

Potentiel de stockage du carbone organique dans des sols sous trois types de cultures pérennes (cacao, hévéa et palmier à huile) dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Soil organic carbon storage potential under three types of perennial crops (Cocoa, hevea and oil palm) in the department of Daloa (Centre-West of Côte d'Ivoire)]

Toure Bessimory, Zro Bi Gohi Ferdinand, Abobi Akéré Hebert Damien, and Youl Ery Hortense

Département d'Agropédologie, Unité de Formation et de Recherche en Agroforestérie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the department of Daloa, one of the main agricultural areas of Côte d'Ivoire, the change in land use is so enormous that it threatens the ecosystems and, with them, the services provided, in particular the stabilization of the climate via carbon storage in vegetation and soils. Thus, one of the major environmental challenges to be met in this department is to determine, among the crops grown, those that have a significant potential for reducing CO₂ emissions into the atmosphere by conserving existing carbon reservoirs in the soil. This is the objective that was targeted in the present study. It consisted in choosing in three different villages, three same crops (cocoa tree, hevea and oil palm) among the most practiced. The physico-chemical properties of the soils were determined from three soil pits located on a useful plot of 10000 m² by land use. The carbon stocks contained in the first 100 to 120 cm of the soils were calculated. It emerged that soils under cocoa trees store carbon better than soils under hevea. The latter have greater potential than soils under oil palms. However, the stocks measured remain low overall, which shows that the farming practices assessed should be improved.

KEYWORDS: Soil, organic carbon stock, climate change, land use, Daloa.

RESUME: Dans le département de Daloa, une des principales zones agricoles de la Côte d'Ivoire, le changement de l'utilisation des terres est si énorme qu'il menace les écosystèmes et, avec eux, les services fournis, notamment la stabilisation du climat via le stockage du carbone dans la végétation et les sols. Ainsi, l'un des défis environnementaux majeurs à relever dans ce département est de déterminer parmi les cultures pratiquées, celles qui ont un potentiel important de réduction des émissions de CO₂ dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone existants dans les sols. C'est cet objectif qui était visé dans la présente étude. Elle a consisté à choisir dans trois villages différents, trois mêmes cultures (cacaoyer, hévéa et palmier à huile) parmi les plus pratiquées. Les propriétés physico-physiques des sols ont été déterminées à partir de trois fosses pédologiques implantées sur une parcelle utile de 10000 m² par usage de sol. Les stocks de carbone contenus dans les 100 à 120 premiers cm des sols ont été calculés. Il est ressorti que les sols sous cacaoyers stockent mieux le carbone que les sols sous hévéas. Ces derniers ont un potentiel plus important que les sols sous palmiers à huile. Toutefois, les stocks mesurés demeurent globalement faibles, ce qui montre que les pratiques culturales évaluées devraient être améliorées.

MOTS-CLEFS: Sol, stock de carbone organique, changement climatique, usages du sol, Daloa.

1 INTRODUCTION

Depuis son accession à l'indépendance, la Côte d'Ivoire ayant basé son économie sur l'agriculture, a vu la destruction d'une grande partie de sa surface forestière au détriment des cultures pérennes. En effet, de 12 millions d'hectares en 1960 à 4 millions d'hectares en 2000, le couvert forestier ivoirien est réduit aujourd'hui à environ 2,5 millions d'hectares [1, 2]. La majorité de cette déforestation est réalisée au profit d'une agriculture de rente dominée par le couple café et cacao [3]; à cela, s'ajoute d'autres cultures d'exportation comme l'hévéa, l'anacardier et le palmier à huile. Ces différentes cultures sont cultivées tant au sud, à l'est, à l'ouest qu'au centre-ouest où est situé le département de Daloa, une des principales zones agricoles du pays.

Ces dernières années, la recherche sur le changement climatique a avancé de manière remarquable [4]. Certaines de ces recherches confirment que les émissions de gaz à effet de serre 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 [5].

