



Journal Homepage: - www.journalijar.com
**INTERNATIONAL JOURNAL OF
 ADVANCED RESEARCH (IJAR)**

Article DOI: 10.21474/IJAR01/20673
 DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/20673>



RESEARCH ARTICLE

EVALUATION DU CARBONE SOL DES SYSTÈMES AGROFORESTIERS DANS LA COMMUNE DE BOBO-DIOULASSO AU BURKINA FASO

Koueta T. Roland^{1,3}, Gomgnimbou P.K. Alain², Nakoulma Goama³ and Sanon Abdramane⁴

1. Université Joseph KI-ZERBO/Département de Géographie/Laboratoire Dynamiques des Espaces et Sociétés (LDES), 01 BP 85, Ouagadougou 01, Burkina Faso.
2. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Laboratoire Sol-Eau-Plante, BP 910, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
3. Institut des Sciences des Sociétés (INSS)/ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Laboratoire Dynamique des Espaces et Sociétés/ Université Joseph Ki-Zerbo (UJK-Z), 01 BP 85, Ouagadougou 01, Burkina Faso.
4. Centre Universitaire de Tenkodogo, Université Thomas SANKARA, 12 BP 417, Ouagadougou, Burkina Faso.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 25 January 2025

Final Accepted: 28 February 2025

Published: March 2025

Key words:-

Evaluation du Carbone Sol, Systèmes Agroforestiers, Commune de Bobo-Dioulasso et Burkina Faso

Abstract

Contexte et objectif: Les systèmes agroforestiers sont considérés comme l'un des espaces les plus adaptés à la séquestration du carbone atmosphérique, contribuant ainsi de manière significative à la baisse du carbone aérien et à l'augmentation de la productivité des terres agricoles. Cependant, leurs efficacités à séquestrer le carbone organique n'est pas bien établie dans certains milieux sahéliens, notamment dans la commune de Bobo-Dioulasso. Cette recherche a pour objectif d'évaluer les stocks moyens de carbone des sols de différents systèmes agroforestiers dans la commune de Bobo-Dioulasso pour une meilleure compréhension de leur efficacité à la séquestration du carbone. **Méthodologie et résultats :** Au total, 50 données du sol ont été collectées à des horizons de 0 à 15 cm et 15 à 30 cm et la méthode de Walkley-Black a été utilisée pour évaluer le stock moyen du carbone organique du sol. La variation du stock moyen du carbone du sol dans les deux horizons par rapport aux types de systèmes agroforestiers révèle que le stock moyen total du carbone est plus important dans les horizons supérieurs que dans les horizons inférieurs ($38,25 \pm 23,61$ tC \neq $31,64 \pm 17,58$ tC). Le stock global des systèmes agroforestiers a été estimé à 463,66 tC, le système Centre de permaculture de Kouakoualé (372,57 tC) ayant le stock le plus élevé et le système *Mangifera indica* de Kouentou (6,55 tC) ayant le plus faible stock. Par ailleurs, les résultats révèlent un niveau de corrélation faible entre la profondeur du sol et la teneur du carbone dans les cinq systèmes agroforestiers. **Conclusion et suggestion:** les systèmes agroforestiers séquestrent du carbone organique à des niveaux divers, les uns ayant une plus grande efficacité d'accumulation que d'autres. Il importe d'encourager les producteurs à l'utilisation des systèmes les plus performants pour une meilleure séquestration du carbone.

Corresponding Author: -Koueta T. Roland

Address: Université Joseph KI-ZERBO/Département de Géographie/Laboratoire Dynamiques des Espaces et Sociétés (LDES), 01 BP 85, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

