



Original Paper

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

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

Estimation des stocks de carbone organique dans les sols sous savane à *Hyparrhenia diplandra* (Hack) Stapf et forêt de terre ferme à *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben dans la localité de Komono, département de la Lékoumou (République du Congo)

Suspense Averti IFO^{1*}, Rhudain Airmelan MOUNDAGA¹ et Joseph YOKA²

¹Ecole Normale Supérieure, Laboratoire de Télédétection et Ecologie Forestière,
Université Marien N'GOUABI, BP 69, Brazzaville, Congo.

²Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biodiversité, de Gestion des Écosystèmes et de
l'environnement, Université Marien N'GOUABI, Brazzaville, Congo.

*Corresponding author; E-mail: averti.ifosuspens@umng.cg

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Université Marien N'GOUABI pour avoir financé une partie des travaux de recherches.

Received: 22-04-2022

Accepted: 16-09-2022

Published: 31-10-2022

RESUME

Dans le but de combler l'insuffisance de données sur les stocks de carbone organique de surface des sols tropicaux en général et dans le massif du Chaillu en particulier, une étude a été menée dans deux types d'écosystèmes, une forêt de terre ferme à *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben et une savane à *Hyparrhenia diplandra* (Hack) Stapf. Une collecte des échantillons de sol sur une profondeur de 0 à 30 cm a été effectuée dans la localité de Komono dans le département de la Lékoumou dans deux horizons 0-15 cm et 15-30 cm. Cette collecte des échantillons de sol des horizons de surface dans différents types d'occupations du sol avait pour objectif de quantifier le stock de carbone organique de sol. La teneur en carbone totale a été déterminée par la méthode de Walkley et Black, la teneur en azote total a été déterminée par la méthode de Kjeldahl, et la densité apparente par la méthode du cylindre. Les résultats obtenus montrent que les stocks de carbone varient respectivement sur 30 cm, de $4,88 \pm 0,28$ kg.m⁻² sous savane à $2,53 \pm 0,64$ kg.m⁻² sous forêt. Le pH du sol était plus acide ($3,72 \pm 0,05$) sous forêt que sous savane ($4,20 \pm 0,17$). Le rapport C/N sous forêt de $11,20 \pm 3,11$, alors que sous savane il est de $17,21 \pm 2,00$. Cette différence pourrait s'expliquer par la densité apparente du sol, mais aussi par des facteurs biotiques associés à la gestion de la matière organique. Ces résultats indiquent que toute décision dans la gestion du territoire dans le cadre du développement de toute politique agricole doit prendre en compte les aspects environnementaux.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Massif du Chaillu, Stock de carbone organique, Écosystème, Savane, Forêt

Estimation of organic carbon stocks in soils under *Hyparrhenia diplandra* (Hack) Stapf savannah and *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben terra firma forest in the locality of Komono, Lékoumou Department, Republic of Congo

ABSTRACT

In order to fill the data gap on surface organic carbon stocks in tropical soils in general and in the Chaillu massif in particular, a terra firma forest with *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben and a savanna with *Hyparrhenia diplandra* (Hack) Stapf. A collection of soil samples from a depth of 0 to 30 cm was carried out in the locality of Komono in the Lekoumou Department in two horizons: 0-15 cm and 15-30 cm. This collection of

soil samples from the surface horizons in different types of soil occupations was aimed at quantifying the soil organic carbon stock. The total carbon content was determined by the Walkley and Black method, the total nitrogen content was determined by the Kjeldahl method, and the bulk density by the cylinder method. The results obtained show that carbon stocks vary respectively over 30 cm, from $4.88 \pm 0.28 \text{ kg.m}^{-2}$ under savannah, to $2.53 \pm 0.64 \text{ kg.m}^{-2}$ under forest. The soil pH is more acidic (3.72 ± 0.05) under forest than under savannah (4.20 ± 0.17), the C/N ratio under forest is 11.20 ± 3.11 , while under savannah it is 17.21 ± 2.00 . This difference could be explained by soil bulk density, but also by biotic factors associated with organic matter management. These results indicate that any land management decision in the development of any agricultural policy must take into account environmental aspects.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Massif du Chaillu, Organic carbon, Ecosystem, Savannah, Forest.

INTRODUCTION

Les sols contiennent une quantité nette de carbone, sous forme de matières organiques (Chenu et al., 2014). La matière organique est une composante majeure de la fertilité des sols, car leur minéralisation libère les éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore, le potassium, (Antoni et Arrouays, 2007 ; Chenu et al., 2014 ; Lefevre et al., 2017). C'est un point important dans le contexte de la lutte contre la pauvreté lorsque des politiques agricoles sont programmées dans un territoire donné. Ces éléments nutritifs serviront à la croissance de la plante tout en améliorant les propriétés physiques, chimiques, biologiques des sols et la productivité des cultures (Segda, 2014). La matière organique joue le rôle de filtre en face des polluants comme les pesticides ou éléments de traces métalliques (Chenu et al., 2014). En outre, elle joue aussi un rôle important dans la mitigation des gaz à effet de serre (GES) (Hien et al., 2003 ; Segda, 2014).

En outre, dans les écosystèmes forestiers, le carbone est stocké dans d'innombrables pools à savoir : la biomasse épigée, la biomasse racinaire, le bois mort, la litière et le sol. Parmi les compartiments cités, le sol représente un des réservoirs de carbone le plus important (Ifo, 2010).