Ainsi, pour le département de Daloa, le défi environnemental majeur est de déterminer parmi les pratiques culturelles adoptées par les paysans, celles qui ont un potentiel important de réduction ou de prévention des émissions de CO₂ dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone dans les sols. Ces pratiques pourraient être conseillées aux différents acteurs du secteur agricole. C'est dans ce cadre que la présente étude a été initiée. Elle vise globalement à évaluer les stocks de carbone organique emmagasinés dans les sols sous palmeraies, cacaoyères et plantations d'hévéa à l'effet de comparaison de l'efficacité des pratiques culturelles correspondantes dans la lutte contre le réchauffement climatique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans trois villages (Tapeguhé, Zepreguhé, Tahiraguhé) du département de Daloa, situé entre 6° et 6°45' de Longitude Ouest et 6°30' et 7°20' de Latitude Nord (Figure 1). Ce département est le Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. Selon [6], ce département est très humide avec un climat à quatre saisons: la grande saison des pluies qui s'étend d'avril à mi-juillet est marquée par des intersaisons et des orages; elle est suivie par la petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) et la petite saison des pluies (mi-septembre à novembre); la grande saison sèche couvre les mois de décembre à mars.

Annuellement, la température moyenne est de 25,6 °C. Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65 °C à 27,75 °C en moyenne. Les pluies annuelles sont passées de 1868,5 mm en 1968 à 1120,4 mm en 2005, soit une baisse de 40 pc [7]. Au plan hydrographique, le département est arrosé par le fleuve Sassandra et par son affluent la Lobo dont les ramifications le Dé et le Goré inondent le département, donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables.

La végétation est homogène et constituée de forêt dense et humide au sud et de savane arborée incluses au nord. Cette forêt connaît une dégradation accélérée par l'intensification des cultures de rente (cacao, café, palmier à huile et hévéa). Le relief du département est constitué de plateaux de 200 à 400 m d'altitude coupés par endroits par des plaines et basfonds [8]. Au plan pédologique, les études réalisées par [9] ont montré que les sols du département de Daloa sont en général ferrallitiques moyennement lessivés (ou désaturés).

Les formations qui constituent le substratum de la région ont subi une altération et latérisation caractérisant les régions à climat chaud et humide. Du point de vue lithologique, le socle est constitué par des granitoïdes de composition minéralogique constante. Il s'agit de granites alcalins à subalcalins contenus dans les formations métamorphiques (gneiss et migmatites) de composition très voisine. Ces formations sont très rarement visibles à l'affleurement car masquées par une épaisse couverture d'altération argilo-sableuse.