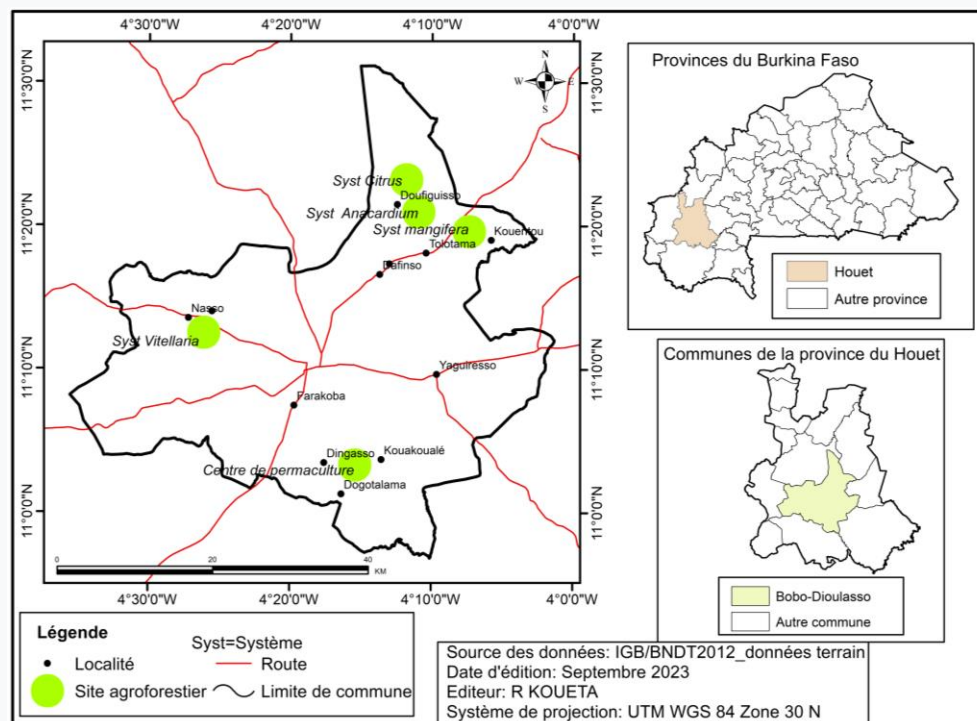
Introduction

Le carbone du sol est désormais reconnu comme un indice sanitaire des sols et des systèmes agroforestiers (Bernoux M et Chevallier T, 2013). En effet, les discussions à l'échelle internationale commencent à s'intéresser de plus en plus au carbone des sols, comme ayant une importante place à jouer dans la fertilisation des terres agricoles et dans le cycle général du carbone du sol (Chevallier T et al., 2015). Le bilan carbone en tant qu'outil important pour évaluer les impacts environnementaux des systèmes agroforestiers est devenu un enjeu clé des négociations internationales visant à lutter contre le changement climatique, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (Tosser V et al., 2014). Au Burkina Faso, les espèces ligneuses utilisées dans le cadre des pratiques agroforestières génèrent de nombreux impacts environnementaux et socio-économiques. Par conséquent, les systèmes agroforestiers représentent un outil intégré pour la séquestration du carbone dans l'agriculture, en plus des avantages écologiques et productifs (Hamon X et al., 2009). Les arbres et arbustes utilisés dans les systèmes agroforestiers peuvent augmenter les stocks de carbone organique du sol (COS) en ajoutant de la biomasse aérienne et racinaire (Ndour Y. B et al., 2020). Selon Woomer P. L et al. (2001), les petites exploitations agroforestières pourraient séquestrer en Afrique de l'Est 66 Mg/ha du carbone organique en l'espace de 20 ans, et 3,9 tC/ha/an dans une exploitation agroforestière mixte en Inde (Maikhuri R. K et al., 2000), et 9 tC/ha/an dans les exploitations agroforestières des zones arides (Ly M. O, 2022). Cependant, Woomer P. L et al. (2001) expliquent que le flux des stocks de carbone dans les petites exploitations agricoles africaines n'est pas encore bien établi et que l'ampleur, la répartition et le potentiel d'augmentation des stocks de carbone dans ces exploitations ne sont pas bien documentés. Selon FRA (2015), le potentiel du carbone des systèmes agroforestiers doit encore être affiné, de même que les différents facteurs qui entrent en jeu, rendant difficile l'évaluation des quantités de stocks de carbone dans les sols. Dans un contexte où les pratiques agroforestières sont en pleine croissance dans la commune de Bobo-Dioulasso (Koueta T. R et al., 2023), il s'avère important de comprendre leur contribution à la séquestration du carbone organique. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette recherche, visant à évaluer la capacité des différents systèmes agroforestiers de la commune de Bobo-Dioulasso à stocker le carbone organique. Elle s'inscrit également dans le même sens que l'étude de Koala J et al. (2016), qui estimaient qu'il y a eu peu d'étude sur le carbone organique dans les exploitations agroforestières des zones soudanaises du Burkina Faso. De même, l'étude de Gomgnimbou A. P. K et al. (2019) a mis en exergue la contribution comparative de différents espaces verts aménagés de la ville de Bobo-Dioulasso à la réduction des émissions de gaz à effets de serre grâce à l'évaluation des stocks de carbone par des méthodes non destructives. Cette recherche s'inscrit de plus dans le concept de « technologies propres » de l'Agence internationale de l'énergie, qui encourage de stocker à l'échelle mondiale 107 Gt CO₂ entre 2015 et 2060.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Echantillonnage spatial

Cette étude a été conduite à l'Ouest du Burkina Faso dans la zone de Bobo-Dioulasso. La carte 1 permet de mieux appréhender la répartition spatiale des sites de recherche.



Carte 1: Echantillonnage spatial des sites agroforestiers

Le prélèvement des échantillons a été mené dans quatre (04) villages sur cinq (05) sites. Il s'agit du village de Doufiguissou, distant d'une vingtaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso, du village de Kouentou, distant d'une trentaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso, du village de Nasso, distant d'une quinzaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso et du village de Kouakoualé, distant d'une trentaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso. La méthode d'échantillonnage à choix raisonné, basée sur la composition et la densité ligneuse des systèmes agroforestiers, a été adoptée (Fogaing J. R et *al.*, 2021). Le centre de permaculture disposait la plus grande quantité de ligneux par rapport aux autres systèmes, suivi du système d'*Anacardium occidentale*, du système parc à dominance de *Vitellaria paradoxa*, du système mixte et enfin du système *Mangifera indica*. Les sites identifiés sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractérisation des sites de recherche

Village	Type de système agroforestier	Superficie (ha)	Nombre d'échantillon (Composite)	
			Horizon 0-15 cm	Horizon 15-30 cm
Doufiguisso (site 1 et 2)	Système mixte à dominance <i>Citrus limon</i> + <i>Zea mays</i> à Doufiguisso	08	05	05
	Système à dominance <i>Anacardium occidentale</i> + quelques pieds de <i>Pennisetum glaucum</i> à Doufiguisso	04	05	05
Kouentou (site 3)	Système à dominance <i>Mangifera indica</i> à Kouentou+ <i>Zea mays</i>	1,5	05	05
Kouakoualé (site 4)	Centre de permaculture essentiellement constitué de <i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr., <i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. et Dalzi, <i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) Meeuwen, <i>Terminalia avicennioides</i> Guill. et Perr., <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Moringa oleifera</i> de Kouakoualé	33	05	05
Nasso (site 5)	Système parc à dominance <i>Vitellaria paradoxa</i> avec culture de céréales (<i>Zea mays</i>), bordé à l'ouest par <i>Eucalyptus camendulensus</i>	02	05	05

1.2. Prélèvement des échantillons du sol

La collecte des données du sol a été réalisée manuellement à travers une tarière. Après la collecte, les échantillons ont été mis dans des sachets bien étiquetés, séchés à l'ombre, broyés et tamisés à 2 mm, et conservés au laboratoire pour la détermination du carbone du sol. Au total, 50 échantillons du sol ont été collectés dans des profondeurs de 0 à 15 cm et de 15 à 30 cm dans cinq types de systèmes agroforestiers. Les évaluations du stock de carbone ont porté sur le pool de carbone du sol en conformité aux directives données par le Groupe d'experts intergouvernemental dans le cadre de la Convention Cadre des Nation Unies sur le réchauffement climatique. La planche photographique 1 et l'image Google earth présentent respectivement les différents sites de prélèvements des échantillons du sol et une vue du paysage agricole de la commune de Bobo-Dioulasso (Planche photographique 1 et Photo 2).