Au Congo, la plupart des données existantes sur l'estimation des stocks de carbone du sol ont été plus recueillies dans la Likouala (Ifo et al., 2017 ; Loumoni, 2018) ainsi que dans les plateaux téké (Ifo, 2010 ; Batsa Mouwembe et al., 2017 ; Mankessi et al., 2022).

Au regard de ce qui précède, il paraît nécessaire d'estimer les stocks de carbone organique du sol au Congo en général et dans le massif forestier du Chaillu en particulier afin de préserver le carbone stocké dans la végétation et dans le sol pour limiter les émissions vers l'atmosphère des GES. En général, le transfert du carbone au sol s'effectue en deux voies, soit par la décomposition des litières, soit à travers le turnover des racines fines (Ifo, 2010 ; Batsa Mouwembe et al., 2017). Dans les sols, le carbone est sous forme de matières organiques (Chenu et al., 2014). Le carbone organique du sol présente une importance considérable, en tant que puits de carbone vis-à-vis de l'atmosphère (Bernoux et al., 1998).

La zone forestière du Chaillu, partie intégrante des forêts du bassin du Congo, a peu d'études mentionnées sur les stocks de carbone organique du sol. Actuellement, nous ne dénombrons qu'une seule étude réalisée sur l'estimation des stocks de carbone du sol au sein de ce massif forestier (Namri, 1996). Cependant, il s'avère que dans cette étude, une certaine insuffisance des données de la densité apparente présente. Cette densité apparente est un paramètre important à prendre en compte dans le calcul des stocks de carbone organique.

Il est important de noter que la connaissance des stocks de carbone est importante dans la mitigation des émissions de gaz à effet de serre (GES) dues à des modifications d'usages des terres comme l'agriculture, la déforestation. Et une variation quoique minime des stocks de carbone dans les sols peut engendrer des conséquences

significatives sur les concentrations de CO₂ atmosphérique (Marco et al., 2010). C'est ainsi que toute politique agricole dans un territoire doit reposer sur la cartographie des différentes ressources naturelles dont fait partie les sols de surfaces.

De ce fait, la présente étude ambitionne de combler cette insuffisance des données et de fournir des estimations fiables des stocks de carbone organique dans les sols sur une profondeur de 0 à 30 cm (Grinand et al., 2009). Celle-ci étant une couche de référence par le groupe intergouvernemental des experts sur le climat (IPCC, 2003), afin d'évaluer l'impact des changements d'utilisation des terres au sein du massif forestier du Chaillu, plus précisément dans la localité de Komono. Cette zone qui fait l'objet d'une grande activité anthropique.

L'objectif général de cette étude est d'améliorer la connaissance des quantités de carbone organique du sol des savanes et forêts dans le département de la Lékoumou plus précisément dans la localité de Komono.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

Komono, zone d'étude, est un district situé au Sud-Ouest du Congo. Il est géographiquement localisé entre la latitude Sud 3°16'39" et entre les longitudes Est 13°13'14" dans le département de la Lékoumou. Il est limité au Nord par le district de Bambama, à l'Ouest par le district de Mossendjo et à l'Est par le district de Zanaga. Sur sa façade Sud, ce district sert de frontière avec le district de Sibiti (Figure 1).

Du point de vue climatique l'ensemble du massif forestier présente un climat guinéen forestier, sous climat gabonais (Namri, 1996). Les pluies sont abondantes en octobre et novembre par contre les périodes sèches sont notées en juin, juillet et août. Elle présente les caractéristiques suivantes : Les précipitations varient de 1600 à 2000 mm, une saison sèche qui dure trois mois, la température moyenne est de 26°C.

Les sols du massif forestier du Chaillu sont ferrallitiques et fortement désaturés remaniés sur granite et granodiorite (Novikoff, 1974 ; Namri, 1996). Ils résultent de l'altération des roches feldspathiques ou gréseuse (Novikoff, 1974).

Sur le massif forestier du Chaillu, la situation pédologique se définit par l'existence des sols jaunes appauvris sur matériaux sablonneux. Cette partie porte des sols ayant leur nature et leurs caractéristiques qui rappellent la nature de la roche granito-gneissique sous-jacente.

La végétation de la zone d'étude a été décrite par Descoings (1975). Ils dénombrent cinq types de forêts : la forêt inondée, la forêt ombrophile équatoriale, la forêt littorale, la forêt ombrophile claire, la forêt mésophile. Le massif du Chaillu est constitué au Nord par une forêt dense humide et du côté méridional par des savanes dont l'origine est encore imprécise. En effet, certains chercheurs disent que ces formations herbeuses sont d'origine paléoclimatique d'une part et d'autre part des activités anthropiques, voire la nature des sols. D'après Vennetier (2001), les forêts denses humides sempervirentes rencontrées dans le massif forestier du Chaillu, présentent des diverses essences d'une hauteur de 40-60 m comme le Limba (*Terminalia superba*), le bois de fer (*Millittia laurentii*), l'Ayous (*Triplochiton sheroxylon*), Okoumé (*Aucoumea klaineana*), etc.

Aussi il a été observé la présence des nombreuses légumineuses, méliacées et des parasoliers (*Musanga cecropiodes*) qui s'installent après défrichement. La photo montre le paysage forestier du massif du Chaillu à Komono.