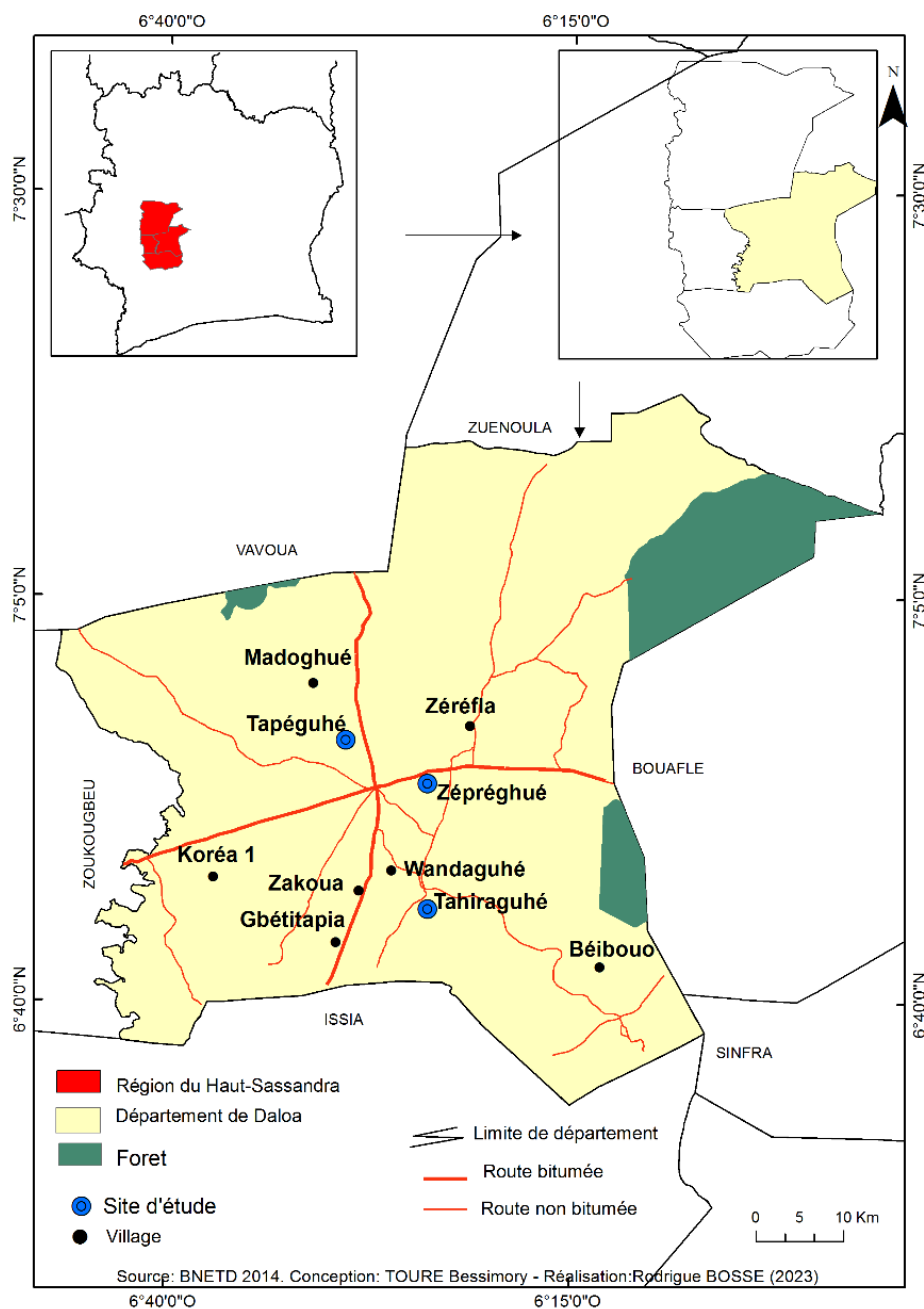


Fig. 1. Carte de localisation des sites de l'étude

2.2 COLLECTE DES DONNEES

2.2.1 CHOIX DES AGROSYSTEMES, MESURE DES EPAISSEURS DES COUCHES ET ECHANTILLONNAGE DES SOLS

Les cultures retenues ont été choisies suite à une enquête de terrain menée pour déterminer les principales cultures pérennes développées dans la zone. Pour la caractérisation physico-chimique des sols sous ces cultures, trois fosses pédologiques y ont été ouvertes dans une zone homogène de 10 000 m² caractérisée par le meilleur état de la végétation (bonne croissance et bon développement de la plante). Sur l'ensemble des trois sites, 27 fosses pédologiques de longueur 120 cm, largeur 80 cm et profondeur 150 cm ont été réalisées. Les épaisseurs des couches de sol ont été mesurées à l'aide d'un ruban-mètre. Des échantillons de ces sols ont été prélevés sur toute l'épaisseur des horizons A et B en vue des mesures en laboratoire.

2.2.2 MESURES EN LABORATOIRE

2.2.2.1 MESURE DES TAUX D'ÉLÉMENTS GROSSIERS DU SOL

Après séchage à l'air libre durant trois jours, les échantillons de sol prélevés dans les parcelles sont pesés et passés à travers un tamis de maille 2 mm. Les refus constituent les éléments grossiers (EG). Leurs pourcentages sont déterminés selon la formule de l'équation 1:

$$EG (\%) = (M_{EG}/M_S) \times 100 \quad (\text{équation 1})$$

Où: M_{EG} est la masse des éléments grossiers du sol et M_S celle du sol sec.

2.2.2.2 MESURE DES TAUX DE CARBONE ORGANIQUE SOL

La partie du sol passée à travers le tamis de maille 2 mm constitue la fraction fine du sol. Un aliquote de 5 g de cette fraction est prélevé pour le dosage du carbone organique du sol (COS) par la méthode [10].

