

**Reconstitution du stock de carbone pendant la dynamique de régénération de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) Tsama-Mbama, département de la Cuvette-Ouest (République du Congo)**

*Mondzali Lenguiya Romarick, Doctorant*

*Koubouana Félix, PhD*

*Mboukou Kimbatsa Née Goma Irène Marie Cécile*

*Ndzai Saint Fédriche, PhD*

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),  
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et d Foresterie (ENSAF),  
Brazzaville Université Marien Ngouabi, République du Congo

Doi: [10.19044/esipreprint.8.2024.p117](https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2024.p117)

Approved: 07 August 2024  
Posted: 08 August 2024

Copyright 2024 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

*Cite As:*

Lenguiya Romarick, M., Félix, K., Kimbatsa, M. G. I. M. C., & Saint Fédriche, N. (2024). *Reconstitution du stock de carbone pendant la dynamique de régénération de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) Tsama-Mbama, département de la Cuvette-Ouest (République du Congo)*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2024.p117>

## Résumé

L'agriculture sur brûlis est l'une des causes de changement du couvert forestier dont la conséquence environnementale est la perte du couvert forestier qui contribue aux changements climatiques. Cette étude permet de suivre la reconstitution floristique et du stock de carbone pendant la dynamique de régénération de la forêt après culture sur brûlis dans l'Unité Forestière d'Aménagement Tsama-Mbama. Au total, 8 parcelles d'un ha chacune ont été installées dans les jachères, forêts secondaires et la forêt mature ou « primaire » dont tous les arbres de diamètre  $\geq 5$  cm à 1,30 cm du sol ont été dénombrés. Le prélèvement des échantillons du carbone organique et des racines ont été effectués sur les profondeurs de 0-10 cm et 10-20 cm. Il a été recensé 5608 individus répartis dans 135 espèces, 102 genres et 41 familles. Les densités varient de 311 à 1039 pieds/ha et les surfaces terrières varient de 1,49 à 32,72 m<sup>2</sup>/ha. Le stock de carbone aérien varie de 3,36 tC/ha à 237,15 tC/ha. Le stock du carbone organique du sol

varie de 1,48 à 2,5 tC/ha et de 0,95 à 1,43 tC/ha respectivement pour le premier et le deuxième horizon. Le stock de carbone des racines varie de 0,41 à 0,58tC/h, 0,09 à 0,54 tC/ha et 0 à 0,88 tC/ha pour le premier horizon ; de 0,13 à 0,3 tC/ha, 0,1 à 0,38 tC/ha et 0 à 0,35 tC/ha pour le deuxième horizon respectivement pour les racines fines, moyennes et grossières. Cette étude a montré que le stock de carbone aérien séquestré croît avec l'âge de la forêt. Par contre, le carbone organique du sol ne semble pas être influencé par l'âge de la forêt.

---

**Mots clés :** Dynamique, reconstitution, carbone, jachère, forêt primaire, Congo

---

**Reconstitution of carbon stock during regeneration dynamics  
in the Tsama-Mbama forest management unit (FMU),  
western basin department (Republic of Congo)**

*Mondzali Lenguiya Romarick, Doctorant*

*Koubouana Félix, PhD*

*Mboukou Kimbatsa Née Goma Irène Marie Cécile*

*Ndzai Saint Fédriche, PhD*

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),  
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et d Foresterie (ENSAF),  
Brazzaville Université Marien Ngouabi, République du Congo

---

**Abstract**

Slash-and-burn agriculture is one of the causes of forest cover change, the environmental consequence of which is the loss of forest cover, which contributes to climate change. This study will monitor the reconstitution of flora and carbon stock during forest regeneration after slash-and-burn agriculture in the Tsama-Mbama Forest Management Unit. A total of 8 plots of one ha each were set up in fallow land, secondary forest and mature or 'primary' forest, where all trees with a diameter  $\geq 5$  cm at 1.30 cm from the ground were counted. Samples of organic carbon and roots were taken at depths of 0-10 cm and 10-20 cm. A total of 5608 individuals were counted, divided into 135 species, 102 genera and 41 families. Densities ranged from 311 to 1039 plants/ha and land areas from 1.49 to 32.72 m<sup>2</sup>/ha. Above-ground carbon stock varies from 3.36 tC/ha to 237.15 tC/ha. Soil organic carbon stock varies from 1.48 to 2.5 tC/ha and from 0.95 to 1.43 tC/ha for the first and second horizons respectively. Root carbon stock varied from 0.41 to 0.58 tC/h, 0.09 to 0.54 tC/ha and 0 to 0.88 tC/ha

for the first horizon; from 0.13 to 0.3 tC/ha, 0.1 to 0.38 tC/ha and 0 to 0.35 tC/ha for the second horizon for fine, medium and coarse roots respectively. This study showed that the stock of sequestered above-ground carbon increases with the age of the forest. However, soil organic carbon does not appear to be influenced by forest age.