Mise en place du dispositif expérimental

Au total deux parcelles carrées ayant chacune une superficie de 0,25ha soit 50 m x 50 m ont été installées dans la forêt de terre ferme et la savane herbeuse. La délimitation des parcelles a été réalisée à l'aide d'une boussole, suivant l'orientation Nord-Sud, et Est-Ouest. Des piquets ont été installés dans les

quatre angles de chaque parcelle ainsi qu'au milieu. Un décimètre a permis de contrôler la distance de 50 m de chaque côté de la parcelle. A chaque extrémité et au centre des parcelles, ont été placés les points de prélèvement des échantillons de sol comme l'indique la Figure 2.

Collecte des données

A l'aide de la tarière pédologique constituée d'un cylindre à 8,6 cm de diamètre et 15 cm de hauteur, le prélèvement des échantillons des sols a été effectué exclusivement aux extrémités ainsi qu'au milieu de la parcelle (Figure 2) suivant les horizons 0-15cm et 15-30 cm. Vingt échantillons ont été prélevés pour l'ensemble de l'étude.

Analyses au laboratoire

Les échantillons des sols destinés aux analyses chimiques ont été examinés au laboratoire physico-chimique de l'IRSEN à Pointe-Noire. Ces échantillons ont été d'abord séchés à température ambiante pendant quarante-huit heures puis tamisés à 2 mm (Boulmane et al., 2010 ; Kooke et al., 2019) en vue de séparer les particules fines et celles grossières.

Calcul du stock de carbone du sol par horizon donné

Le stock de carbone du sol a été déterminé à partir de l'équation 1. (Namri, 1996).

$$Q_i = C_i \times D_a \times e_i \times 10 \quad \text{Equation 1.}$$

Calcul de la densité apparente D_a

Le principe de la méthode du cylindre est fondé sur la détermination du poids spécifique apparent d'un volume de sol prélevé. En effet, le volume est exprimé exclusivement sur le terrain tandis que la masse est évaluée au laboratoire à la suite du séchage et du pesage.

La connaissance de ces deux paramètres consiste à calculer la densité apparente qui est

le rapport entre la masse sèche de l'échantillon et le volume de l'échantillon prélevé et séché (Yoro et Godo, 1990).

$$D_a = \frac{m}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h} \quad \text{Equation 2}$$

Avec D_a , la densité apparente, en g.cm^{-3} ;
 m , la masse sèche du volume de sol, en g ;

$\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h$, volume de sol ayant une épaisseur h (cm), contenu dans un cylindre de diamètre d (cm), en cm^3 .

- Q_i , le stock de carbone organique d'une couche i , en kg/m^2 ,
- C_i , la teneur en carbone organique de la couche, en %,
- D_a , la densité apparente de la couche, en g.cm^{-3} ,
- e_i , épaisseur de la couche, en m.

Calcul du stock de carbone total

Afin de déterminer le stock total de carbone sur un profil de sol ayant k horizon, l'équation 3 a été utilisée :

$$Q_t = \sum_{i=1}^k C_t \quad \text{Equation 3 (Ifo, 2010)}$$

Q_t : stocks de carbone organique total pour k horizon

$\sum_{i=1}^k C_t$: C'est la somme totale des stocks de carbone organique de k horizon

Analyse de données

Deux logiciels ont été utilisés pour traiter et analyser les données collectées sur le terrain. Il s'agit du tableur Excel 2013 et le logiciel R (3.6.2). En effet, le logiciel Excel a permis d'établir une base de données et de logger tous les éléments collectés sur le terrain puis les représenter graphiquement. Et le second logiciel a donné lieu à la comparaison des moyennes obtenues en utilisant l'analyse des variances (ANOVA) ou le test de Kruskal-wallis à un seuil de 5% suivant que les données suivent ou non une loi normale.