2.2.2.3 MESURE DE LA DENSITÉ APPARENTE DU SOL

La densité apparente du sol a été déterminée par la méthode du cylindre (8,2 cm de diamètre et 9,25 cm de hauteur) en trois pseudo-réplicats par fosse pédologique [11, 12]. En pratique, l'on rase la végétation à la surface du sol sur la zone de prélèvement avant d'y enfoncer verticalement le cylindre à l'aide d'un marteau. Le cylindre est retiré avec son contenu de sol après qu'on ait creusé tout autour. La motte de terre est séchée à l'étuve à 105°C pendant 48 heures. La densité apparente est obtenue par le rapport de la masse de terre séchée sur le volume du cylindre [13] selon la formule suivante de l'équation 2:

$$D_a (\text{g.cm}^{-3}) = M/V \quad (\text{équation 2})$$

Où: M est la masse en g de l'échantillon de sol séché et V le volume du cylindre en cm^{-3} .

2.2.2.4 MESURE DU STOCK DE CARBONE DU SOL

Le stock de carbone organique d'une couche de sol a été calculé en utilisant la formule de l'équation 3 énoncée dans les travaux de [14]:

$$Scos = COS \times E \times D_a \times (1-EG) \quad (\text{équation 3})$$

Où:

- $Scos$ est le stock de carbone organique du sol en g.m^{-2} ,
- COS est le taux de carbone organique du sol exprimé en g.kg^{-1} ,
- E est l'épaisseur de l'horizon du sol en cm,
- D_a représente la densité apparente de l'horizon du sol en g.cm^{-3} ,
- EG est le pourcentage d'éléments grossiers du sol

Le stock de carbone du sol est au niveau du profil de sol est la somme des stocks ressortis des deux horizons A et B.

2.3 TRAITEMENTS DES DONNEES

Les données collectées ont été codifiées et saisies sur le logiciel EXCEL 2019. Les moyennes ont été soumises à une analyse de variance à un facteur après la vérification de la normalité de la distribution (Test de Shapiro-Wilk) et de l'homogénéité des variances (test de Levene). Ensuite, lorsqu'il y a une différence significative entre les moyennes, le test post Anova LSD de Fischer est réalisé au seuil de 5 % pour faire la comparaison deux à deux et déduire les groupes homogènes. Ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.2.1.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 EPAISSEURS DES HORIZONS

Les différences observées entre les horizons A ($35,78 \pm 3,38$ cm sous hévéas, $30,78 \pm 3,02$ cm sous cacaoyers et $24,39 \pm 1,42$ cm sous palmiers) sont significatives ($P = 0,02$), ce qui n'est pas le cas pour les horizons B ($P = 0,67$). Les valeurs mesurées à ce niveau sont: $62,00 \pm 6,62$ cm sous hévéas, $57,11 \pm 6,30$ cm sous cacaoyers et $64,06 \pm 3,64$ cm sous palmiers (Tableau 1).

Tableau 1. Epaisseurs moyennes des horizons des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	$29,00 \pm 2,89a$	$31,00 \pm 4,00a$	$38,33 \pm 1,45a$	0,143ns
	B	$56,67 \pm 3,48a$	$48,67 \pm 2,33a$	$65,00 \pm 11,14a$	0,314ns
Tahiraguhé	A	$19,33 \pm 0,88a$	$23,33 \pm 5,61a$	$42,67 \pm 5,90a$	0,02*
	B	$64,00 \pm 6,81a$	$46,33 \pm 2,03a$	$66,67 \pm 9,17a$	0,144ns
Zépréguhé	A	$24,83 \pm 1,42a$	$38,00 \pm 2,89a$	$26,33 \pm 5,36a$	0,079ns
	B	$71,50 \pm 6,76a$	$76,33 \pm 13,72a$	$54,33 \pm 16,51a$	0,495ns
A l'échelle du paysage	A	$24,39 \pm 1,70a$	$30,78 \pm 3,02ab$	$35,78 \pm 3,38b$	0,028*
	B	$64,06 \pm 3,64a$	$57,11 \pm 6,30a$	$62,00 \pm 6,62a$	0,678ns

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; * = significative et ns: non significatif.