---

**Keywords:** Dynamics, reconstitution, carbon, fallow, primary forest, Congo

## Introduction

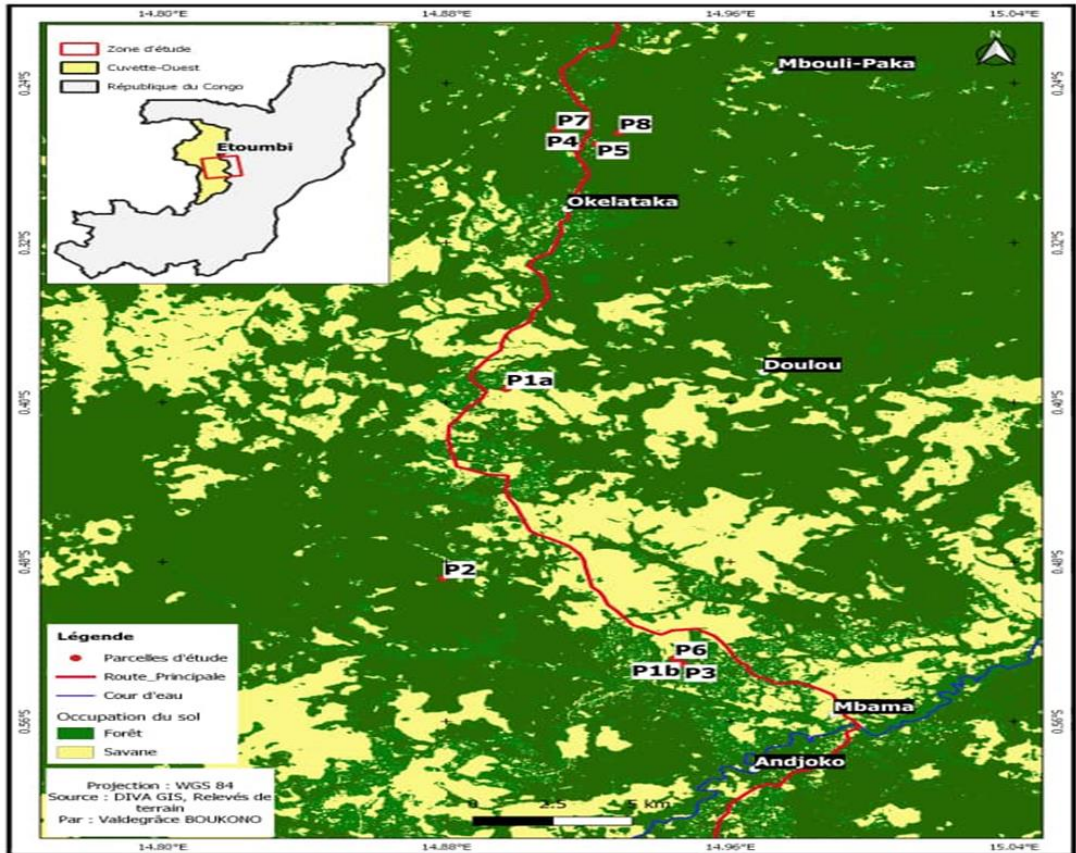
Les forêts tropicales représentent 45 % de la superficie forestière mondiale soit 4,06 milliards d'hectares dont 1,11 milliard d'hectares de forêt primaire (FAO, 2021). De nos jours, la forêt tropicale constitue un enjeu politique, économique et scientifique. Elle est soumise à une forte action destructrice à des fins d'exploitation du sol pour l'élevage, l'agriculture et de production des bois (Chave, 2000). Le bassin du Congo deuxième plus grand massif des forêts tropicales denses et humides de la planète après l'Amazonie (Mayaux *et al.*, 1998 ; 2003), est l'une des deux dernières régions au monde qui possèdent de vastes étendues interconnectées de forêt tropicale humide abritant une grande diversité de plantes vasculaires (PFBC, 2005) moins fragmentées et étroitement contiguës (De Wasseige *et al.*, 2012 ; Megevand *et al.*, 2013 ; FAO et PNUE, 2020). Ces forêts représentent un réservoir exceptionnel de carbone et de biodiversité pour les pays concernés et pour la planète entière. Elles offrent des moyens de subsistance à plus de 60 millions de personnes et contribuent à en nourrir 40 millions d'autres dans certains centres urbains à proximité (Eba'a *et al.*, 2022). Selon les données du Global Forest Watch (2022), durant la période 2001-2021, les forêts du bassin du Congo ont perdu 26,1 % de leur couvert végétal par rapport à l'année 2000 et une émission 12,854 Gt du CO<sub>2</sub>, suite à l'extraction minière, la construction de routes, l'agro-industrie et les biocarburants, l'expansion de l'agriculture de subsistance et de la production de charbon de bois (Megevand *et al.*, 2013 ; Molinario, 2020). Située au cœur du Bassin du Congo, la République du Congo couvre une superficie forestière estimée à 67,1% du territoire national soit 12,4 % de forêts denses d'Afrique (PFBC, 2005; De Wasseige *et al.*, 2014). Selon les mêmes données du Global Forest Watch (2023), le Congo durant la même période 2001-2022, a perdu 3,7% du couvert végétal dont 1,9% de la forêt primaire humide de 2002-2022 et une émission de 573 Mt du CO<sub>2e</sub>. Les surfaces ainsi déboisées se transforment en jachères forestières, puis en forêts secondaires et la superficie de ces dernières augmente chaque année (Lubini, 2003). Les forêts secondaires occupent une superficie non négligeable au Congo avec 4% de la superficie totale du pays en 2000 (De Wasseige *et al.*, 2014). Ces formations de succession ont fait l'objet de quelques études au Congo. Ces études ont

porté principalement sur la dynamique de reconstitution floristique et la richesse floristique (Moutsamboté, 1985 ; Koubouana et al., 2016; Missamba et al., 2015) puis sur le stock de carbone global (Ifo, 2010 ; Bocko, 2017 ; Ifo et al., 2019 ; Ndzai, 2022). Jusqu'à présent, aucune étude n'a été réalisée au Congo dans le cadre de la dynamique de la reconstitution du stockage de carbone forestier après une activité anthropique. Cette étude a pour objectif général, de contribuer à la meilleure connaissance de la reconstitution du stock de carbone forestier pendant la dynamique de régénération des forêts après culture sur brûlis dans l'Unité Forestière d'Aménagement Tsama-Mbama, dans le but de contribuer à une gestion durable de cet écosystème forestier soumis à une forte pression anthropique. Plus spécifiquement, il s'agit de : (i) connaître le stock de carbone de chaque pool étudié dans les différents stades de la reconstitution de la forêt étudiée ; (ii) connaître le stock de carbone de la forêt primaire de cette zone d'étude.

## **Materiel et Methodes**

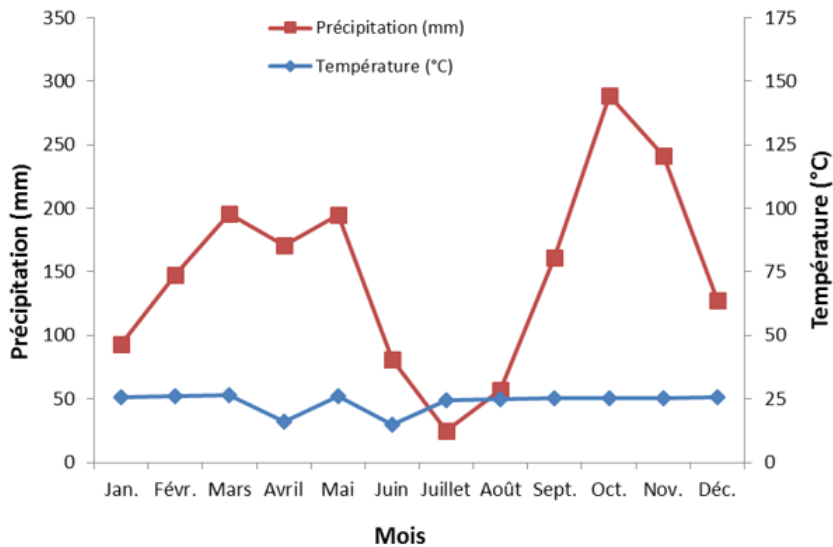
### **Présentation de la zone d'étude**

Cette étude a été réalisée dans la partie sud- Est de l'UFA Tsama-Mbama entre le district de Mbama et le district d'Etoumbi. Cette UFA couvre une superficie de 548.620 hectares, et est située dans le domaine forestier de la zone IV Cuvette-Ouest, du secteur forestier Nord, dans le département de Cuvette-Ouest en République du Congo (Figure 1). Elle est limitée : au nord par la route Akana-Oboli-Tcherré ; à l'Est par la limite entre les départements de la Cuvette et de la Cuvette-Ouest ; au Sud par la rivière Kouyou et à l'Ouest par la ligne frontalière Congo-Gabon.



**Figure 1 :** Localisation de la zone d'étude

Le climat de l'UFA Tsama-Mbama est de type subéquatorial caractérisé par des températures moyennes annuelles qui oscillent autour de 25 °C, avec une variation de faible amplitude, une pluviosité annuelle variant entre 1400 mm et 2100 mm. Cette zone présente une saison sèche de 2 ou 3 mois, de juin à août et deux saisons de pluie. La première débute de janvier à mi-mai, la seconde s'étend de septembre jusqu'à décembre et avec un pic des précipitations en octobre et novembre (figure 2).