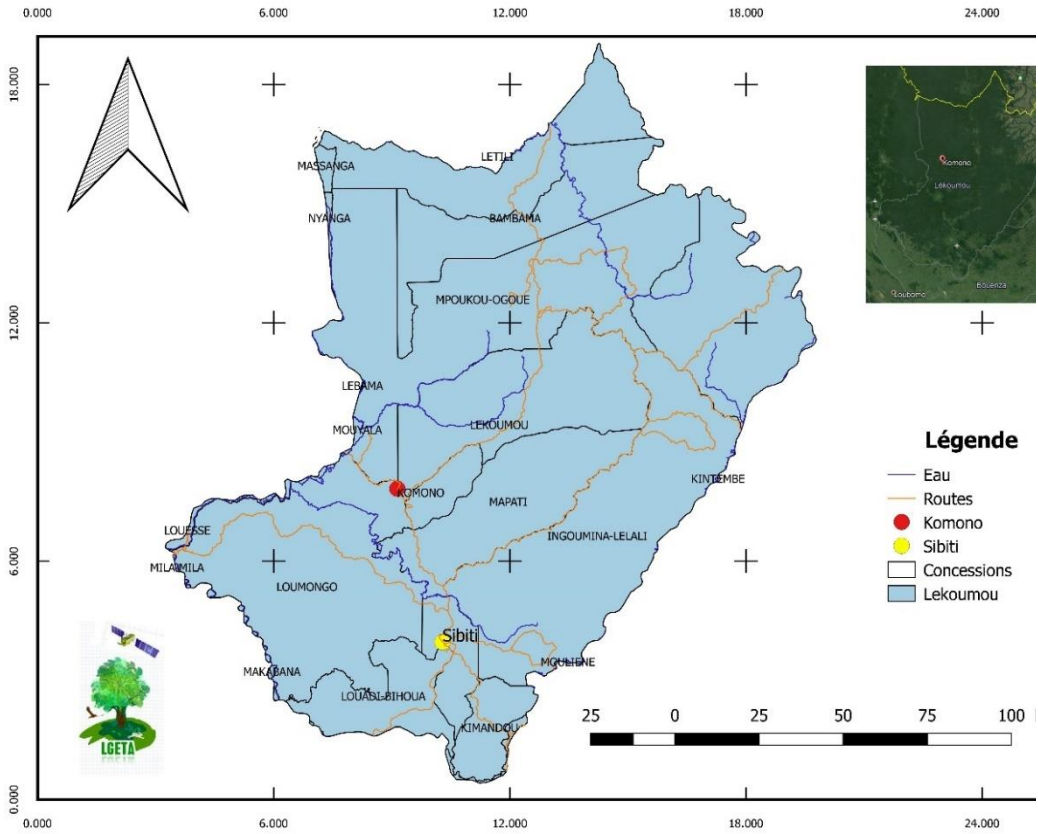


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.



Photo 1 : Paysage forestier du massif du Chaillu à Komono.

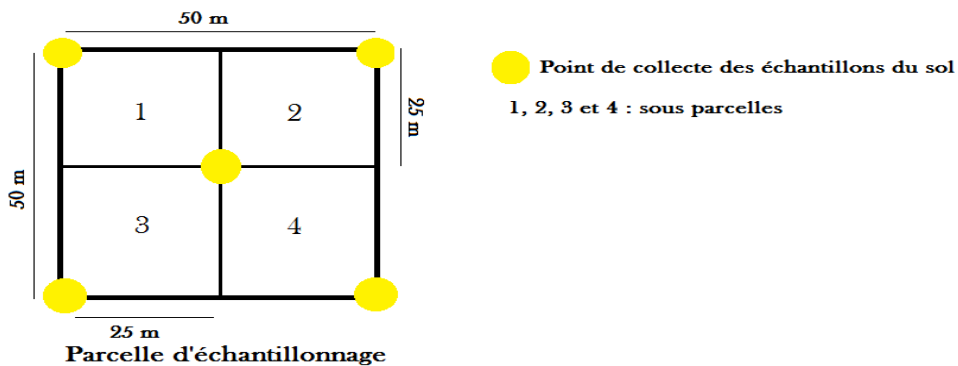


Figure 2 : Schéma du dispositif de prélèvement des échantillons de sol

RESULTATS

Variabilité du pH du sol

L'observation du Tableau 1 nous révèle que les moyennes de pH de sol suivant les types d'occupation de sol sont différentes. Cette différence s'explique suivant les horizons de chaque écosystème pour l'horizon h0 et celui de h1. Cependant, on note, dans ce tableau, que les pH varient respectivement entre 3,68 et 4,32. Par ailleurs, il ressort qu'en savane, le pH est moins acide avec 4,20 contre celui de la forêt qui est de 3,72.

Matière organique du sol

L'analyse du Tableau 2 démontre avec précision les pourcentages des moyennes de la matière organique du sol suivant les types d'occupation de sol. Ainsi, la moyenne de la matière organique de la savane est estimée à 6,47% pour l'horizon h0 contre 2,93% pour l'horizon h1. Par ailleurs, en forêt la moyenne de la matière organique est évaluée à 2,92% pour l'horizon h0 contre 1,52% pour l'horizon h1. En effet, de ce tableau, il ressort qu'en savane le pourcentage est plus important avec 4,70 tandis qu'il est faible dans la forêt avec 2,22.

Teneurs en carbone organique et en azote total

Teneurs en carbone organique des horizons h0 (0-15 cm) et h1 (15-30 cm) suivant les les écosystèmes

Selon les résultats de cette analyse, les teneurs en carbone organique des différents types d'occupation de sol en fonction des horizons varient d'un horizon à l'autre. Les résultats de l'étude montrent que sous forêt, la moyenne totale des teneurs en carbone organique est de $16,96 \pm 1,14$ mgC.g⁻¹ pour l'horizon h0 de surface contre $8,80 \pm 0,57$ mgC.g⁻¹ pour l'horizon h1 de profondeur. Cependant sous savane, la moyenne totale des teneurs en carbone organique est de $38,04 \pm 2,36$ mgC.g⁻¹ pour l'horizon h0 contre $17,02 \pm 1,93$ mgC.g⁻¹ pour l'horizon h1. Les résultats indiquent que l'horizon h0 possède des teneurs en carbone plus importantes que l'horizon h1. Le test de Kruskal-Wallis appliqué révèle que la P-value est de 0,00 en h0 et 0,01 en h1, et par conséquent les différences observées entre les horizons sont significatives.

Teneurs en carbone organique de 0 à 30 cm suivant les écosystèmes

Les résultats de cette étude montrent que la moyenne des teneurs en carbone organique de 0 à 30 cm suivant les écosystèmes présente une très nette différence au niveau de ces deux écosystèmes. La teneur en carbone est, de façon excessive sous savane avec $27,5 \pm 3,79$ mgC.g⁻¹. Alors que le stock de carbone organique sous forêt est faible avec $12,9 \pm 1,49$ mgC.g⁻¹. Le test de Kruskal-Wallis appliqué révèle que la P-value=0,008; il existe

une différence significative des moyennes de teneurs en fonction des écosystèmes.