3.1.2 ELEMENTS GROSSIERS

Les taux d'éléments grossiers des horizons A sont estimés à 0 % sous palmeraies, $4,33 \pm 4,41$ % sous hévéas et $7,77 \pm 5,21$ % sous cacaoyers. Ces taux sont ainsi statistiquement différents ($P = 0,03$). Au niveau des horizons B, les taux dans le même ordre que précédemment sont: $1,04 \pm 0,80$ %, $16,93 \pm 11,04$ % et $18,0 \pm 11,07$ %. Ces taux sont aussi statistiquement différents ($P = 0,01$) (Tableau 2).

Tableau 2. Taux moyens d'éléments grossiers des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	$0,00 \pm 0,00a$	$5,55 \pm 2,40a$	$7,09 \pm 5,36a$	0,361 ^{ns}
	B	$1,67 \pm 1,27a$	$9,58 \pm 2,12a$	$28,70 \pm 2,36a$	0,091 ^{ns}
Tahiraguhé	A	$0,00 \pm 0,0$	$0,00 \pm 0,0$	$0,00 \pm 0,0$	nd
	B	$1,52 \pm 0,40a$	$0,0 \pm 0,0a$	$6,90 \pm 0,70b$	0,000***
Zépréguhé	A	$0,0 \pm 0,0a$	$17,76 \pm 4,50a$	$5,88 \pm 1,88a$	0,064ns
	B	$0,00 \pm 0,0a$	$41,21 \pm 4,26b$	$18,40 \pm 4,75 ab$	0,045*
A l'échelle du paysage	A	$0,00 \pm 0,0a$	$7,77 \pm 5,21b$	$4,33 \pm 4,41 ab$	0,0307*
	B	$1,04 \pm 0,80a$	$16,93 \pm 11,04b$	$18,0 \pm 11,07b$	0,015*

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; * = significative, *** = hautement significative; ns: non significatif, nd: non déterminé.

3.1.3 DENSITES APPARENTES DES SOLS

La densité apparente des horizons A diffère significativement sur l'ensemble des sites ($1,53 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ sous hévéas, $1,39 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ sous palmeraie et $1,39 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ sous cacaoyers ($P = 0,00$). Les horizons B montrent un résultat contraire avec $1,70 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$ sous hévéas, $1,72 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ sous palmiers et $1,59 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ sous cacaoyers ($P = 0,007$) (Tableau 3).

Tableau 3. Densités apparentes moyennes des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	$1,46 \pm 0,0a$	$1,42 \pm 0,05a$	$1,52 \pm 0,00a$	0,070ns
	B	$1,76 \pm 0,02a$	$1,63 \pm 0,03a$	$1,72 \pm 0,07a$	0,207ns
Tahiraguhé	A	$1,36 \pm 0,02b$	$1,20 \pm 0,05a$	$1,58 \pm 0,03c$	0,000***
	B	$1,72 \pm 0,04b$	$1,49 \pm 0,01a$	$1,76 \pm 0,02b$	0,000***
Zépréguhé	A	$1,34 \pm 0,04a$	$1,38 \pm 0,07a$	$1,50 \pm 0,02a$	0,126ns
	B	$1,68 \pm 0,07a$	$1,65 \pm 0,02a$	$1,62 \pm 0,05a$	0,642ns
A l'échelle du paysage	A	$1,39 \pm 0,02a$	$1,33 \pm 0,03a$	$1,55 \pm 0,02b$	0,000***
	B	$1,72 \pm 0,03b$	$1,59 \pm 0,05a$	$1,70 \pm 0,06b$	0,007**

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; *** = hautement significative; ns: non significatif.

3.1.4 TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE

Avec des teneurs en carbone organique de $10,00 \pm 1,29 \text{ g.kg}^{-1}$ sous palmiers, $14,00 \pm 1,33 \text{ g.kg}^{-1}$ sous cacaoyers et $10,00 \pm 1,29 \text{ g.kg}^{-1}$ sous hévéas, les horizons A des sols étudiés sont différents ($P = 0,16$). C'est le cas aussi avec les horizons B où les teneurs obtenues sous hévéas ($6,33 \pm 1,30b \text{ g.kg}^{-1}$) et cacaoyers ($4,56 \pm 0,29b \text{ g.kg}^{-1}$) sont du même ordre de grandeur supérieur à celui des sols sous palmiers ($1,11 \pm 0,11 \text{ g.kg}^{-1}$) ($P = 0,00$) (Tableau 4).