**Figure 2 :** Diagramme ombrothermique  
(Source des données de la station ANAC Kellé de 2010 à 2022)

Selon la carte géologique de l'UFA Tsama-Mbama réalisée par le CNIAF en 2020, cette UFA se trouve sur la série du Stanley-pool caractérisée par Grès tendres argilo-marneux. Les sols de cette zone sont ferrallitiques fortement désaturés en base échangeable (De Boissezon et *al.*, 1969). La végétation de la zone d'étude est formée des forêts et des savanes. Les savanes occupent plus de 14% de la superficie totale de l'UFA. Les zones forestières sont constituées des forêts primaires, des forêts jeunes qui se développent suite à l'expansion de la forêt vers la savane et des forêts de reconstitution suite aux activités anthropiques. Ces forêts sont dominées par des essences de grande valeur commerciale telles que : *Lophira alata* Banks ex C.F Gaertn, *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) Brenan, *Pterocarpus soyauxii* Traub, *Staudtia kameruneensis* Warb. On y trouve dans cette UFA de nombreux cours d'eau : Kouyou, Likouala-Moussaka, Lessibi, Doulou, Duassi, Lola, Lékoli.

## Méthodes d'étude

### Collecte des données de terrain

Le suivi de la reconstitution de la forêt est effectué par la méthode diachronique. Elle est la plus utilisée et la plus facilement réalisable (Mitja et al., 1989). En Afrique, elle a été utilisée par de nombreux auteurs Kahn (1982) ; Moutsamboté (1985) ; Mitja et al. (1989) ; Randriamalala et al. (2007) ; Razafimahatratra et al. (2008) ; Missamba et al. (2015). Cette méthode permet d'avoir une vision globale de la reconstitution de la forêt (Moutsamboté, 1985), de suivre l'évolution historique de la végétation à

partir de l'analyse des jachères d'âges différents et qui aboutit à un schéma unique de la reconstitution forestière (Mitja et al., 1989).

### **Installation des parcelles et inventaire floristique**

Au total, huit (8) parcelles d'un ha chacune ont été installées dans les jachères, forêts secondaires de différents âges (1 an à 3 ans ; 5 ans à 7 ans ; 10 ans à 12 ans ; 15 ans à 18 ans ; 21 ans à 25 ans ; 35 ans à 40 ans et 45 ans à 50 ans) et une parcelle témoins dans la forêt primaire. Pour cette étude est considérée comme forêt secondaire, les parcelles de plus de vingt (20) ans de reconstitution (GIEC, 2006). Chaque parcelle a été subdivisée en placette de 100 m à x 10 m à l'aide d'un ruban-mètre et géoreférencées par un GPS. Dans chaque parcelle, tous les arbres de diamètre supérieur ou égal à 5 cm ( $\geq 5$  cm) à 1,30 cm du sol ont été mesurés à l'aide d'un ruban à diamètre et identifiés (Ambombo et al., 2018). Pour le cas des arbres à contrefort ou à racines échasses, le diamètre a été mesuré à 30 cm au-dessus de ceux-ci (Kimpolo et al., 2021). Pour les arbres non identifiés sur le terrain, les échantillons ont été prélevés, conservés dans les papiers journaux pour être identifié à l'Herbier National à Brazzaville.

### **Collecte de données du sol et des racines**

Dans chaque parcelle, des échantillons du sol ont été prélevés dans trois points sur la diagonale à l'aide d'une tarière de 8 cm de diamètre interne et 20 cm de longueur de la manière suivante : un point à chaque angle et un au milieu. Deux (2) horizons du sol ont été considérés pour cette étude : 1<sup>er</sup> horizon (H<sub>1</sub>) 0 à 10 cm et 2<sup>ème</sup> horizon (H<sub>2</sub>) 10 à 20 cm. Chaque échantillon de sol a été emballé dans des sacs plastiques et étiquetés.

Les racines ont été prélevées dans cinq (5) points : un point dans chaque angle de la parcelle et un autre point au milieu de la parcelle sur la ligne diagonale à l'aide de la tarière. A Chaque point, l'échantillon des racines est prélevé dans les deux (2) horizons par la méthode de carotte utilisée par Lamine (2007), Thongo (2008) et Ifo (2010).

Les racines vivantes sont triées des carottes de chaque horizon in situ ou au village pour les carottes très humides. Ces tris se font par le biais d'un tamis de maille de 1 mm<sup>2</sup>. Et une fouille manuelle dans le sol tamisé a ensuite été réalisée afin de rechercher d'éventuelles racines très fines non retenues par les mailles du tamis (Thongo, 2008). Des échantillons non tamisés sur le terrain à cause de l'humidité du sol, sont ramenés au village et étalés à l'air libre pendant quelques minutes avant de les tamiser. Les racines vivantes ont été emballées dans les sacs plastiques et étiquetés puis séchés à l'air libre pour éviter les moisissures et des pourritures.

## Traitement et analyse des données

Le traitement des données a été fait à partir d'une base de données élaborée sur le tableur Excel. Toutes les espèces inventoriées par parcelle avec leurs diamètres, les noms et familles ont été inscrites ainsi que les masses du sol, des racinaires de chaque parcelle et la teneur du carbone du sol. Le logiciel SPSS\_Statistics\_22.0 a été utilisé pour le traitement des données.

### Densité à l'hectare

La densité (D) indique la valeur moyenne du nombre total d'individus par unité de surface (Tayo Gamo, 2014).

$$\text{Elle est calculée par la relation suivante } D=n/S \quad (1)$$

n = nombre total d'arbres dans la parcelle échantillonnée et S = superficie de la parcelle échantillonnée (ha).

### Surface terrière

La surface terrière correspond à la somme des sections horizontales des troncs, prises par convention à 1,3 m du sol (Pascal 2003). Elle peut être calculée, pour l'ensemble du peuplement, par espèces ou par groupes d'espèces. Elle est un excellent indicateur de la richesse pondérale du peuplement. Elle s'exprime en mètres carrés par l'hectare (m<sup>2</sup>/ha) (Koubouana et al., 2018).

$$\text{La surface terrière d'un arbre est } g= \pi d^2/4 \quad (2)$$

où d est le diamètre de l'arbre

La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous les arbres de cette espèce.

La surface terrière totale c'est-à-dire la surface terrière du peuplement (G) correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus présents sur la surface inventoriée. Elle se calcule à partir de la formule suivante :

$$G=\Sigma \pi d^2/4 \quad (3)$$

### Estimation de la biomasse aérienne

La biomasse aérienne a été déterminée par l'équation allométrique de (Fayolle et al., 2018). Sa formule mathématique est la suivante :

$$AGB = \exp[0,046 + 1,156 * \log(WSG) + 1,123 * \log(D) + 0,436 * (\log(D))^2 - 0,045 * (\log(D))^3] \quad (4)$$

Avec AGB : biomasse aérienne ; WSG : densité et D = diamètre



La densité spécifique des espèces inventoriées pour cette étude a été déterminée à partir de la base de données de Zanne et al. (2009) et pour les espèces non indiquées dans la base des données, la densité spécifique par défaut (0,64) a été utilisée (Lewis et al., 2013).