Teneurs en azote total des horizons h0 (0-15 cm) et h1 (15-30 cm) suivant les écosystèmes

La moyenne des teneurs en azote total des horizons h0 (0-15 cm) et h1 (15-30 cm) suivant les types d'occupation de sol diffèrent. En effet, la moyenne des teneurs en azote total varie d'un horizon à un autre. Cette moyenne est évaluée à $1,32 \pm 0,15$ mgN.g⁻¹ pour l'horizon h0 contre $0,98 \pm 0,07$ mgN.g⁻¹ pour l'horizon h1 sous forêt. Par ailleurs, sous savane la valeur est estimée à $2,04 \pm 0,10$ mgN.g⁻¹ pour l'horizon h0 contre $1,12 \pm 0,06$ mgN.g⁻¹ pour l'horizon h1. Ces résultats indiquent que le taux d'azote est plus élevé sous savane que sous forêt.

Teneurs en azote total de 0 à 30 cm suivant les écosystèmes

La moyenne de teneurs en azote total est en fonction des types d'occupation de sol. Les résultats obtenus nous montrent que, sous forêt, les teneurs en azote total sont moins élevées avec $1,15 \pm 0,09$ mgN.g⁻¹ par rapport à celles qui sont sous savane avec $1,58 \pm 0,16$ mgN.g⁻¹. Ce qui permet de conclure qu'il y a de teneurs en azote plus importantes dans la savane que dans la forêt. Le test de Kruskal-Wallis (P-value=0,008) révèle qu'il existe une différence significative des moyennes de teneurs en fonction des écosystèmes.

Stocks de carbone organique

Stocks de carbone organique des horizons h0 (0-15 cm) et h1 (15-30 cm) suivant les écosystèmes

La moyenne des stocks de carbone organique varie en fonction des horizons. La moyenne des stocks de carbone organique est estimée à $1,73 \pm 0,10$ kg.m⁻² pour l'horizon h1 contre $3,32 \pm 0,19$ kg.m⁻² pour l'horizon h0 sous forêt. Cependant, sous savane, la moyenne des stocks de carbone organique est déterminée à $6,64 \pm 0,38$ kg.m⁻² pour l'horizon h0 contre $3,12 \pm 0,38$ kg.m⁻². Les résultats donnés

présentent une inégalité sur chaque horizon. Le test de Kruskal-Wallis appliqué révèle que la P-value est respectivement de 0,00 en h0 et 0,00 en h1, et par conséquent les différences observées entre les horizons sont significatives.

Stocks de carbone organique de 0-30 cm suivant les deux types d'écosystèmes.

Il ressort que la moyenne des stocks de carbone organique est de 0-30 cm suivant les types d'occupation de sol. Les résultats obtenus montrent clairement que sous savane, la moyenne des stocks de carbone organique est élevée avec $4,88 \pm 0,28$ kg.m⁻², tandis qu'elle est moins élevée sous forêt avec $2,53 \pm 0,64$ kg.m⁻². Ce qui nous permet de conclure que les stocks de carbone organique sont importants sous savane. Le test de Kruskal-Wallis appliqué révèle que la P-value=0,012. Il existe une différence significative de stocks de carbone entre les types d'occupation du sol.

Rapport C/N

A la lecture des résultats du Tableau 3, il ressort que suivant les horizons, les valeurs de moyennes de rapport C/N sont très différentes. De cette différence, il apparaît clairement sur ce tableau que le rapport C/N en forêt est de 11, 20. Par contre, celui de la savane est de 17,21. Au regard de ce tableau, on s'aperçoit que les moyennes des rapports C/N suivant les écosystèmes sont élevées en zone savanicole qu'en zone forestière (Tableau 3).

Densité apparente

L'analyse du Tableau 4, montre avec précision que les valeurs de la densité apparente varient suivant les types d'occupation du sol. Ainsi, la moyenne de la densité apparente sous savane est estimée à $1,17$ g.cm⁻³ pour l'horizon h0 contre $1,22$ g.cm⁻³ pour l'horizon h1. Cependant, en forêt la densité apparente à chaque horizon est évaluée à $1,31$ g.cm⁻³.

Tableau 1 : Moyennes des pH de sol suivant les écosystèmes.

Écosystèmes	Horizons (cm)	pH	Moyennes pH
Savane	0-15	4,32	4,20±0,17
	15-30	4,08	
Forêt	0-15	3,68	3,72±0,05
	15-30	3,75	

Tableau 2 : Moyennes de la matière organique du sol suivant les écosystèmes.

Écosystèmes	Horizons (cm)	Moyennes MO (%)	Moyennes (%)
Savane	0-15	6,47	4,70±2,50
	15-30	2,93	
Forêt	0-15	2,92	2,22±0,99
	15-30	1,52	

Tableau 3 : Moyennes des rapports C/N suivant les écosystèmes.