Tableau 4. Teneur en carbone des horions des sols (g.kg^{-1})

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	A	$10,33 \pm 3,28a$	$12,33 \pm 1,86a$	$9,67 \pm 0,88a$	0,696 ^{ns}
	B	$1,0 \pm 0,0a$	$5,33 \pm 0,33a$	$8,33 \pm 3,33a$	0,092 ^{ns}
Tahiraguhé	A	$11,0 \pm 2,52ab$	$17,67 \pm 0,88b$	$9,0 \pm 1,73a$	0,035*
	B	$1,33 \pm 0,33a$	$4,00 \pm 0,58b$	$3,00 \pm 0,0ab$	0,007**
Zepreguhé	A	$8,67 \pm 1,20a$	$12,00 \pm 2,65a$	$12,00 \pm 0,58a$	0,348 ^{ns}
	B	$1,0 \pm 0,0a$	$4,33 \pm 0,33b$	$7,67 \pm 0,88c$	0,000***
A l'échelle du paysage	A	$10,00 \pm 1,29a$	$14,00 \pm 1,33b$	$10,22 \pm 0,74a$	0,037*
	B	$1,11 \pm 0,11a$	$4,56 \pm 0,29b$	$6,33 \pm 1,30b$	0,000***

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a et b) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; * = significative, ** = très significative et *** = hautement significative; ns: non significatif.

3.1.5 STOCK DE CARBONE ORGANIQUE DANS LES SOLS

Au total, en renfermant un stock de carbone organique moyen de $7916,60 \pm 1424,68 \text{ g.m}^{-2}$ dans son sol de culture, les sols sous cacaoyères apparaissent comme ceux ayant un potentiel plus important de réduction des émissions de CO_2 dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone existants dans les sols. Les sols occupés en hévéaculture et palmeraies suivent dans cet ordre avec des stocks moyens de $7626,96 \pm 973,13$ et $7477,72 \pm 1288,48 \text{ g.m}^{-2}$. Toutefois, au plan statistique, les stocks mesurés ne sont pas différents de manière significative (Tableau 5 et 6).

Tableau 5. Stock de carbone organique des horions des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	A	9261,67 ± 731,68a	8060,39 ± 1275,32a	6879,48 ± 829,10a	0,324 ^{ns}
	B	84,44 ± 1,29a	385,02 ± 31,85b	297,38 ± 47,19b	0,004 ^{**}
Tahiraguhé	A	7266,39 ± 1573,43a	8351,67 ± 1876,66a	6940,0 ± 1369,23a	0,818 ^{ns}
	B	111,27 ± 30,12a	120,75 ± 47,63a	239,9 ± 4,4a	0,056 ^{ns}
Zepreguhé	A	5627,22 ± 597,03a	6628,13 ± 1398,39a	8039,72 ± 730,16a	0,287 ^{ns}
	B	82,17 ± 3,28a	203,85 ± 14,04a	484,40 ± 77,19b	0,002 ^{**}
A l'échelle du paysage	A	7385,09 ± 1292,32a	7680,06 ± 1410,22a	7286,40 ± 938,33a	0,92 ns
	B	92,62 ± 17,19a	236,54 ± 73,72b	340,56 ± 78,34b	0,000 ^{***}

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; ** = très significative; *** = hautement significative et ns: non significatif.

Tableau 6. Stock de carbone organique moyen par de sol

Sites	Modes d'usage des sols			P-value
	Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	9346,1 ± 732,97a	8445,41 ± 1259,26a	7176,86 ± 874,63a	0,365 ^{ns}
Tahiraguhé	7377,66 ± 1560,35a	8472,42 ± 1910,26a	7179 ± 1367,29a	0,837 ^{ns}
Zepreguhé	5709,39 ± 595,64	6831,98 ± 1412,35	8524,12 ± 741,45	0,206 ^{ns}
A l'échelle du paysage	7477,72 ± 1288,48a	7916,60 ± 1424,68a	7626,96 ± 973,13a	0,908 ^{ns}

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$; ns: non significatif.