Les estimations de biomasse sont converties en valeurs de carbone à l'aide des fractions de carbone de la matière sèche (GIEC, 2006) qui est 0,49 (Feldpausch et al., 2004) pour cette étude. Et leur conversion en tonne (t) est faite en utilisant la table de conversion.

$$\text{Stock de carbone} = \text{Biomasse} \times 0,49 \quad (5)$$

### Estimation du Carbone organique du sol

Le stock de carbone organique du sol a été calculé à partir de la formule de Marco et al. (2010).

$$SC = Da \times 10 \times (1 - EG) \times TpC \times E \quad (6)$$

Avec SC : stock de C, en g/m<sup>2</sup> ; Da : densité apparente, en g/cm<sup>3</sup> ;

EG : pourcentage d'éléments grossiers ; TpC : teneur pondérale en carbone organique, en g/kg ; E : épaisseur de l'horizon, en cm. Le carbone de chaque parcelle est converti en t/ha.

La teneur pondérale en carbone organique de chaque échantillon a été déterminée au laboratoire de l'Institut National de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN) de Pointe Noire par la méthode de Walkley et Black.

### Estimation de la Biomasse racinaire

Les échantillons des racines ont été emballés dans le papier aluminium avec leurs étiquettes puis placés dans une étuve à une température de 70 °C pendant 72 heures, afin de déterminer la masse de la matière sèche, à l'aide d'une balance à précision de 0,001 g. Tous les échantillons avant pesés ont été débarrassés de grains de sable attachés à l'aide d'un pinceau. Les racines en fonction de leur diamètre sont classées par classe à l'aide d'un pied à coulisse. Plusieurs classes de racines ont été définies en fonction des auteurs. Pour cette étude nous avons utilisé la classification ci-dessous

- racines fines (diamètre inférieur à 2 mm) ;
- racines secondaires (diamètre compris entre 2-4 mm) ;
- grosses racines (diamètre supérieur à 4 mm).

La biomasse des racines est exprimée en g/m<sup>2</sup>. Pour estimer cette biomasse racinaire, l'équation de Ifo (2010) a été utilisée :

$$B = \frac{Mo}{s} \quad (7)$$

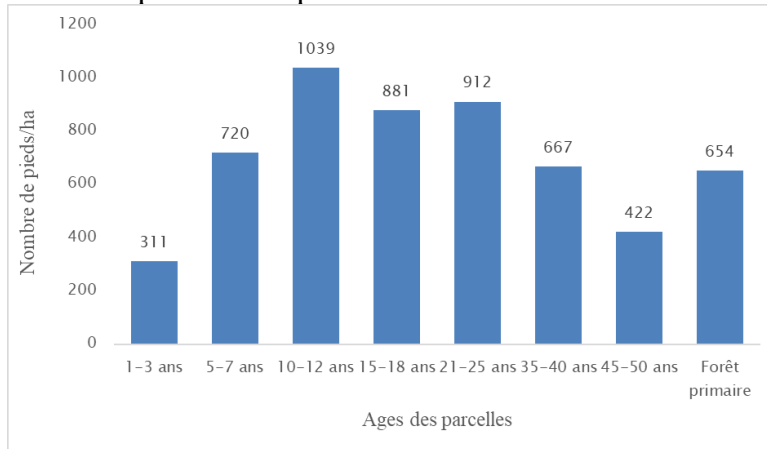
Avec :  $B$  = biomasse racinaire en  $\text{g.m}^{-2}$ ;  $M_0$  = la biomasse sèche des racines à  $t_0$  (en g) et  $S$  = surface de tarière racinaire (Epaisseur de l'horizon x diamètre de la tarière). Le diamètre interne de la tarière est de 8 cm.

## Résultats et discussion

### Résultats

#### Densité à l'hectare

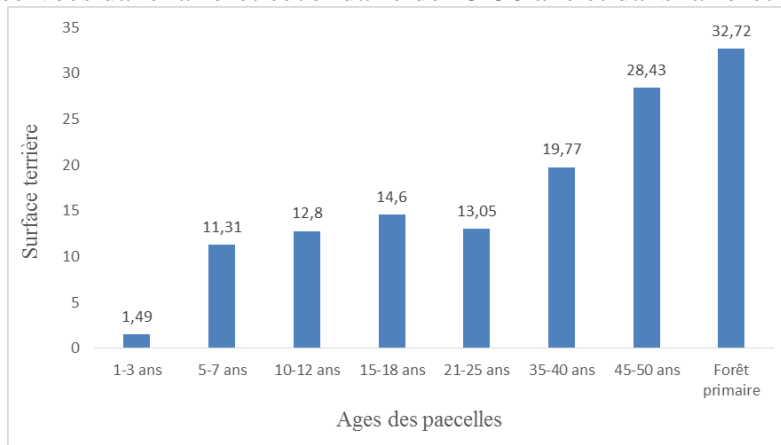
L'analyse de cette figure ( 3) montre que le nombre d'individus à l'hectare le plus élevé est observé dans la jachère de 10-12 ans suivi par la forêt secondaire de 21-25 ans et le nombre plus faible, dans la parcelle de jachère de 1-3 ans puis dans la parcelle de forêt secondaire de 45-50 ans .



**Figure 3 :** Densité par parcelle

#### Surface terrière

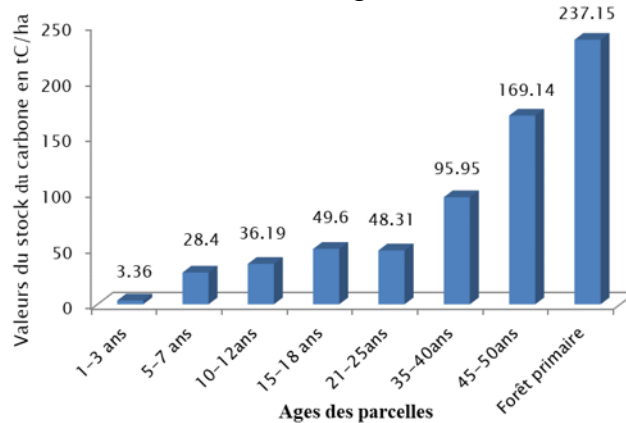
L'analyse de la figure 4 montre que les valeurs des surfaces terrières les plus faibles sont observées dans les jachères et les valeurs plus élevées sont observées dans la forêt secondaire de 45-50 ans et dans la forêt primaire.



