. (2016). Cependant dans notre étude, la savane arborée a le plus important nombre d'individus à l'hectare. Les fortes quantités de carbone observées dans les forêts galeries corroborent une étude conduite dans le parc national W du Burkina Faso (Dimobe et al., 2019) et dans les savanes d'Afrique de l'Ouest (Ganamé et al., 2021). Sa quantité faible de stock de carbone par rapport à la forêt galerie s'expliquerait par l'abondance des individus de faible diamètre (80,57%).

Les quantités de biomasse et de carbone stockés obtenues, sont supérieures à celles de Gomgnimbo et al. (2019) dans les espaces verts aménagés urbains de la ville de Bobo-Dioulasso. Cette différence serait liée d'une part à la densité élevée des ligneux à l'hectare par rapport à la zone d'étude de ces auteurs et d'autre part aux conditions d'humidité.

Les quantités de biomasse et de carbone de la zone des cultures irriguées sont très faibles du fait de son caractère herbeux (notamment les cultures), donc moins riche en espèces arborescentes. Cette quantité (3,1 tC/ha) n'est pas loin des 2,85 tC/ha obtenus par Ouédraogo et al. (2019) dans le système agroforestier. La densité est seulement de l'ordre de 22,28±15,30 pieds/ha. Pourtant, les stocks de carbone dépendent de plusieurs paramètres qui sont entre autres la qualité et la quantité des arbres selon Amougou et al. (2016).

Cependant, nos résultats demeurent largement inférieurs au stock de carbone contenu dans la partie aérienne ligneuse et vivante des systèmes agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Parkia biglobosa* en zone soudanienne du Bénin qui est de 20,17 ± 4,19 tC/ha selon les résultats des travaux de Saïdou et al. (2012). Ces différences s'expliqueraient par le fait que la densité des arbres de *Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn est élevée au Bénin par rapport à notre système agroforestier.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de contribuer à une meilleure connaissance du stock de carbone des ligneux sur l'ensemble des TOS dans la bande de servitude de la rivière Kou pour une atténuation des effets des changements climatiques au Burkina. Il s'est agi d'évaluer le carbone épigé et racinaire et enfin, d'estimer la quantité de carbone atmosphérique séquestrée. La plus forte moyenne de biomasse à l'hectare, le plus haut carbone moyen ainsi que le plus important équivalent carbone ont été enregistrés dans la forêt galerie. Les plus faibles valeurs à l'hectare ont été enregistrées dans la zone des cultures irriguées. Les ligneux sur l'ensemble des types d'occupation de sol auraient contribué à séquestrer le carbone atmosphérique (CO₂) à hauteur de 103103,705 tonnes. Au regard de cette capacité élevée de séquestration de carbone des TOS en général et de la forêt galerie en particulier, une gestion durable de la bande de servitude de la rivière Kou contribuera indéniablement à l'atténuation des effets du changement climatique.

CONFLITS INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

BD a élaboré le protocole, effectué la collecte et l'analyse des données. OWO a participé à la conception du projet. APKG, JTY et MH ont supervisé la rédaction du protocole et du manuscrit.

REMERCIEMENTS

La présente étude est une partie de thèse de doctorat en cours à l'Université Nazi Boni (Burkina Faso). Les auteurs remercient le Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) pour avoir accepté héberger cette thèse. Ils remercient également le Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF) où certaines activités sont réalisées. Que l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre National de la recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Laboratoire Sol-Eau-Plante structures auxquelles appartient le co-Directeur de thèse trouvent ici notre profonde gratitude.