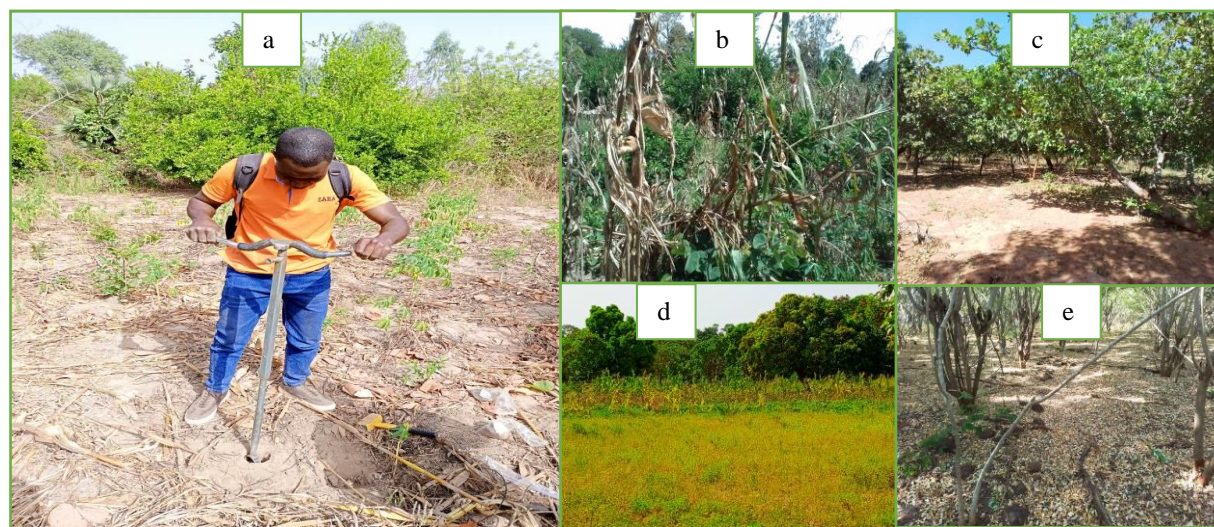


Planche photographique 1: Sites de prélèvement des échantillons au sol

a= technique de prélèvement, b= système agroforestier de *Citrus limon*, c= système à *Anacardium occidentale*, d= système à *Mangifera indica* et e= aménagement antiérosifs et de reconstruction du milieu naturel du Centre de permaculture



Photo 2: Vue aérienne du paysage agricole de la commune, Google earth 2023

1.3. Détermination du carbone organique du sol

La méthode Walkley-Black (1934) a été utilisée pour mesurer le carbone organique du sol (Enang R. K et al., 2018). Les échantillons du sol ont été oxydés à l'aide d'une solution de 1 N de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en présence d'acide sulfurique concentré à haute température ($135\text{ }^\circ\text{C}$) pendant 30 minutes.

Le bichromate oxyde le carbone organique en dioxyde de carbone et les ions chrome libérés se combinent avec les ions sulfates, donnant à la solution une couleur verte. L'excès du bichromate a été titré par le sel de MOHR ($FeSO_4(NH_4)_6$) pour évaluer la quantité qui a réagi. La lecture a été réalisée via un spectrophotomètre d'une longueur d'onde de 600 mm. Le stock du carbone dans chaque profondeur du sol a été calculé à partir de l'équation ci-après:

L'équivalent carbone (CO_2 organique) du site des systèmes agroforestiers a été évalué en multipliant le volume de carbone par 3,67 selon la méthode employée par Tsoumou B. R et al. (2016). Le stock du carbone total (tC/ha) des systèmes agroforestiers a été réalisé en additionnant les stocks moyens du carbone des cinq systèmes agroforestiers.

COS Profondeur = ([COS] x DA x P x (1-frag) x 10)	COS = Stock du Carbone Organique ;
	COS Profondeur = Teneur en carbone organique à une profondeur spécifique du sol (tonne C/ha) ;
	[COS] = Concentration en carbone organique dans une certaine masse de sol donnée, obtenue par analyses au laboratoire (g C kg/sol) ;
	DA = Densité apparente (tonnes de sol/m ³) ;
	P = Profondeur de l'horizon ou épaisseur de la couche de sol (m)
	Fragment = Pourcentage de volume de fragment grossier/100

2. Analyse statistique des données

Les traitements et analyses statistiques, ainsi que la construction des graphiques et tableaux ont été effectuées via R Studio et Excel 2016. Le test de Kruskal-Wallis, après vérification de la non normalité des données (Test de Shapiro-Wilk au seuil de 5%), a été utilisé pour effectuer les comparaisons des stocks moyens de carbone. Cela a permis d'estimer la différence dans l'accumulation moyenne du carbone dans les différents systèmes agroforestiers.

3. Résultats

3.1. Distribution horizontale des stocks du carbone organique du sol

La distribution des stocks du carbone par profondeur est présentée dans le tableau 3. L'analyse a montré des différences statistiquement significatives ($P = 0,04$) dans la profondeur 0-30 cm, sans aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les systèmes agroforestiers des couches « 0-15 cm » et « 15-30 cm ». Ainsi, la couche 0-15 cm concentre 54,73 % ($38,25 \pm 23,61$ tC/ha) du stock total de carbone organique de la couche « 0-30 cm » (Figure 3). Le stock global du carbone des systèmes agroforestiers a été estimé à 463,66 tC, le centre de permaculture de Kouakoualé ($372,57$ tC) ayant le stock le plus élevé et le système *Mangifera indica* de Kouentou ($6,55$ tC) ayant le stock le plus faible (Tableau 3).