**Figure 4 :** Surface terrière des parcelles

### Stock du carbone aérien

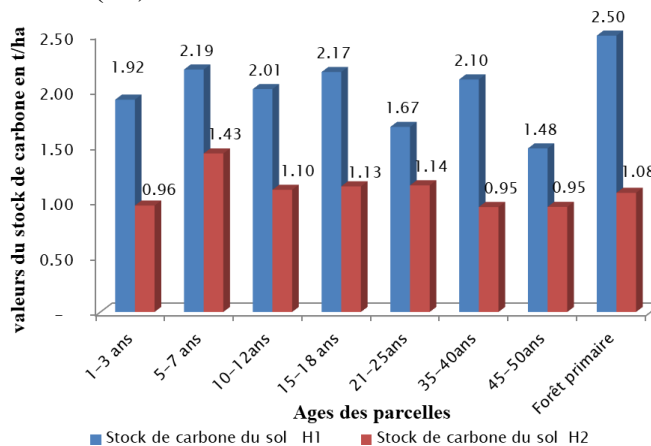
L'analyse de la figure 5 montre que la valeur de carbone aérien la plus élevée est observée dans la parcelle de la forêt primaire (237,15 tC/ha), suivi par celles des forêts secondaires de 45 ans à 50 ans (169,14 tC/ha) et de 35 ans à 40 ans (95,95 tC/ha). Les valeurs les plus faibles sont observées dans les parcelles des jachères de 1 an à 3 ans (3,36 tC/ha), 5 ans à 7 ans (28,4 tC/ha) et 10 ans à 12 ans (36,19 tC/ha). La figure 5 montre que la séquestration du carbone varie avec l'âge de la reconstitution de la forêt.



**Figure 5 :** Stock du carbone aérien par parcelle

### Stock de carbone organique du sol

Il ressort de la figure 6 que les valeurs du stock de carbone organique du sol varient de 1,48 tC/ha (45-50 ans) à 2,5 tC/ha (forêt primaire) pour l'horizon (H<sub>1</sub>) et de 0,95 tC/ha (35-40 ans et 45-50 ans) à 1,43 tC/ha (5-7 ans) pour l'horizon (H<sub>2</sub>).



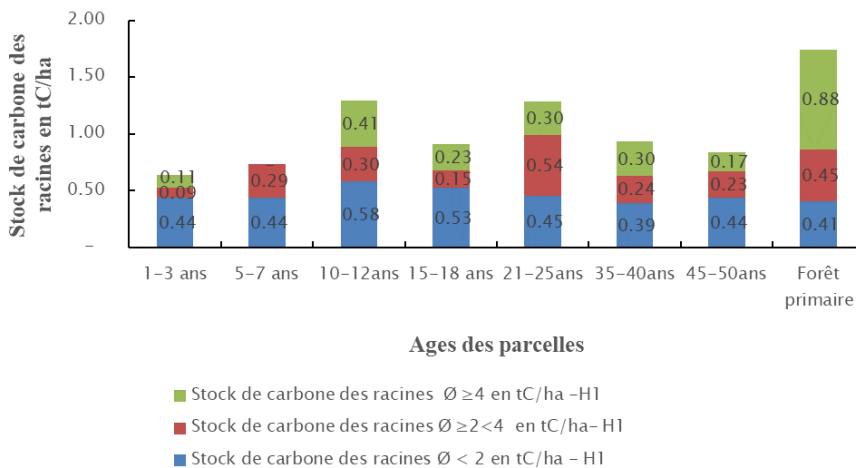
**Figure 6 :** Stock de carbone organique du sol

### Stock de carbone racinaire

Les valeurs de stock de carbone racinaire par parcelle, par classe de diamètre et par horizon sont représentées par les figures 7 et 8 ci-dessous.

Il ressort de cette figure (7) que les valeurs moyennes du stock de carbone de racines du 1<sup>er</sup> horizon varient de :

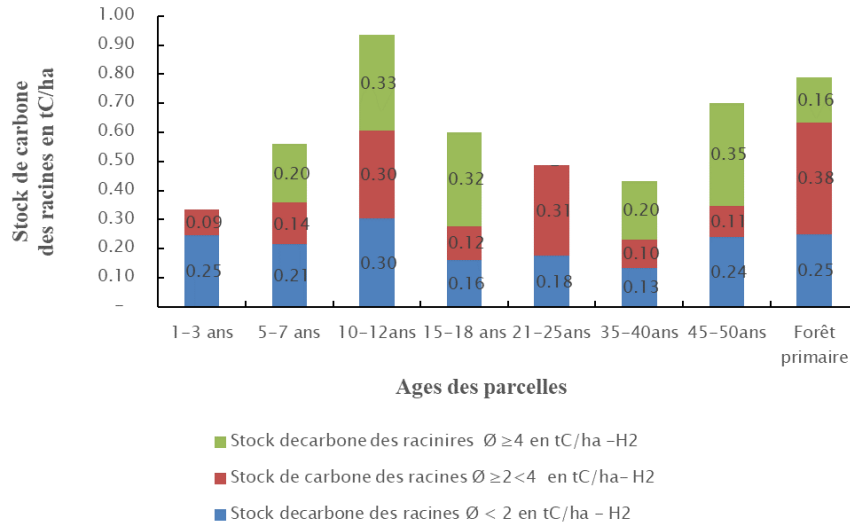
- $0,39 \pm 0,15$  tC/ha à  $0,58 \pm 0,37$  tC/ha pour les racines fines
- $0,09 \pm 0,15$  tC/ha à  $0,54 \pm 0,35$  tC/ha pour les racines moyennes
- Pour les grosses racines la parcelle de 5 à 7 ans est nulle et la valeur la plus élevée est  $0,88 \pm 0,49$  tC/ha dans la forêt primaire



**Figure 7:** Stock de carbone racinaire du 1<sup>er</sup> horizon par parcelle et par classe de diamètre

La figure 8 montre que les valeurs du stock de carbone des racines du 2<sup>ème</sup> horizon varient de :

- $0,13 \pm 0,08$  tC/ha à  $0,3 \pm 0,15$  tC/ha pour les racines fines ;
- $0,09 \pm 0,17$  tC/ha à  $0,38 \pm 0,39$  tC/ha pour les racines moyennes;
- pour les grosses racines, les parcelles de 1-3 ans et 21-25 ans sont nulles et la valeur la plus élevée est  $0,35 \pm 0,08$  tC/ha.



**Figure 8 :** Stock de carbone racinaire du 2<sup>ème</sup> horizon par parcelle et par classe de diamètres

## Discussion

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus par cette étude

Paramètres calculés	Ages des parcelles de reconstitution de la forêt								
	1-3 ans	5-7 ans	10-12 ans	15-18 ans	21-25 ans	35-40 ans	45-50 ans	Forêt primaire	
densité (n/ha)	331	720	1039	881	912	667	422	654	
Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)	1,49	11,31	12,8	14,6	13,05	19,77	28,43	32,72	
Carbone aérien (en t/ha)	3,36	28,4	36,19	49,6	48,31	95,95	169,14	237,15	
Carbone du sol (tC/ha)	Horizons du sol								
	H1	1,92±0,09	2,19±0,31	2,01±0,44	2,17±0,08	1,67±0,23	2,1±0,75	1,48±0,21	2,5±1,09
	H2	0,96±0,11	1,43±0,46	1,1±1,19	1,13±0,15	1,14±0,24	0,95±0,08	0,95±0,23	1,08±0,25
Carbone racinaire (tC/ha)	Classes de racines								
	H1								
	D ≥ 4 mm	0,11±0,24	0	0,41±0,45	0,23±0,32	0,3±0,49	0,3±0,66	0,17±0,24	0,88±0,49
	2 ≥ D < 4 mm	0,09±0,15	0,29±0,11	0,3±0,17	0,15±0,1	0,54±0,35	0,24±0,09	0,23±0,22	0,45±0,34
	D < 2 mm	0,44±0,19	0,44±0,44	0,58±0,37	0,53±0,13	0,45±0,16	0,39±0,15	0,44±0,17	0,41±0,09
	H2								
	D ≥ 4 mm	0	0,2±0,45	0,33±0,36	0,32±0,34	0	0,2±0,45	0,35±0,08	0,16±0,23
2 ≥ D < 4 mm	0,09±0,17	0,14±0,1	0,3±0,17	0,12±0,07	0,31±0,24	0,1±0,1	0,11±0,14	0,38±0,39	
D < 2 mm	0,25±0,12	0,21±0,09	0,3±0,15	0,16±0,08	0,18±0,05	0,13±0,08	0,24±0,17	0,25±0,14	