REFERENCES

- Achard F, Ebeuchle R, Mayaux P, Stibig HJ, Bodart C, Brink A, Carboni S, Desclée B, Donnay F, Eva HD, Lupi A, Raši R, Seliger R, Simonetti D. 2014. Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global Change Biology*, **20**(8):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12605>
- Ali RKFM, Odjoubere J, Tente ABH, Brice Sinsin AB. 2014. Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin. *Afrique Science*, **10**(2) : 243-257. <http://www.afriquescience.info>
- Angelsen A, Brockhaus M, Sunderlin WD, Verchot LV. 2013. *Analyse de la*

- REDD⁺: *Les Enjeux et les Choix*. CIFOR: Bogor, Indonésie; 488p.
- Bayen P, Bognounou F, Lykke AM, Ouédraogo M, Thiombiano A. 2015. The use of biomass production and allometric models to estimate carbon sequestration of *Jatropha curcas* L. plantations in western Burkina Faso. *Environment, Development and Sustainability*, **18**: 143-156. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9631-4>
- Bocko Y, Ifo S, Loumeto J. 2017. Quantification des stocks de carbone de trois pools clés de carbone en Afrique Centrale : cas de La forêt marécageuse de la Likouala (Nord Congo). *European Scientific Journal*, **13**(5): 438-456. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p438>
- Cairns AM, Helmer HEBS, Baumgardner AG. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, **111**(1): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Chabi A, Lautenbach S, Orekan VOA, Kyei-Baffour N. 2016. Allometric models and aboveground biomass stocks of a West African Sudan Savannah watershed in Benin. *Carbon Balance and Management*, **16**: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-016-0058-5>
- Coulibaly K, Gomgnimbou PKA, Traoré M, Sanon JFK, Nacro HB. 2018. Effets de l'agriculture de conservation sur la dynamique de l'eau et le stock de carbone d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences Naturelles et Appliquées*, **4**: 273-282.
- Dimobe K, Kouakou J, Tondoh J, Zoungrana B, Forkuor G, Ouédraogo K. 2018. Predicting the potential impact of climate change on carbon stock in semi-arid West African savannas. *Land*, **7**: 124. DOI: <https://doi.org/10.3390/land7040124>
- Dimobe K, Kuyah S, Dabré Z, Ouédraogo A, Thiombiano A. 2019. Diversity-carbon stock relationship across vegetation types in W National park in Burkina Faso. *Forest Ecology and Management*, **438**(12): 243-254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.027>
- Dissou FE, Adjakpa JB, Tchabi IV, Toundoh PO, Obossou FK. 2018. Caractéristiques écologiques de la galerie forestière de la rivière Kossi dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Centre-Bénin. *European Scientific Journal*, **14**(21): 1857-7881. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p329>
- FAO. 2009. *Les Forêts et l'Eau, Etude Thématique Préparée dans le Cadre de l'Evaluation des Ressources Forestières Mondiales 2005*. Food and Agriculture Organization, Rome (Italie) ; 108p.
- FAO. 2015. *Estimations des Emissions de Gaz à Effet de Serre en Agriculture. Un Manuel pour Répondre aux Exigences de Données des Pays en Développement*. UN Food and Agriculture Organization : Rome (Italie) ; 193p.
- Frédéric D. 2015. *Je suis Charlie Je suis Paris 2015. Des Antidotes au Chaos du Monde?* Les Editions Hélimir : Limours ; 152 p.
- FSA. 2016. Méthodes de collecte et d'analyse des données de terrain pour l'évaluation et le suivi de la végétation en Afrique. *Annales, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)*, **20**(Numéro Spécial) : 207p.
- Ganamé M, Bayen P, Ouédraogo I, Balima LH, Thiombiano A. 2021. Allometric models for improving aboveground biomass estimates in West African savanna ecosystems. *Trees, Forests and People*, **4**(2021) : 100077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100077>
- GIEC. 2003. Recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental (GIEC) en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Kanagawa, Japon, Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka

- Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riita Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe et Fabian Wagner, 25 p.
- GIEC. 2013. Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. In *Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'Evaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*, Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press : Cambridge, Royaume-Uni et New York (États-Unis d'Amérique) ; 27p.
- GIEC. 2021. AR6 Climate Change 2021 : La base des sciences physiques. In *Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'Evaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat : Conséquences, Adaptation et Vulnérabilité*. Cambridge University Press: Cambridge (Royaume Uni) et New York (États-Unis d'Amérique); 1800 p.
- Goetz SJ, Hansen MC, Houghton RA, Walker W, Laporte N, Busch J. 2015. Measurement and monitoring needs, capabilities and potential for addressing reduced emissions from deforestation and forest degradation under Measurement and 127 monitoring needs, capabilities and potential for addressing reduced emissions from deforestation. *Environmental Research Letters*, **10**: 2-25. DOI: https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2015ERL....10I3001G/doi:10.1088/1748-9326/10/12/123001
- Gomgnimbou PKA, Ouédraogo WO, Sanon A, Koné M, Ilboudo D, Nacro HB. 2019. Potentiel de séquestration du carbone par les espaces verts aménagés urbains de la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, **144**: 14739-4746. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.144.2>
- IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press. 3-29p.
- Koala J, Kagambéga OR, Sanou L. 2021. Distribution des stocks de carbone du sol et de la biomasse racinaire dans un parc agroforestier à *Prosopis africana* (Guill., et Rich.) Taub au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences* **160**: 16482 – 16494. DOI : <https://doi.org/10.35759/JABs.160.5>
- Mbow C, Verstraete MM, Sambou B, Diaw TA, Neufeldt H. 2013. Allometric models for aboveground bio- mass in dry savanna trees of the Sudan and Sudan– Guinean ecosystems of Southern Senegal. *Journal of Forest Research*, **19** (3): 340-347. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10310-013-0414-1>
- Mbow C. 2009. Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano- guinéennes du Sénégal. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal, 291p.
- McGhee W, Saigle W, Padonou EA, Lykke AM. 2016. Méthodes de calcul de la biomasse et du carbone des arbres en Afrique de l'Ouest. *Annales des Sciences Agronomiques* 20- Spécial Projet Undesert-UE, 79–98.
- Ouédraogo WO, Gomgnimbou PKA, Santi S, Ilboudo D, Toguyeni A. 2019. Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. *International Journal Biology Chemistry Science*, **13**(7): 3276-3288. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.24>
- Pascal C, Peter S. 2015. *Climat: 30 questions pour comprendre la Conférence de Paris*, Éditions Les Petits Matins. 200 p.
- Saïdou A, Dossa AFE, Gnanglè PC, Balogoun I, Aho N. 2012. Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F.

- Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Num. Spéc. Agric. For.* **11**: 1025-2325. http://www.slire.net/download/1737/article_1_brab_n_sp_cial_agric_for_t_2012_aliou_et_al_carbone_karit.pdf
- Stavi I, Lal R. 2013. Agroforestry and biochar to offset climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, **33**: 81-96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0081-1>
- Thiam S, Sambou B, Mbow C, Guisse A. 2014. Élaboration de modèles allométriques d'*Acacia senegal* L. Willd pour l'analyse du carbone ligneux en milieu sahélien : cas de la zone sylvopastorale au Sénégal. *Afrique Science*, **10**(3): 304–315. <http://www.afriquescience.info>
- Thiombiano A, Schmidt M, Da S, Hahn-Hadjali K, Zizka G, Wittig R. 2010. Les plantes vasculaires : Les plantes à fleurs. In Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest Tome II, Burkina Faso, Ouagadougou & Frankfurt/Main; 184-192.
- Tsoumou BR, Lumandé KJ, Kampé JP, Nzila JD. 2016. Estimation de la quantité de carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-ouest de la République du Congo). *Revue Scientifique et Technique Forêt & Environnement du Bassin du Congo*, **6**: 39–45.
- Wellens J, Traoré F, Niamian MJ, Karambiri H, Diallo M, Compaoré NF, Dakouré D, Derouane J, Tychon B. 2008. Elaboration du bilan d'eau du bassin versant du Kou et analyse critique des principaux composants. *Bulletin Technique: Projet GEeau*. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 9p.
- Yaméogo JT, Coulibaly K, Compaoré TMC, Somé A, Nacro HB. 2019. Contribution of Soil and Water Conservation Techniques to Soil Carbon Sequestration in a Forest Ecosystem in West Africa (Burkina Faso). *International Journal of Science*, **8**(11): 2410-4477. DOI: <http://dx.doi.org/10.18483/ijSci.2189>