Tableau 3: Distribution horizontale du stock moyen du carbone

Type de système agroforestier	0-15 cm (tC/ha)	15-30 cm (tC/ha)	0-30 cm (tC/ha)
Système mixte à dominance <i>Citrus limon</i> + <i>Zea mays</i> à Doufiguisso	4,47±2,17a	6,49±2,78a	5,48±2,58ab
Système parc à dominance <i>Vitellaria paradoxa</i> avec culture de céréales (<i>Zea mays</i>), bordé à l'ouest par <i>Eucalyptus camendulensus</i>	10,36±6,96a	4,14±1,58a	7,25±5,78ab
Centre de permaculture essentiellement constitué de <i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr., <i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. et Dalzi, <i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) Meeuwen, <i>Terminalia avicennioides</i> Guill. et Perr., <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Moringa oleifera</i> de Kouakoualé	10,16±5,32a	12,43±10,67a	11,29±8,04a
Système à dominance <i>Mangifera indica</i> à Kouentou+ <i>Zea mays</i>	3,91±0,94a	4,83±1,32a	4,37±1,18b
Système à dominance <i>Anacardium occidentale</i> + quelques pieds de <i>Pennisetum glaucum</i> à Doufiguisso	9,35±8,22a	3,75±1,23a	6,55±6,27ab
p-value	0,18	0,38	0,04
Total tC	38,25±23,61	31,64±17,58	34,94±23,85

3.2. Distribution horizontale du stock moyen du carbone par superficie

La distribution du carbone organique du sol présentée dans le tableau 4 montre la relation existante entre la superficie et la quantité de carbone stockée.

Tableau 4: Distribution horizontale du stock moyen du carbone par superficie

Types de systèmes agroforestiers	Superficie en ha	tC/ha (0-30 cm)	COSProfondeur
Système mixte de <i>Citrus limon</i> + <i>Zea mays</i> à Doufiguisso	08	5,48±2,58ab	43,84±20,64
Système parcs à Dominance de <i>Vitellaria p</i> avec culture de céréales (Maïs), bordé à l'ouest par <i>Eucalyptus camendulensus</i>	02	7,25±5,78ab	14,5±11,56
Centre de permaculture essentiellement constitué de <i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr., <i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. et Dalzi, <i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) Meeuwen, <i>Terminalia avicennioides</i> Guill. et Perr., <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Moringa oleifera</i> de Koakalé	33	11,29±8,04a	372,57±265,32
Système à <i>Mangifera indica</i> +maïs à Kouentou	1,5	4,37±1,18b	6,55±1,77
Système à <i>Anacardium occidentale</i> + quelques pieds de <i>mil</i> à Doufiguisso	04	6,55±6,27ab	26,2±25,08
Total tC	48,5	34,94±23,85	463,66±324,37

Par ailleurs, les proportions de stock de carbone des systèmes agroforestiers a permis de mieux appréhender l'importance du carbone suivant les trois profondeurs (Figure 3).

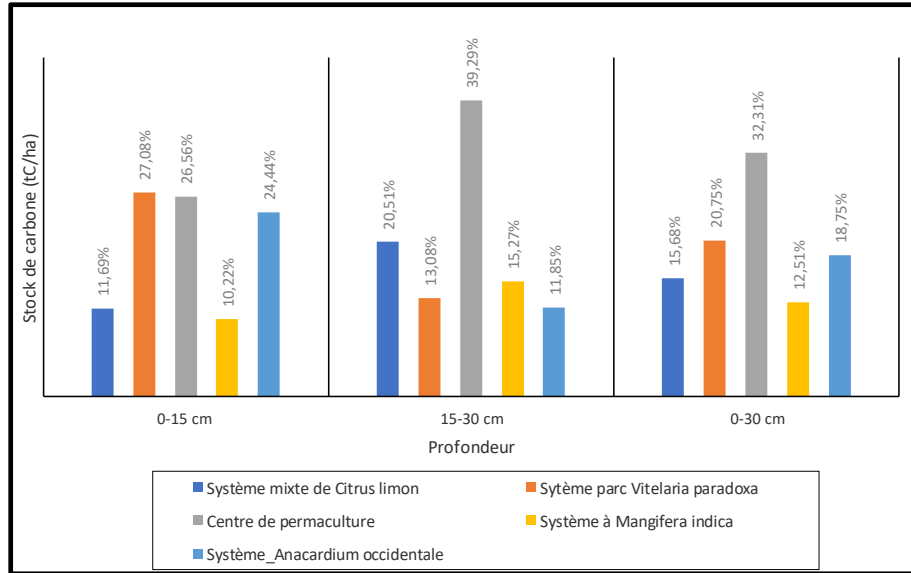


Figure 3: Proportion du stock moyen du carbone par profondeur

Le graphique 3 montre que le centre de permaculture, le système mixte et le système *Mangifera indica* ont les plus fortes proportions des couches entre 15 et 30 cm, tandis que la proportion de carbone entre 0 et 15 cm de profondeur est la plus élevée dans le système de parc dominé par *Vitellaria paradoxa* et le système *Anacardium occidentale*.

3.3. Distribution corrélée du stock moyen de carbone

Le graphique 4 et 5 montrent la variation des stocks de carbone et leur corrélation par profondeur entre systèmes agroforestiers. Les résultats révèlent que la profondeur n'a pas une relation très étroite avec le stock de carbone de manière générale. Le Système mixte de Doufiguissou a une corrélation positive modérée (0,41), montrant que lorsque la profondeur augmente, le stock de carbone a tendance à augmenter, tandis qu'au niveau du système parc à dominance *Vitellaria paradoxa*, la corrélation est négative (-0,57). Cela montre que lorsque la profondeur augmente, la quantité du stock de carbone du système a tendance à diminuer. L'analyse a montré également une corrélation positive, mais faible entre profondeur et teneur de carbone dans le Centre de permaculture (0,15) et modérée au niveau du Système *Mangifera indica* de Kouentou (0,41). Enfin, les résultats ont révélé une corrélation négative modérée pour le Système d'*Anacardium occidentale* de Doufiguissou (-0,47), montrant que lorsque la profondeur augmente, la quantité du stock de carbone tend à diminuer (Figure 4).