4 DISCUSSION

Les stocks de carbone moyens ressortis des 100 à 120 premiers centimètres des sols en fonction des types d'usage sont, dans l'ordre décroissant : 7916,60 ± 1424,68 g.m⁻² mesurés sous les cacaoyers (sols ferrallitiques de plateaux), 7626,96 ± 973,13 g.m⁻² mesurés sous les hévéas (sols ferrallitiques de plateaux) et 7477,72 ± 1288,48 g.m⁻² mesurés sous les palmiers à huile (sols hydromorphes de bas-fonds). Ce résultat montre que certaines classes de sols stockent mieux le carbone organique que d'autres indépendamment de leurs couvertures végétales. En effet, les stocks mesurés dans les sols ferrallitiques sous hévéas et cacaoyers sont du même ordre de grandeur, qui est différent du stock mesuré dans les sols hydromorphes sous palmiers à huile. [15] qui ont utilisé la carte FAO/Unesco des sols du monde aux 1/5 000 000 et environ 400 profils de sols regroupés selon des unités FAO étaient parvenus à déterminer des fourchettes et des moyennes de teneurs en carbone et de densité pour plusieurs unités de sol. Par la même occasion, ils ont été capables, comme [16], d'estimer les stocks de carbone organique par classe de sol et même le stock au niveau mondial.

Ainsi, [16] situe la capacité moyenne de séquestration des sols des zones tropicales chaudes et humides, à l'image des sols étudiés ici, entre 5200 et 5400 g.m⁻² vers 30 cm de profondeur et entre 10000 et 10400 g.m⁻² vers 100 cm de profondeur. Pour cette profondeur, les moyennes observées sont plus faibles à Daloa. On ne saurait expliquer ce résultat sans évoquer des facteurs extrinsèques au sol, notamment les changements d'utilisation du sol, dans la mesure où les sols sous hévéas et cacaoyers étaient à précédents caféiers. C'est en cela que [17], [18] et [19] insistent sur l'importance de la prise en compte des changements d'utilisation du sol ou la gestion du sol dans l'estimation du stock de carbone des sols cultivés. Toutefois, pour eux, les principaux facteurs qui influencent globalement le stockage du carbone par les sols concernent la végétation (apport de résidus, composition de la plante), les facteurs climatiques (température, conditions d'humidité) et les propriétés des sols (texture, teneur en argile, minéralogie, acidité).

En plus, cette décroissance rapide des stocks de carbone dans les sols mis en culture est liée à des entrées de carbone souvent moins élevées [19, 20]. On comprend alors pourquoi dans cette étude, les sols ferrallitiques de plateaux qui ont certaines propriétés similaires, notamment des apports de résidus de plantes relativement importants grâce à leurs couvertures végétales arbustives abondantes, une texture limono-sablo-argileuse en surface et argilo-sableuse en profondeur,

de bonne conditions d'humidité (sols frais et bien drainé en général), sont avérés plus fournis en stock de carbone que les sols hydromorphes qui ont une texture sablo-argileuse et qui sont non seulement recouverts par peu de litières, mais aussi, noyés vers 80 centimètres de profondeur. En d'autres termes, la présence de peu de litières sur le sol, une pauvreté du sol en argile et une hydromorphie du sol de plus en plus importante seraient défavorables à la constitution des stocks de carbone dans le sol. Par ailleurs, la litière provenant des plants d'hévéas serait de meilleure qualité que celle issue des cacaoyers, ce qui expliquerait leur décomposition rapide par la microfaune du sol, suivie par leur absorption par les plants et rejets dans l'atmosphère. Aussi, les stocks de carbone plus élevés ressortis des sols des cacaoyères sont-ils les résultats des apports des divers arbres associés aux cacaoyers, ce qui dénote des bienfaits de l'agroforesterie sur le processus de stockage du carbone dans le sol.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les stocks de carbone moyens ressortis des 100 à 120 premiers centimètres des sols étudiés sont plus importants dans les sols de plateaux que dans les sols de bas-fonds humides. On en déduit que certaines classes de sols conservent mieux le carbone que d'autres. Par ailleurs, cultivés sur une même classe de sol (sol ferrallitique), les cacaoyères, grâce aux arbres qui leurs sont associés, conservent plus de carbone organique dans le sol que les plants d'hévéa. La pratique de l'agroforesterie peut donc être conseillée aux agriculteurs pour sa capacité à atténuer le réchauffement climatique en séquestrant le carbone dans le sol. Par ailleurs, les stocks ressortis des sols étudiés étant nettement plus bas que les seuils existants, amène à penser que la question de l'épuisement des stocks de carbone organique dans les sols et le réchauffement climatique qui en découle pourrait constituer un problème environnemental crucial dans la zone d'étude. C'est ainsi que nos prochaines recherches seront orientées non seulement vers l'identification d'autres techniques culturales bénéfiques pour le sol, mais aussi, vers la préservation des milieux naturels dans le Haut-Sassandra.