Ces résultats montrent en ce qui concerne la densité des individus qu'elle est élevée dans les stades jeunes de la dynamique de reconstitution, ce qui témoigne d'une bonne régénération de la forêt. Dans l'étape de 1 à 3 ans, du fait de la coupe à blanc de la forêt pour la plantation du manioc, la densité est moins élevée. La densité des jachères à partir de 5 ans jusqu'aux forêts secondaires de 35-40 ans sont en accord avec les résultats de Koubouana et al. (2018) qui ont trouvés 868 tiges/ha dans les forêts

dégradées de l'axe Impfondo-Dongou en République du Congo. Et les résultats de Ngoufo et al. (2019) qui ont trouvés une moyenne de 510 pieds/ha dans les vieilles jachères et une moyenne de 689 pieds/ha pour les forêts dégradées au Cameroun. La parcelle de 45-50 ans à une densité faible à cause des Marantaceae ce même constat a été fait par Benoit et al. (2022) dans la forêt de Loundougou au nord Congo. La forêt primaire dans la zone d'étude compte 654 arbres/ha, ce résultat est en accord avec ceux obtenus par d'autres auteurs dans les forêts tropicales. Pascal (2003) la moyenne de la densité se situe aux environs de 600 arbres/ha pour les forêts tropicales ne présentant pas de contraintes particulières. Benoit et al. (2022) ont trouvés 323 à 674 arbres/ha pour la forêt du bassin du Congo. En ce qui concerne la surface terrière, à l'exception de la jachère de 1-3 ans, le reste de nos résultats qui varient entre 11,31 à 32,72 m<sup>2</sup>/ha sont en accord avec les résultats d'autres auteurs dans les forêts du Bassin du Congo. Koubouana et al. (2018) ont trouvés entre 6,75 à 34,24 m<sup>2</sup>/ha pour les forêts dégradées et entre 16 et 36,37 m<sup>2</sup>/ha pour les forêts primaires. Ngoufo et al. (2019) ont trouvés les moyennes de 6,21 m<sup>2</sup>/ha, de 30,83 m<sup>2</sup>/ha et 33,26 m<sup>2</sup>/ha respectivement pour les jeunes jachères, les vieilles jachères et les forêts dégradées.

Les résultats de cette étude révèlent l'action essentielle des activités anthropiques sur la variation des stocks de carbone aérien. Ils montrent que le stock de carbone aérien diminue avec la dégradation de la forêt du fait des activités agricoles. Le stock le plus élevé est observé dans la forêt primaire 237,15 tC/ha, du fait de la présence des arbres de gros diamètre, et les plus faibles dans les jachères de 1-3 ans (3,36 tC/ha) 5-7 ans (28.4 tC/ha). Plusieurs études réalisées dans les jachères, les forêts secondaires et les forêts primaires du bassin du Congo révèlent cette tendance (Kotto et al., 1997 ; Ifo et al., 2019 ; Ngoufo et al., 2019).

Par contre, en ce qui concerne le carbone organique du sol, de cette étude, les résultats montrent que l'agriculture sur brûlis réduit très peu le stock de carbone organique du sol ; car les valeurs sont relativement constantes d'une parcelle à une autre. Ce même constat a été fait par Kotto et al. (1997) qui stipulent que le stock de carbone organique du sol reste relativement constant tout au long du cycle d'abattis-brûlis. Le stock de carbone de H<sub>1</sub> de deux parcelles de jachère (1-3 an et 5-7 ans) sont respectivement 1,92±0,09 tC/ha et 2,19±0,31 tC/ha, ces valeurs sont plus élevées que celle de deux parcelles de la forêt secondaire notamment la parcelle de 21-25 ans avec 1,67±0,23 tC/ha et celle de 45-50 ans avec 1,48±0,21 tC/ha. Ces résultats montrent que les stocks de carbone organique du sol ne sont pas liés aux âges de la formation végétale. Cependant, la valeur du stock de carbone de la forêt mature est la plus élevée avec à 2,5±1,09 tC/ha, probablement dû au carbone issu de la minéralisation de la

matière organique. Au niveau du deuxième horizon (H<sub>2</sub>), les valeurs sont sensiblement égales d'une parcelle à une autre et elles varient de  $0,95\pm 0,08$  tC/ha (35-40 ans) à  $1,43\pm 0,46$  tC/ha (5-7 ans). Le stock de carbone organique du sol varie d'un horizon à un autre, c'est-à-dire il y a plus de carbone au premier horizon que pour le deuxième horizon et cela pour toutes les parcelles.

Les résultats cumulés de deux horizons (0-20 cm) de chaque forêt secondaire de notre étude ( $2,82\pm 0,47$  tC/ha,  $3,05\pm 0,83$  tC/ha et  $2,48\pm 0,44$  tC/ha) respectivement pour la forêt de 21-25 ans, 35-40 ans et 45-50 ans corroborent avec les résultats de Ndzai (2022) qui a trouvé les valeurs qui varient de 2,22 tC/ha à 3,49 tC/ha dans les forêts secondaires de la Likouala pour une profondeur de 0-15 cm. Les résultats de cette étude pour toutes les strates sont inférieurs aux résultats de certains auteurs (Namri, 1996 ; Ifo, 2010 et Safi, 2016). Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par des faibles teneurs de carbone et de matières organiques dans cette zoné d'étude, avec un sol composé de plus de 95% du sable.

Les valeurs du stock de carbone racinaire de cette étude sont variables d'un horizon à un autre et d'une classe de diamètre à une autre. La valeur moyenne du stock de carbone des racines fines la plus élevée est  $0,58\pm 0,37$  tC/ha observée dans le premier horizon et la plus faible est  $0,13\pm 0,08$  tC/ha dans le deuxième horizon ; ces valeurs sont obtenues respectivement dans la jachère et la forêt secondaire. La valeur moyenne du stock de carbone des racines secondaires la plus élevée est de  $0,54\pm 0,35$  tC/ha obtenu dans la forêt secondaire en H<sub>1</sub> et la valeur moyenne la plus faible est 0,09 tC/ha obtenue en jachère en H<sub>2</sub>. La valeur moyenne du stock de carbone des grosses racines la plus élevée est 0,88 tC/ha obtenue en forêt primaire en H<sub>1</sub> et la valeur moyenne la plus faible est 0,05 obtenue en jachère en H<sub>1</sub>.