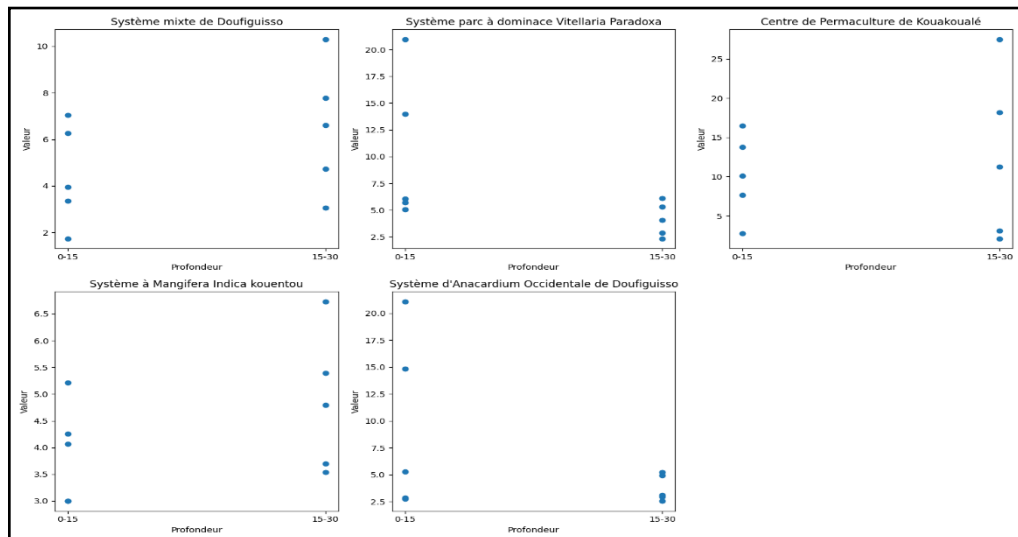


Figure 4: Variation de corrélation de la teneur du carbone organique du sol

La distribution corrélée du carbone des systèmes agroforestiers suivant leurs profondeurs a permis de mieux comprendre les similitudes entre les systèmes agroforestiers. L'analyse du graphique ci-dessus montre que le système mixte à dominance *Citrus limon* de Doufiguisso, le centre de permaculture et le système *Mangifera indica* de Kouentou présente les mêmes tendances, montrant que les teneurs de carbone sont plus élevés en profondeur qu'à la surface.

3.4. Analyse explicative des variables

La figure 5 montre une explication sur les facteurs essentiels de la séquestration des stocks moyens du carbone dans les différents systèmes agroforestiers.

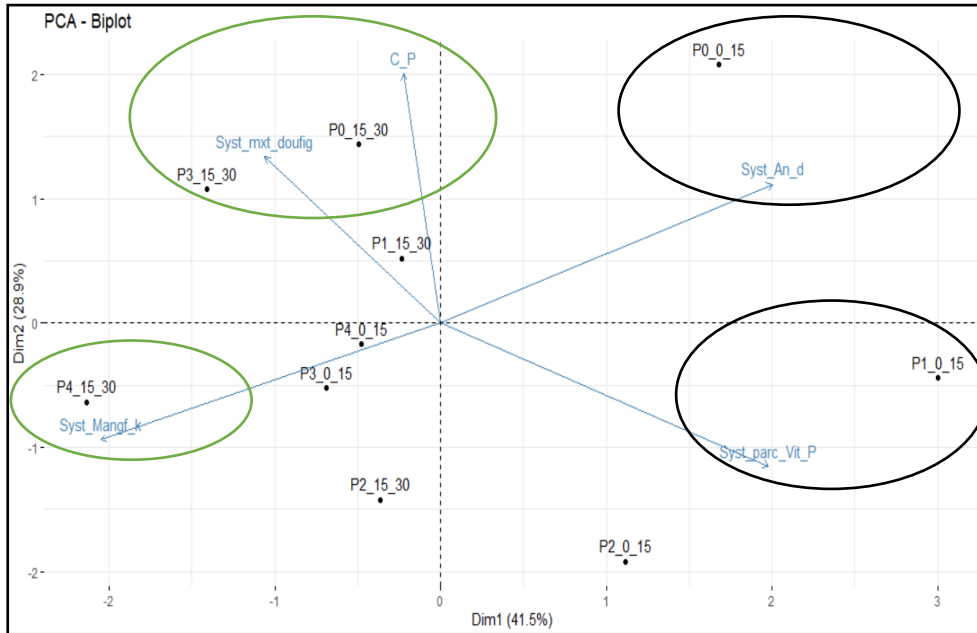


Figure 5: Analyse factorielle des variables de séquestration du carbone

C_P= Centre de permaculture

C_P= Centre de permaculture, Syst_Mangf_k= Système *Mangifera indica* de kouentou, Syst_An_d= Système *Anacardium occidentale* de doufiguisso, Syst_parcvit_P= Système parc à dominance *Vitellaria paradoxa*, Syst_mxt_doufig= Système *Citrus limon* de Doufiguisso

La figure 5 révèle que l'axe des abscisses, explique mieux la séquestration du carbone organique dans les systèmes agroforestiers. Elle explique environ 41,5 % des variables, tandis que l'axe des ordonnées essentiellement dominée par C_P, explique 28,9 % des variables. De façon globale, ces deux composantes expliquent environ 70,4 % de l'ensemble des variables utilisées. La Figure 6 ci-après montre les similarités de séquestration du carbone organique des différents systèmes agroforestiers suivant les profondeurs 0-15 cm et 15-30 cm.