REFERENCES

- [1] K. Traoré, «Couverture forestier de la Côte d'Ivoire: une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classée, parc et réserve)», *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, vol. 5, no. 2, pp 4387 - 4397, 2018.
- [2] Y. T. Brou, J. Oszwald, S. Bigot & E. Servat, «Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire : quel avenir pour ces derniers massifs forestiers». *Téléédétection*, vol. 5 no. 1,2,3, pp 263 - 275, 2005.
- [3] Ruf F. Les cycles du cacao en Côte d'Ivoire: la mise en cause d'un modèle. In le modèle ivoirien en questions. Crises, ajustements, recompositions. *Karthala-ORSTOM*, Paris, France, pp 249-264, 2009.
- [4] C. Durot, Evaluation et comparaison des stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers du Centre Cameroun: Cas de l'arrondissement de Bokito. Mémoire d'Ingénieur agricole, Institut Supérieur d'Agriculture de Lille, pp 83, 2013.
- [5] A. Saïdou, A. F. E. Dossa, P. C. Gnanglè, I Balogoun, N. Aho, 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), p 9, 2012.
- [6] ICEF et ENSEA (2002). L'économie locale du département de Daloa. Rapport d'étude, Programme ECOLOC, Vol. 1, p 144, 2002.
- [7] R. Ligban, D Goné, B. Kamagaté, M. B. Saley & J. Biémi, «Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa». *Journal of Biology and Chemical Science*, vol. 3, no. 1, pp 38 - 47, 2009.
- [8] J. M. Avenard & A. Deluz, «Milieu naturel de Côte d'Ivoire». *Etudes rurales*, no 48, pp. 185-186, 1972.
- [9] B. Dabin, N. Leneuf, G. Riou, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. Notice explicative. ORSTOM, p 39, 1960.
- [10] A. Walkley & I. A. Black, «An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter. and a proposed modification of the chromic acid titration method». *Soil Science*, vol. 34, pp 29 - 38, 1934.
- [11] WRB, Systèmes Internationale de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes, cartes pédologiques mise à jour 2015, 2014.
- [12] D. Baize, Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition revue et augmenté, Paris, pp 6 - 100, 2000.
- [13] D. Boa, Caractérisation des propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités des sols gravillonnaires: cas de Boro-Borotou. Thèse de Doctorat-Ingénieur, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 131 p, 1989.
- [14] M. Henry, M. Belem, R. D'Annunzio, M. Bernoux, Les stocks de carbone des sols d'Afrique de l'Ouest. In: Carbone des sols en Afrique. Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles. Rome/Marseille. 35 - 41, 2020.

- [15] W.G. Sombroek, F. O. Nachtergaele & A. Hebel, «Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils», *Ambio*, vol. 22, 417 - 426, 1993.
- [16] N.H. Batjes. Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. ISRIC. Wageningen, *The Netherlands*, pp 114, 1999.
- [17] M. Robert, La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, p 76, 2002.
- [18] X. Wei, M. Shao, W. Gale & L. Li, «Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land», *Scientific Reports*, vol. 4, 40 - 62, 2014.
- [19] I. E. Mbagou mwe-zue ona, N Endamane, F. Eba, D. Mendoume minko, «Impacts de l'heveaculture (hévéa brasiliensis) sur les caractéristiques physico-chimiques des sols dans la region de kango (N-W, Gabon)», *Agronomie Africaine* vol. 33, no. 2, 133 - 148, 2021.
- [20] R. Lal, «Soil Conservation and Ecosystem Services», *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 2, 36 - 47, 2014.