Écosystèmes	Horizons (cm)	C (%)	N (%)	Rapport C/N	Moyennes C/N
Forêt	0-15	1,69	0,13	13,40	11,20±3,11
	15-30	0,88	0,09	9,00	
Savane	0-15	3,80	0,20	18,62	17,21±2,00
	15-30	1,70	0,11	15,79	

Tableau 4 : Moyennes de la densité apparente en fonction des horizons

Écosystèmes	Horizons (cm)	Da	Moyennes DA g.cm ⁻³
Savane	0-15	1,17	1,19±0,03
	15-30	1,22	
Forêt	0-15	1,31	1,31±0
	15-30	1,31	

DISCUSSION

Teneurs en carbone organique du sol

Les teneurs en carbone et en azote organiques du sol ont été estimées dans le massif du Chaillu, dans la localité de Komono. De ce fait, il ressort que les teneurs en carbone organique du sol sont élevées à la surface et diminuent avec la profondeur suivant les écosystèmes. Cette observation est classique dans les écosystèmes naturels. (Hien et al., 2003 ; Ifo, 2010 ; Paradis, 2016 ; Ifo et al., 2017). Cette différence peut s'expliquer par la présence massive de la litière en surface ainsi

que des racines fines en surface qui vont favoriser une importante activité de la microflore, de la macro faune ainsi que de la microfaune dans les litières (Courbois et al., 1997). Cette faune de litières participe activement à la dégradation et la décomposition des litières, étape importante pour le transfèrement de la matière organique vers le compartiment sol (Ifo, 2010). La faune du sol est très riche, et de nombreux travaux lui ont été consacrés (Bayartogtokh, 2001). Les représentants de cette faune ont un rôle dans la genèse et la dynamique des sols dans les cycles

biogéochimiques et par la suite dans le développement des plantes indispensables au maintien de la vie sur terre.

Les teneurs obtenues dans la savane ($27,5 \pm 3,79 \text{ mgC.g}^{-1}$) sont supérieures à celles de la forêt ($12,9 \pm 1,49 \text{ mgC.g}^{-1}$) sur la profondeur de 0-30 cm. En comparant les teneurs notées dans d'autres études, les teneurs obtenues dans la présente étude paraissent plus élevées que celles obtenues par Hien et al. (2003) sous la savane avec une valeur de $20,3 \text{ mgC.g}^{-1}$ sur la même profondeur. Les faibles valeurs des teneurs en carbone sous la forêt de cette étude, en comparaison à celles notées sous la savane, pourraient s'expliquer par un taux faible de la matière organique en forêt et aussi par le processus de la minéralisation.

Stocks de carbone organique du sol

Les résultats révèlent une grande variabilité du stock de carbone parmi les écosystèmes savaniques et forestiers. De même, dans la savane, les stocks de carbone de l'horizon h0 sont élevés par rapport à ceux de l'horizon h1. Comme c'était le cas pour les teneurs, les stocks diminuent avec la profondeur. Ces résultats obtenus dans cette étude vont dans le même sens que ceux obtenus par Boulmane et al. (2010). Plusieurs paramètres expliquent la variation du stock de carbone entre les deux types d'écosystèmes, la variation de la densité apparente, et du taux de la matière organique. Dans ce sens, les teneurs en carbone organique élevées en surface qu'en profondeur pourront expliquer cette inégalité. La moyenne des stocks de carbone obtenue sur l'ensemble du profil est significativement élevée dans la savane ($4,88 \pm 0,28 \text{ kg.m}^{-2}$) que dans la forêt ($2,35 \pm 0,64 \text{ kg.m}^{-2}$). Comme l'indique les résultats obtenus dans la savane, la comparaison de ces stocks à ceux obtenus par Hien et al. (2003) sur une même profondeur dans une savane du Sud-Ouest Burkina paraissent plus élevés avec une quantité de $6,15 \text{ kg.m}^{-2}$.

De tous ces résultats, l'on peut dire que ces stocks de carbone sont encore supérieurs à ceux obtenus par d'autres auteurs (Ifo, 2010 ; Basta Mouwembé, 2016). Dans le même ordre d'idées, ces stocks ont été obtenus sur un profil dissemblable. Par conséquent, il est difficile de procéder à une comparaison fiable.

En ce qui concerne cette étude, les stocks de carbone élevés sous la savane peuvent s'expliquer par le type de sol. En effet d'après Yoka et al. (2013), le sol sous savane à *Hyparrhenia diplandra* (Hack) Stapf est légèrement plus riche en argile que celui sous savane à *Loudetia simplex* (Nees) C.E. Hubb. Par conséquent, les sols argileux renferment les agrégats qui protègent le carbone contre la dégradation due aux activités des microbes et des enzymes (Kono et al., 2020). Les sols les plus argileux (vertisols) ont des stocks de C en moyenne supérieurs aux types de sol légèrement moins argileux (ferrisols et sols à halloysite).

Plusieurs études ont montré que les stocks de carbone dans les écosystèmes sont plus importants dans les sols sous forêt car présentant des stocks organiques les plus élevés que les stocks sous les prairies et sous cultures. En général, la dynamique du carbone organique du sol varie également en fonction des différents types de végétation locale. Par conséquent, le lien entre les stocks de carbone organique du sol et la teneur en argile reste controversé. Des études antérieures sur diverses pratiques d'utilisation des terres ont souligné que les niveaux de carbone organique du sol augmentent linéairement avec l'augmentation de la teneur en argile (Deng et al. 2017).

Cependant, Ren et al. (2017) ont observé peu ou pas de différence dans la teneur en argile à l'échelle locale. Gonsalves et al. (2017) ont démontré que d'autres facteurs non liés à la texture du sol pouvaient influencer la dynamique du carbone organique du sol à petite échelle.