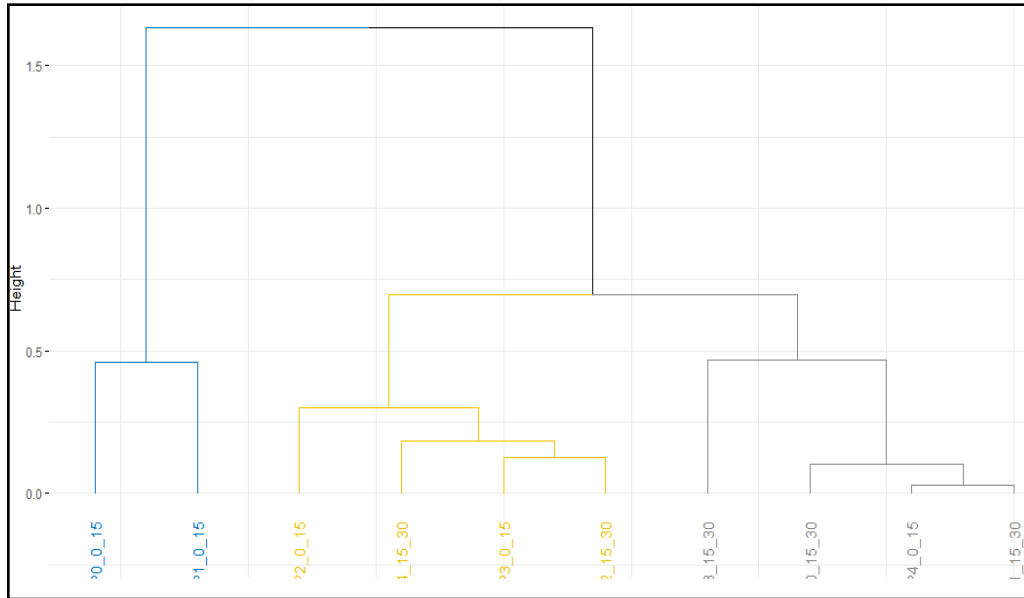


Figure 6: Regroupement des systèmes agroforestiers de séquestration du carbone.

L'analyse de la figure montre trois regroupements de séquestration du carbone des différents systèmes agroforestiers où le premier cluster (en bleu) correspond au système *Mangifera indica* de Kouentou, le deuxième au système Centre de permaculture, le troisième au système *Anacardium occidentale* de Doufiguisso et le système parc *Vitellaria paradoxa*. Les systèmes se trouvant dans le même cluster stockent le carbone de la même manière suivant les types de profondeurs. L'analyse montre que dans le premier cluster, le stock de carbone essentiellement concentré dans la profondeur 0-15 cm et le deuxième cluster montre que le carbone peut-être séquestrer dans les deux profondeurs (0-15 cm et 15-30 cm). De même, dans le troisième cluster, le graphique révèle que les systèmes concernés stockent fondamentalement du carbone sur toute la profondeur de 0-30 cm.

4. Discussion

4.1. Variation du stock du COS dans les systèmes agroforestiers

Les différents résultats des quantités de stock moyen du carbone montrent une variation plus ou moins importante du carbone dans les sites des systèmes agroforestiers. Le site du système du centre de permaculture de Kouakoualé est celui qui stocke plus de carbone que ceux des autres systèmes agroforestiers. Cela s'expliquerait par la densité de ses ligneux et l'efficacité de ceux-ci à stocker le carbone. En effet, le centre de permaculture est très riche en *Detarium microcarpum*, en *Gluricidia spium* et *Moringa oleifera*, qui sont des espèces très efficaces en matière de séquestration de carbone. Le taux d'accumulation du carbone du centre de permaculture au regard de sa richesse floristique serait meilleur s'il était essentiellement dominé par des sols ferrugineux profonds, des sols bruns et des sols ferrallitiques, son sol étant essentiellement dominé par de la latérite, donc faible en matière organique et en litière, et par conséquent en séquestration de carbone. Ainsi, la contribution efficace des espèces aux stocks de carbone organique est relevée par plusieurs auteurs. Selon l'étude de Le Clec'h S et al., (2013), les stocks de carbone sont les plus élevés dans les zones les plus boisées, tandis que les stocks de carbone les plus faibles se trouvent dans les fronts de déforestation ou des zones faiblement peuplées. A cet effet, le fait que le taux de carbone soit faible dans les systèmes, comme le système *Mangifera indica*, s'explique par son faible peuplement en ligneux. Il est essentiellement composé de 44 espèces végétales à l'hectare, dont 2,27% d'*Acacia sp.*, 6,82% d'*Azadirata indica*, 20,45% *Faidherbia albida*, 68,18% *Mangifera indica* et 2,27% de *Citrus sinensis*. A cela, il faut noter que cette variation des stocks de carbone dans les différents agrosystèmes pourrait être due aussi aux types de sols et à leurs usages. De plus, quel que soit le type d'utilisation des terres, le stockage de carbone est plus faible dans les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols sur cuirasses et les sols halomorphes, tandis qu'ils sont élevés dans les Andosols (Ndour Y. B et al., 2020). Selon ces auteurs, même pour un même type de sol, les stocks sont généralement faibles sous les cultures et sont plus importants sous les savanes, les prairies et les forêts. Nos résultats se rapprochent partiellement aux leurs et à ceux de Gnissien M et al. (2023) qui, ont trouvé dans leurs études que la présence des arbustes favorise une augmentation du stock de carbone du sol comparativement aux traitements sans arbustes sur les profondeurs 0-10 et 10-20 cm. Ils ont trouvé que ce stock augmentait avec la densité aussi bien en zaï qu'en semis direct et cette augmentation était plus

nette en semis direct. Pour eux, cette augmentation pourrait être attribuée à l'augmentation de la production de biomasse à la densité d'arbustes la plus élevée entre 0 et 10 cm de profondeur.

Parallèlement, les travaux de Razakamanarivo R et al. (2010) au Madagascar avaient montré que les stocks de carbones sont supérieurs dans les plantations d'Eucalyptus que dans les champs cultivés dus aux pratiques culturales utilisées par les producteurs. Ils ont cependant nuancé qu'en plus de la durée de plantation, l'altitude et la morphopédologie sont à considérer pour comprendre la dynamique des stocks de carbone mesurés. Cela montre clairement que d'autres facteurs, notamment les propriétés du sol, les types d'espèces et les activités in situ, doivent également être pris en compte dans l'analyse des résultats de l'accumulation de carbone séquestré.