Nos résultats des racines fines du 1<sup>er</sup> horizon, des trois strates sont supérieurs aux résultats de Thongo (2008) qui a trouvé 0,54 t/ha de biomasse sèche soit environ 0,26 tC/ha dans une plantation d'Eucalyptus au Congo. Cette comparaison montre que les valeurs de carbone des racines fines dépendent de la composition floristique du site d'étude.

Nos résultats des grosses racines de la forêt secondaire sont en accords avec les résultats de Ndzai (2022) qui a trouvé moins d'une tC/ha en forêt secondaire à *Macaranga monandra* Mull- Arg. dans la Likouala.

Pour un total cumulé de deux horizons (0-20 cm) de notre étude ; nos résultats des racines fines de la forêt primaire ( $0,66\pm 0,23$  tC/ha) corroborent aux résultats de Ndzai (2022) qui a trouvé 1,99 Mg/ha dans la forêt adulte de *Celti sadolfi-friderici* Engl. Par contre, nos résultats sont inférieurs aux résultats de IFO (2010) qui a trouvé 772g/m<sup>2</sup> soit environ 3,78 tC/ha les forêts galeries du Congo.

## Conclusion

Cette étude a montré que pendant la dynamique de reconstitution de la forêt après culture, le nombre d'individus de petit diamètre est élevé dans les stades jeunes constituant ainsi le potentiel de régénération de la forêt. Le stock de carbone séquestré dans les arbres augmente avec l'âge de la forêt, les étapes jeunes étant constituée d'individus de petit diamètre séquestrent moins le carbone au détriment du nombre d'individus et les stades âgés constituent d'individus de gros diamètre ayant un potentiel de séquestration de carbone élevé.

Le carbone organique du sol, par contre, ne semble pas être influencé par l'âge de l'étape de régénération de la forêt. On note par étape, une petite variation de ce stock de carbone organique entre les horizons du sol. Le stock de carbone des racinaires fines est variable d'une étape à une autre, cette variation est indépendamment de l'âge et montre de façon générale une tendance à la baisse entre les deux horizons.

## Contributions des auteurs

Les auteurs Romarick MONDZALI LENGUIYA, Félix KOUBOUANA et Saint Fédriche NDZAI ont participé à la collecte des données et à l'interprétation des résultats. Irène Marie Cécile MBOUKOU KIMBATSA née GOMA a contribué à la compilation et à la relecture finale de cet article.

## Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de la Société Christelle et le bureau d'études Expertise Plus Sarlu qui ont facilité notre déplacement et notre séjour sur le terrain. Les chefs des villages Tala, Essoura, Mvoula et tous les guides qui nous ont accompagnés sur le terrain qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

## References:

1. Ambombo E. M., OngueneNgodo M. J. B., Pial A. C., Mbarga B. A. et Mossebo D. C., (2018). Dynamique de la régénération naturelle des essences commerciales sur les routes secondaires de différents



- âges de l'UFA 09-003 (Djoum, Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(1), 341-352. <http://www.ifgdg.org>
2. Benoit C.B., Jobbe-D., Bénédet F., Cornu G., Forni E., Freycon V., Sylvie Gourlet-F., Rossi V., Doucet J.L., Fayolle A., Ligot G., Bracke C., Daïnou K., Month K., (2022). Dynamique des forêts d'Afrique centrale : pour une amélioration de la durabilité des plans d'aménagement forestiers. Capitalisation des projets Dynaffor et P3FAC, 75p
  3. Bocko Y, E., Ifo S.A., Loumeto J.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* vol. 13, No. 5, 438-456. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p438>
  4. Chave J., (2000). Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale. *Ann. Phys. Fr.* 25, N° 6, 184p.
  5. De Boissezon P., Martin G. et Gras F., (1969). Atlas du Congo, 1969. Mission permanente d'aide et de coopération Brazzaville, 5p.
  6. De Wasseige C., De Marcken P., Bayol N., HiolHiol F., Mayaux Ph, Desclée B, Nasi R, Billand A., Defourny P., Eba'aAtyi R., (2012). Les forêts du Bassin du Congo : État des Forêts 2010. Union européenne : Luxembourg, 274p.
  7. De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., HiolHiol F., Mayaux Ph. 2014. *Les Forêts du Bassin du Congo : Etat des Forêts 2013*. Weyrich, Belgique, 328p.
  8. Eba'a A. R., Hiol H. F., Lescuyer G., Mayaux P., Defourny P., Bayol N., Saracco F., Pokem D., Sufo K. R et Nasi R., (2022). Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2021. Bogor, Indonésie : CIFOR, 444p.
  9. FAO, (2021). Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 : Rapport principal, Rome, 170p. <https://doi.org/10.4060/ca9825fr>.
  10. FAO et PNUE, (2020). La situation des forêts du monde 2020. Forêts, biodiversité et activité humaine, Rome, 197p. <https://doi.org/10.4060/ca8642fr>.
  11. Fayolle A., Ngoumanda A., Mbasim., Barbier N., Boko Y., Boyamba, F., Couteron, P., Fonto N., Kamdem N., Katemba J., Kondaoulé H.J., Loumeto J., Maidou H.M., Mankou G., Mengui T., Mofack J., Moundounga C., Moundounga Q. et Madjibé V., (2018). A regional allometry for the Congo basin forests based on the largest ever destructive sampling. *Forest Ecology and Management*, 430 (2018), 228–240. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.030>
  12. Feldpausch, T. R., Rondon M. A., Fernandes E. C. M., Riha S. J. et Wandelli E., (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary

- forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecol. Appl.*, 14, 164-176.
13. Ifo S.A. et Binsangou S., (2019). Variabilité spatiale du stock de carbone de la biomasse aérienne de la zone urbaine vers la forêt tropicale dense dans cinq localités de la république du Congo. Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Cotonou, Bénin, Hal, 15p.
  14. Ifo, S.A., (2010). Apports de carbone au sol et stocks dans deux types forestiers (forêt galerie et forêt secondaire) des plateaux Téké. Thèse pour l'obtention du grade de docteur de l'université Marien Ngouabi, Faculté des sciences, Brazzaville, Congo, 194p.
  15. GIEC, (2006). Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Chap. 5, Terres cultivées, 73p.
  16. Global Forest watch, (2023). <https://www.globalforestwatch.org>
  17. Kahn F., (1982). La reconstitution de la forêt tropicale humide. Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire. *Mémoire O. R. S. T. O. M.*, n° 97, 150p.
  18. Kimpolo L., Ndzai S.F., Koubouana F., (2021). Richesse floristique et stockage de carbone de La zone agricole de la forêt de Kissila dans le Mayombe Congolais, *ESJ*, 17(40), 19p. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p1>
  19. Kotto-Same J., Woomeer, P., Moukam, A. et Zapfack, L., (1997). Carbon Dynamics in Slash-And-Burn Agriculture and Land Use Alternatives of the Humid Forest Zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 65, p: 245-256.
  20. Koubouana F., Ifo S. A., Mayitoukou L. L. et Ndinga E. (2016). Diversité floristique et dynamique de reconstitution de la forêt du Parc Zoologique sous plantations à eucalyptus à Brazzaville, Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(2) : 609-619.
  21. Koubouana F., Ifo S.A., Ndzai S.F., Stoffenne B., Mondzali-L. R., 20218. Étude comparative d'une forêt primaire et d'une forêt dégradée au Nord de la République du Congo par référence à la structure des forêts tropicales humides. *Rev. Sci. Tech. For. Environ. Bassin Congo*. Vol 11, 11-25. DOI : <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1436597>
  22. Lamine S., (2007). Dynamique des racines fines dans des écosystèmes forestiers de sapin baumier (*Abies balsamea* (L) Mill.) et d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.)) situés le long d'un gradient climatique. Mémoire effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.) Université de Sherbrooke, 66p.
  23. Lewis S.L., Sonke B., Sunderland T., Begne S.K., Lopez-Gonzalez G., van der Heijden G.M.F., Phillips O.L., Affum-Baffoe K., Baker