Une autre raison pouvant expliquer le stock élevé de carbone du sol est le processus de décomposition de la matière organique. LCA (2008) et El Mderssa et al. (2019) ont mentionné qu'un rapport C/N élevé constitue un faible taux de décomposition de la matière organique, par conséquent une accumulation du carbone dans le sol. Mais un faible rapport C/N c'est-à-dire inférieur à 9, indique la décomposition rapide de la matière organique fraîche et une concentration élevée en azote (Ifo et al., 2017).

Densité apparente

La densité apparente (D_a) du sol est un paramètre important pour la description de la qualité du sol et de ses fonctions écologiques. En effet, la D_a est faible en surface et s'accroît progressivement vers la profondeur, car l'essentiel des activités biologiques se déroule sur la partie superficielle du sol (Marchao et al., 2009). Cet horizon est également la zone de concentration des débris végétaux qui constitueront une importante source de matière organique pour les organismes du sol, notamment la macrofaune, qui contribuent à la structuration et à la constitution de la porosité des sols.

Pour la présente étude, les valeurs moyennes de la D_a sont de $1,17 \text{ g.cm}^{-3}$ pour l'horizon h_0 contre $1,22 \text{ g.cm}^{-3}$ pour l'horizon h_1 sous savane. La faible valeur en surface est due à une importante quantité de la matière organique puis la forte activité biologique d'où la structure grumeleuse. En dessous du sol, l'insuffisance des activités biologiques rend le sol compact, d'où la valeur élevée de la densité apparente.

Conclusion

Les stocks de carbone organique du sol suivant les écosystèmes dans la localité de Komono, département de la Lékoumou présentent une grande variabilité du stock de carbone suivant les types d'occupations du sol. Au regard de l'étude en stocks de carbone organique du sol suivant les types d'écosystèmes, les objectifs fixés ont été atteints. Les principaux résultats ont permis de confirmer que les stocks totaux de carbone organique sont plus importants sous la savane que sous forêt. Tenant compte des stocks de carbone organique du sol, les valeurs moyennes sont respectivement de $2,53 \pm 0,64 \text{ kg.m}^{-2}$ sous forêt contre $4,88 \pm 0,28 \text{ kg.m}^{-2}$ sous savane sur l'ensemble du profil (0-30 cm). Ces valeurs indiquent que la densité apparente et la minéralisation pourraient avoir un effet sur la potentialité de séquestration du carbone dans la savane. Ces données mises à la disposition des décideurs vont permettre d'améliorer la gestion du territoire dans cette localité du pays où les populations ont des pratiques agricoles très importantes.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

SAI a conçu et suivi l'étude ; RAM a collecté les données sur le terrain. SAI a assuré le traitement et l'analyse des données ; SAI et JY ont participé à la rédaction de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les autorités de l'Université Marien N'GOUABI pour les différentes facilitations administratives lors des missions sur le terrain et à Pointe Noire. Aussi, remercions-nous l'Université Marien N'GOUABI pour avoir financé une partie des travaux de recherches.

REFERENCES

- Antoni V, Arrouays D. 2007. Le stock de carbone dans les sols agricoles diminue. Le 4 pages/ifen, 121 : 1- 4.
- Batsa Mouwembe MA. 2016. Variabilité spatiale du stock de carbone dans les sols de savanes des plateaux Batéké : Plateaux de Nsa et Mbé (République du Congo). Mémoire de Master. Université Marien N'GOUABI. p70.
- Batsa-Mouwembe MA, Ifo SA, Binsangou-Malonga S, Koubouana F. 2017. Variabilité spatiale des stocks de carbone organique du sol des savanes dans les réserves de Lésio-Louna et de Léfini, plateaux Téké, République du Congo. *Afrique Science*, **13** (3): 297-307.
- Bayartogtokh B. 2001. Three new soil mites of the genus *Epidamaeus* (Acari, Oribatida, Damaeidae) from Mongolia. *Zoosystema*, **23** (1) : 29-49.
- Bernoux M, Arrouays D, Cerri C, Graça PM, Alencastro DE, Volkoff B, Trichet J. 1998. Estimation des stocks de carbone des sols du Rondônia (Amazonie brésilienne). *Etude et Gestion des Sols*, **5**(1) : 1-13.
- Boulmane M, Makhoulfi M, Bouillet JP, Saint-Andre L., Satrani B., Halim M, Elantri-Tazi S. 2010. Estimation du stock de carbone organique dans la chênaie verte du Moyen Atlas marocain. *Acta Botanica Gallica*, **157**(3) : 451-467.