4.2. Distribution des stocks du COS suivant la profondeur 0-15 cm et 15-30 cm

Les résultats ont montré que les systèmes parcs d'agroforesterie traditionnelle, précisément à dominance *Vitellaria paradoxa*, et à *Anacardium occidentale* possèdent un stock de carbone plus élevé en en couche supérieure (0-15 cm) qu'en couche inférieure (15-30 cm) (10,36 tC/ha \pm 4,14 tC/ha et 9,35 tC/ha \pm 3,75). Ces résultats sont contraires à ceux de Koala J et al. (2021), qui ont trouvé dans un parc agroforestier à *Prosopis africana* (Guill., et Rich.) au Burkina Faso, que la couche (0-20 cm) avait enregistré la plus petite quantité de carbone avec une moyenne de 8,28 \pm 6,05 tC/ha, alors que les couches (20-50 cm) et (80-120 cm) avaient enregistré les stocks de carbone les plus importants avec des stocks moyens respectivement à l'ordre de 21,93 tC/ha et 26,59 tC/ha du total du stock total de l'horizon 150 cm. Ces valeurs enregistrées pour ces systèmes sont supérieures aux nôtres et à celles obtenues par Saïdou A. et al., (2012) qui ont trouvé un stock de carbone organique de 5,85 tC/ha dans les systèmes agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Parkia biglobosa* en zone Soudanienne du Bénin sur une profondeur de 60 cm. Cette différence pourrait s'expliquer par les types d'investissements qui y sont réalisés et du type d'espèce dominante (*Prosopis africana* (Guill., et Rich.)) dans le système parc agroforestier.

Par ailleurs, Atchada C. C et al. (2018) dans leurs études ont trouvé que pour tous les modes d'utilisation des terres, c'est la profondeur 0-10 cm qui a donné le stock de COS le plus élevé; où le stock des formations naturelles (16,81 tC/ha) était significativement supérieur à ceux des plantations (12,39 tC/ha), des jachères (9,31 tC/ha) et des champs (7,99 tC/ha). En effet, le fait que les couches supérieures aient les stocks les plus élevés s'expliquerait par la teneur importante en matière organique accumulée à ce niveau par la litière, la biomasse des racines et la stabilité des colloïdes organiques à l'opposé des colloïdes minéraux (argiles) (Atchada C. C et al. 2018). Selon Courbois L et al. (1997), cette différence s'expliquerait par la présence importante de la litière en surface ainsi que des fines racines à la surface qui favorisent une importante activité de la microflore, de la macro faune ainsi que de la microfaune dans les litières. Cette faune de litières constitue un des facteurs de la dégradation et de la décomposition des litières, étape importante pour les échanges microbiologiques (Ifo A. S, 2010). Yameogo T. J et al. (2019) dans leurs études traitant sur la contribution des techniques de conservation des sols et de l'eau à la séquestration du carbone du sol dans un écosystème forestier en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso) et Boulmane M et al. (2014) ont montré respectivement que le stock de carbone diminuait selon le profil du sol pour tous les traitements, et que cette diminution du COS se faisait avec la profondeur du sol en suivant une courbe exponentielle à exposant négatif.

Par contre, dans les systèmes centre de permaculture, Système mixte à dominance *Citrus limon* et le système à dominance *Mangifera indica*, les couches 15-30 cm ont enregistré les stocks les plus élevés par rapport aux couches 0-15 cm, respectivement de l'ordre de 12,43 tC/ha \geq 10,16 tC/ha, 6,49 tC/ha \geq 4,47 tC/ha et 4,83 tC/ha \geq 3,91 tC/ha. Ces résultats sont comparables à ceux de Maikhuri R. K et al. (2000) dans une plantation mixte en Inde (3,9 tC) et de Young H (1999) dans les écosystèmes agroforestiers des zones arides (9 tC/ha/an) (Ly M. O, 2022). Le fait que les horizons en profondeur stockent plus de carbone que ceux à la surface s'expliqueraient soit par la faible décomposition de la matière organique à la surface lié à l'âge récent de ces systèmes, soit aux éléments constitutifs ou à l'érosion de leurs sols, rendant ceux-ci faible en matière de séquestration de carbone. Cela fait qu'on trouve moins de carbone à la surface qu'en profondeur.

Conclusion

Les résultats de l'étude montrent que les systèmes agroforestiers peuvent contribuer à la réduction nette des émissions de gaz à effet de serre à travers la séquestration du carbone organique du sol. Cependant, les systèmes agroforestiers n'ont pas la même efficacité de séquestration de carbone organique; essentiellement liés à la densité des ligneux, aux types de ligneux, aux différents investissements anthropiques et à la nature des sols. Certains systèmes sont plus efficaces que d'autres dans la séquestration du carbone à des profondeurs bien définies. Dans les systèmes à *Mangifera indica*, l'essentiel du stock de carbone se trouve en surface et dans les systèmes de type Centre de permaculture, *Anacardium occidentale* et parcs à *Vitellaria paradoxa*, l'importance de l'accumulation du carbone peut être importante dans les deux profondeurs (0-15 cm et 15-30 cm). Il convient donc d'encourager les producteurs agroforestiers à l'utilisation du modèle Centre de permaculture et à conserver suffisamment de ligneux dans les zones agricoles comme l'exemple du système parc à dominance *Vitellaria paradoxa* pour une meilleure séquestration du carbone dans le sol. Un accompagnement adéquat des gouvernants aux producteurs permet une mise en œuvre réussie sur le terrain des systèmes agroforestiers.

Remerciements

Nous remercions le Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur la Fertilité des sols et les systèmes de production (LERF/SP) pour leur implication dans l'analyse des données du sol.