- T.R., Banin L., Bastin J.F.B., Beeckman H., Boeckx P., Bogaert J., De Cannière C., Chezeaux E., Clark C.J., Collins M., Djagbletey G., Djuikouo M.N.K., Droissart V., Doucet J.L., Ewango C.E.N, Fauset S., Feldpausch T.R., Foli E.G., Gillet J.F., Hamilton A.C., Harris D.J., Hart T.B., Haulleville T., Hladik A., Hufkens K., Huygens D., Jeanmart P., Jeffery K.J., Kearsley E., Leal M.E., Lloyd J., Lovett J.C., Makana J.R., Malhi Y., Marshall A.R., Ojo L., Peh K.S.-H., Pickavance G., Poulsen J.R., Reitsma J.M., Sheil D., Simo M., Steppe K., Taedoum H.E., Talbot J., Taplin J.R.D., Taylor D., Thomas S.C., Toirambe B., Verbeeck H., Vleminckx J., White L.J.T., Willcock S., Woell H. and Zemagho L., (2013). Above-ground biomass and structure of 260 African tropical forests. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 368 : 20120295, 14P. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0295>
24. Lubini A.C., (2003). La gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique: Réalité et perspectives. Document thématique: Sur les aspects écologiques des forêts secondaires en Afrique centrale et occidentale francophone. Atelier FAO/ECLNV/GTZ Douala, Cameroun, 17-21 nov. 2003. <http://www.fao.org/docrep/007/j2578f/J2578F08.htm#TopOfPage>
25. Marco P, Henry M, Blavet D, Bernoux M., (2010). Variation des stocks de carbone organique du sol après plantation forestière : essai de méta-analyse incluant quelques situations d'Amérique latine. *Bois et Forêts des Tropiques*, 305 (3), 21-32.
26. Mayaux P., Gond V., Massart M., Pain-O. M. et Achard F., (2023). Evolution du couvert forestier du bassin du Congo mesurée par télédétection spatiale. BFT, N° 277, 45-25.
27. Mayaux P., Achard F. et Malingreau J. P., (1998). Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: a comparison with other approaches. *Environmental Conservation*, 25, 37-52.
28. Megevand C., Mosnier A., Hourticq J., Sanders K., Doetinchem N. et Streck C., (2013). Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo : Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt, Washington. 179p. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
29. Mitja D. et Hladik A., (1989). Aspects de la reconstitution de la végétation dans deux jachères en zone forestière africaine humide (Makokou, Gahon). *Acta OEcologica*, (Ecol, Gener., Vol. 10, n° 1, 75-94.
30. Missamba-Lola A. P., Matondo R., Marien J.N., Samba-Kimbata M.J., Gillet J.F., (2015). Dynamique spatio-temporelle des recrus

- forestiers au bord des pistes secondaires : Cas des UFA-CIB dans la cuvette congolaise. *Rev.Sci.Tec. For. Env. Bas. Con.*vol. 4, 34-45.
31. Molinario G, Hansen M., Potapov P., Tyukavina A., Stehman S., (2020). Contextualizing landscape-scale forest cover loss in the democratic republic of Congo (DRC) between 2000 and 2015, 22p. <https://doi.org/10.3390/land9010023>
  32. Moutsamboté J.-M, (1985). Dynamique de reconstitution de la forêt Yombe (Dimonika, R.P. du Congo). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle Univ. Bordeaux III, Bordeaux, 301p.
  33. Namri M., (1996). Les stocks de carbone des sols du Congo. Bilan spatial et recherche des facteurs de répartition. Mémoire de Maîtrise, Université Louis Pasteur. U.F.R. de Géographie, 119p.
  34. Ndzai S.F., (2022). Caractérisation des forêts de la zone d'Impfondo-Dongou, département de la Likouala, république du Congo. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'université Marien Ngouabi, ENSAF, Brazzaville, Congo 168p.
  35. Ngoufo R., Zapfack L., Tiomo D. E., Tsafack N. L. S., Matsaguim G. C. A., Chimi D. C., Lekeufack A., Neckdem M. F., Kana E. C., Bouba N. B., Njal N., (2019). Évaluation et spatialisation du carbone stocké dans le massif forestier de Ngog-Mapubi (Cameroun).Conférence OSFACO, 13-15 mars 2019, Cotonou, Bénin. HAL Id, 25p.
  36. PFBC, (2005). Les forêts du bassin du Congo : Evaluation préliminaire, 34p. [http://carpe.umd.edu/products/PDF\\_Files/FOCB\\_APrelimAssess.pdf](http://carpe.umd.edu/products/PDF_Files/FOCB_APrelimAssess.pdf)
  37. Pascal J P, (2003). Description et dynamique des milieux forestiers : Notions sur les structure et la dynamique des forêts tropicales humides. *Rev. For. Fr.* LV - numéro spécial 2003, 118-130.
  38. Randriamalala R. J., Serpantié1 G., Carrière1 S. M., (2007). Influence des pratiques culturelles et du milieu sur la diversité des jachères d'origine forestière (Hautes-Terres, Madagascar). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 62, 65-85.
  39. Razafimahatratra H., Rabeharisoa L. et Albrecht A., (2008). Stocks de carbone du sol des zones de jachère du corridor forestier de Vohimana. *Terre Malgache*, 125-128.
  40. Safi M. E., (2016). Etude de la dynamique de carbone organique du sol et biomasse aérienne des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (DE Wild.) J.LEONARD dans la réserve forestière de Yoko territoire d'Ubundu (province de la Tshopo, RD Congo). Memoir pour l'obtention du diplôme de Grade d'Ingénieur. Université De Kisangani, Faculté de Gestion des Ressources

- Naturelles Renouvelables (F.G.R.N.R), Département des Eaux et Forêts, 49p.
41. Thongo M. A., (2008). Etude du système racinaire de l'Eucalyptus en plantation tropicale : analyse architecturale, croissance et respiration. Thèse présentée pour obtenir les grades de Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy I en Biologie végétale et forestière et de Docteur de l'Université Marien Ngouabi, Brazzaville en Biologie végétale, 181p.
  42. Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L., Miller R.B., Swenson N.G., Wiemann M.C., and Chave J., (2009). Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>
  43. Tayo Gamo K.Y.,( 2014). Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacao au centre Cameroun: cas de Ngomedzap. Mémoire d'Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses /Master professionnel en foresterie, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, 91p.