- <https://doi.org/10.1080/12538078.2010.10516222>
- Chenu C, Klumpp K, Bispo A, Angers D, Colnenne C, Metay A. 2014. Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France. *Innovations Agronomiques*, **37** : 23-37.
- Courbois L, Masse D, Bernhard-Reversat F, Pontanier R. 1997. « Dynamique de la décomposition des litières d'espèces ligneuses et herbacées sur les jachères naturelles et améliorées de deux terroirs du Sénégal », Racourcissement de temps de jachères, biodiversité et développement durable en Afrique Centrale (Cameroun) et en Afrique de l'ouest (Sénégal, Mali), rapport scientifique. 1997, Dakar, C.C.E pp. 29-35, multigr
- Deng YS; Cai CF, Xia D; Ding SW, Chen JZ. 2017 Fractal features of soil particle size distribution under different land-use patterns in the alluvial fans of collapsing gullies in the hilly granitic region of southern China. *PLoS ONE*, **12**. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173555>
- Descoings B. 1975. Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea*, **30** : 91-120.
- Mderssa el M, Benjelloun H, Zaher H, Zennouhi O, Nassiri L, Ibijbijen J. 2019. Estimation of the Sequestration potential of Organic Carbon in Forest Soils in the central Middle Atlas: A Tool to Fight Climate Change. *Atlas journal of Biology*, 603-610. DOI: 10.5147/ajb.v0i0.198
- Gonsalves DRP, de Moraes Sá JC, Mishra, U, Cerri CEP, Ferreira LA, Furlan FJF. 2017. Soil type and texture impacts on soil organic carbon storage in a subtropical agro-ecosystem. *Geoderma*, **286**: 88-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.021>
- Grinand C, Rajaonarivo A, Bernoux M, Pajot V, Brossard M, Razafimbelo T, Albrecht A, LE Martreth. 2009. Estimation des stocks de carbone dans les sols de Madagascar. *Etude et Gestion des Sols*, **16** (1) :23-33.
- Hien E, Ganry F, Hien V, Oliver R. 2003. Dynamique du carbone dans un sol de savane du sud-ouest Burkina sous l'effet de la mise en culture et des pratiques culturales. In : Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque Garoua, Cameroun Jean-Yves Jamin, Lamine SeinyBoukar, Christian Floret (eds). Cirad-Prasac, p11.
- Ifo SA. 2017. Variation Of $\delta^{13}\text{C}$ and soil organic carbon dynamics in the savannah of plateau bateke, Congo Basin. *International Journal of Scientific & Technology Research*, **6** (1): 181-185.
- Ifo SA. 2010. Apports de carbone au sol et stocks dans deux types forestiers (forêt galerie et forêt secondaire) des plateaux Téké. Thèse de doctorat, Université Marien N'GOUABI, p.194.
- Ippc. 2003. Land Use Change and Forestry Sector Good Practice Guidance. In: Jim Penman, M.G., Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, RiittaPipatti, L.B., Kyoko Miwa, Todd Ngara, Wagner, K.T.a.F. (Eds.), IGood Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, Japan, p.193.
- Kono DL, Essono MD, Ambombo EM, Mbarga Bindzi AM, Biye HE. 2020. Influence des facteurs biotopiques sur les stocks de carbone des marécages à herbacées de la ville de Yaoundé (Cameroun) et ses environs. *Afrique science*, **16**(6) : 1-13.
- Kooke XG, Ali MF, Djossou JM, Imorou Toko I. 2019. Estimation du stock de carbone organique dans les plantations d'Acacia auriculiformis A. Cunn. ex Benth. des forêts classées de Pahou et de Ouèdo au Sud du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(1): 277-293. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.23>
- LCA. (2008)- <http://www.languedocroussillon.chambagri.fr>
- Lefevre C, Rekik F, Alcantara V, Wiese L. 2017. Carbone organique du sol, une richesse invisible, FAO, p90.

- Loumoni PF. 2018. Dynamique du stock de carbone organique le long d'un transect savane-forêt dense tropicale dans le Département de la Likouala, République du Congo. Mémoire de Master Recherche. ENSAF. Université Marien N'GOUABI, p90.
- Mankessi F, Malonga Kiantouba MG, Ifo S.A. 2022. Dynamique du carbone organique du sol et de l'azote dans une chronoséquence de plantation d'Acacia auriculiformis A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), à Bambou-Mingali (République du Congo). *European Scientific Journal, ESJ*, **18**(8) : 172. DOI : <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p172>
- Marchao L, Becquer T, Brunet D, Balbino C, Vilela L, Brossard M. 2009. Provided for non-commercial research and education use. *Soil and Tillage Research*, **103**: 442-450.
- 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.
- Namri M. 1996. Les stocks de carbone des sols du Congo. Bilan spatial et recherche des facteurs de répartition. Mémoire de Maitrise. Université Louis Pasteur. p120.
- Novikoff A. 1974. L'altération des roches dans le massif du Chaillu (République populaire du Congo). Formation et évolution des argiles en zone ferrallitique. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur de Strasbourg. les planches photographiques, p.298.
- Paradis R. 2016. Distribution spatiale du carbone organique et de l'azote dans les sols en fonction des zones de récurrence d'inondation. Mémoire de Master. Université du Québec à trois-rivières, p124.
- Ren CJ, Chen J, Deng J, Zhao FZ, Han XH, Yang GH, Tong XG, Feng YZ, Shelton S, Ren GX. 2017. Response of microbial diversity to C:N: P stoichiometry in fine root and microbial biomass following afforestation. *Biol. Fertil. Soils*, **53**: 457-468. DOI: 10.1007/s00374-017-1197-x
- Segda Z, Yameogo LP, Bonzi M, Sedogo MP. 2014. Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol brun eutrophie tropical sous irrigation de Bagré, Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, **78**: 6743-6752. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v78i1.6>
- Vennetier P. 2001. *Atlas de la République du Congo* (2e édtn). Editions Jeune Afrique. Aux Editions du Jaguar : Paris ; p61.
- Yoka J, Loumeto JJ, Djebo J, Vouidibio J, Epron D. 2013. Evaluation de la diversité floristique en herbacées des savanes de la cuvette congolaise (République du Congo). *Afrique Science*, **9** (2) : 110-123.
- Yoro G, Godo G. 1990. Les méthodes de mesure de la densité apparente. Analyse de la dispersion des résultats dans un horizon donné. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, **25** (4): 423- 429.