Références Bibliographiques

1. Atchada, C. C., Zoffoun, A. G., Akplo, T. M., Azontonde, A. H., Tente, A. B., & Djego, J. G. (2018). Modes d'utilisation des terres et stock de carbone organique du sol dans le bassin supérieur de Magou au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2818-2829. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.27>
2. Bernoux, M., & Chevallier, T. (2013). Le carbone dans les sols des zones sèches: des fonctions multiples indispensables. Montpellier: CSFD/Agropolis International, 40. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010061688>
3. Boulmane, M., Santa Regina, I., Khia, A., & Oubrahim, H. (2014). Estimation du stock de carbone organique dans les iliaies du Moyen Atlas marocain, 18. <https://digital.csic.es/handle/10261/97611>
4. Chevallier, T., Cardinael, R., Camille, B., Chenu, C., & Bernoux, M. (2015). L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique? *Forêt-entreprise*, 225, 49-54.
5. 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)*, 29-35.
6. Enang, R. K., Yerima, B., Kome, G., & Van Ranst, E. (2018). Assessing the Effectiveness of the Walkley-Black Method for Soil Organic Carbon Determination in Tephra Soils of Cameroon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 1-8. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1510948>
7. Fogaing, J. R., Ndonmou, E. C., Kuete Fogang, M., Avana Tiencheu, M. L., & Tsalefac, M. (2021). Potentiel de stockage de carbone des agro forêts du versant oriental des monts Bamboutos dans les Hautes Terres de l'Ouest du Cameroun. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 16, 36-49.
8. FRA, A.-. (2015). L'agroforesterie, un outil « carbone » pour les PCET - Mettre en place une démarche d'agroforesterie sur le territoire d'un PCET [Monograph]. ADEME, 50. <https://agritrop.cirad.fr/580604/>
9. Gnissien, M., Coulibaly, K., Barro, M., Douzet, J.-M., Cournac, L., Cicek, H., & Nacro, H. B. (2023). Effets longue-durée de différentes densités de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst sur le stockage et la dynamique du carbone et de l'eau dans un Plinthosol épipétrique en zone nord-soudanaise du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(3), 1220-1236.
10. Gomgnimbou, A. P. K., Ouedraogo, W. O., Sanon, A., Kone, M., Ilboudo, D., & Nacro, H. B. (2019). Potentiel de séquestration du carbone par les espaces verts aménagés urbains de la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 144, 14739-14746. <https://doi.org/10.35759/JABs.144.2>
11. Hamon, X., Dupraz, C., & Liagre, F. (2009). L'agroforesterie, outil de séquestration du carbone en agriculture, 17.
12. Ifo, A. S. (2010). Apport de carbone au sol et stock dans deux types forestiers (forêt galerie et forêt secondaire) des plateaux tékés. Université-Marien-NGouabi, Brazzaville, 194.

13. Koala, J., Kagambega, O. R., & Sanou, L. (2021). Distribution des stocks de carbone du sol et de la biomasse racinaire dans un parc agroforestier à *Prosopis africana* (Guill., et Rich.) Taub au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences*, 160(1), 13.
14. Le Clec'h, S., Oszwald, J., Jégou, N., Dufour, S., Cornillon, P. A., Miranda, I. D. S., Gonzaga, L., Grimaldi, M., Gond, V., & Arnaud De Sartre, X. (2013). Cartographier le carbone stocké dans la végétation : Perspectives pour la spatialisation d'un service écosystémique. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 316(316), 35. <https://doi.org/10.19182/bft2013.316.a20529>
15. Ly, D. M. O. (2022). Diversité, biomasse et stock de carbone dans les systèmes d'utilisation des terres en haute Casamance, Sénégal, 14.
16. Maikhuri, R. K., Nautiyal, S., Rao, K. S., Chandrasekhar, K., Gavali, R., & Saxena, K. G. (2000). Analysis and resolution of protected area–people conflicts in Nanda Devi Biosphere Reserve, India. *Environmental Conservation*, 27(1), 43-53. <https://doi.org/10.1017/S0376892900000060>
17. Ndour, Y. B., Sall, S. N., Loum, M., Diouf, A., Wélé, A., Ndiaye, O., Masse, D., & Chapuis-Lardy, L. (2020). Chapitre 8. Dynamique de stockage du carbone dans les sols du Sénégal : Acquis de la recherche et perspectives. In M. Brossard, T. Chevallier, & T. M. Razafimbelo (Éds.), *Carbone des sols en Afrique : Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles*. IRD Éditions, 157-172. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.35002>
18. Razakamanarivo, R. H., Razafindrakoto, M.-A., & Albrecht, A. (2010). Fonction puits de carbone des taillis d'*eucalyptus* à Madagascar. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 305, 5-19.
19. Koueta T. Roland, Nakoulma N. Goama & Gomgnimbou P. K. Alain (2023). Pratiques Agroforestières Et Facteurs Déterminant Leur Adoption Dans La Commune Rurale De Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 40(2), 14. <https://doi.org/10.52155/ijpsat.v40.2.5642>
20. Saïdou, A., Dossa, A. F. E., Gnanglè, P. C., Balogoun, I., & Aho, N. (2012). Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 9. <http://www.slire.net/download/1737/>
21. Tosser, V., Eglin, T., Bardy, M., Besson, A., & Martin, M. (2014). Évaluation des stocks de carbone organique des sols cultivés de France. *Étude et gestion des sols*, 21, 7-23.
22. Tsoumou, B. R., Lumandé, K. J., Kampé, J. P., & Nzila, J. D. (2016). Estimation de la quantité de Carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-ouest de la République du Congo). *Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale d'Afrique Centrale-RIFFEAC*, 39-45
23. Woome, P. L., Tieszen, L. L., Tschakert, P., Parton, W. J., & Touré, A. (2001). Landscape carbon sampling and biogeochemical modelling. A two-week skills development workshop conducted in Senegal., USGS, CSE, 69. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACP376.pdf
24. Yameogo, J. T., Coulibaly, K., Compaoré, T. M. C., Some, A. N., & Nacro, H. B. (2019). Contribution of Soil and Water Conservation Techniques to Soil Carbon Sequestration in a Forest Ecosystem in West Africa (Burkina Faso). *International Journal of Sciences*, 8(11), 32-40.