ESJ Natural/Life/Medical Sciences Peer-reviewed

Effets de la diversité des sols et du niveau topographique sur l'activité microbienne et le cycle du carbone en contexte de bas-fonds sud-soudaniens du Burkina Faso

Bintou Céline Sanou
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso
Daouda Guébré
Centre Universitaire de Ziniaré/ Université Joseph Ki-Zerbo, Burkina Faso.
LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Sénégal
Edmond Hien
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso.
LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Sénégal.
Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Burkina Faso

Doi:10.19044/esj.2025.v21n21p153

Submitted: 01 May 2025
Accepted: 01 July 2025
Published: 31 July 2025

Copyright 2025 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:
Sanou, B.C., Guébré, D. & Hien, E. (2025). *Effets de la diversité des sols et du niveau topographique sur l'activité microbienne et le cycle du carbone en contexte de bas-fonds sud-soudaniens du Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (21), 153. https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n21p153

Résumé

En contexte de bas-fonds sud-soudaniens, la faible productivité agricole due à une connaissance insuffisante des caractéristiques intrinsèques des sols, est un problème crucial. En effet, les statuts organique et nutritionnel des sols dans cette zone restent fortement influencés par la typologie des sols et le relief. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence combinée de la diversité des sols et de leur position topographique sur l'activité microbienne et le cycle du carbone. L'étude a été menée sur des sols du bas-fond de Lofing dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. Une caractérisation morpho-pédologique de la zone étudiée selon le système français et son correspondant selon WRB, 2015 a mis en évidence des sols bruns eutrophes (Vertic Cambisol), couvrant 56,29% du bas-fond. Le deuxième type concerne les sols hydromorphes peu humifères (Haplic Gleysol) couvrant 40,85% du bas-fond. Les analyses des échantillons de sols de subsurface (0-10 cm) ont montré des valeurs plus élevées en carbone total (+29%) et minéralisable

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

(+22%), ainsi qu'en quotient métabolique (+29%) et en respiration microbienne (+36%) dans les sols hydromorphes par rapport aux sols bruns. En revanche, c'est dans les sols bruns que la biomasse et le rendement microbiens ont été plus élevés (+22% et +69%, respectivement). Il ressort de cette étude que la fraction labile de carbone et l'activité des microorganismes des sols sont fortement influencées par les apports organiques colluviaux et le niveau topographique. Ainsi, l'interaction entre la nature du sol et le niveau topographique apparaît comme un facteur clé dans l'évaluation du cycle du carbone organique des sols en contexte de bas-fonds sud-soudaniens.

Mots-clés: Sols de Bas-fond ; topographie ; matière organique ; Sud-soudaniens; Burkina Faso

Effects of soil diversity and topography on microbial activity and the carbon cycle in the lowlands of Sudanian climate of Burkina Faso

Bintou Céline Sanou
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso
Daouda Guébré
Centre Universitaire de Ziniaré/ Université Joseph Ki-Zerbo, Burkina Faso.
LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Sénégal
Edmond Hien
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso.
LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Sénégal.
Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Burkina Faso

Abstract

In the lowlands of the Sudanian climate of Burkina Faso, low crop productivity due to inadequate knowledge of the intrinsic characteristics of soils is a crucial problem. The aim of this study was to determine the influence of soil diversity and topographical position on the combined efficiency of microbial activity and the carbon cycle. The study was carried out in the Lofing lowland (south-west of Burkina Faso). A morpho-pedological characterisation of the study area according to the French system (and its correspondent according to WRB, 2015) revealed eutrophic Brown soils (Vertic Cambisols), covering 56.29% of the lowland. The second type concerns hydromorphic soils with low humus content (haplic Gleysols) covering 40.85% of the lowland. The results of analyses of subsurface soil samples (0-10 cm) showed higher values for total carbon (+29%) and

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

mineralisable carbon (+22%), metabolic quotient (+29%) and microbial respiration (+36%) in hydromorphic soils compared with brown soils. On the other hand, it was in brown soils that microbial biomass and yield were greater (+22% and +69%, respectively). This study shows that the labile fraction of carbon and the activity of soil microorganisms are strongly influenced by colluvial organic inputs and topography. Thus, the interaction between soil type and topography is a key factor in assessing the soil organic carbon cycle in the lowlands of Sudanian climate of Burkina Faso.

Keywords: Lowland soils; topography, organic matter; Sudanian climate; Burkina Faso

Introduction

De nos jours, la durabilité de la production représente un défi majeur de l'activité agricole. Cette durabilité est basée particulièrement sur la fertilité organique du sol (Doetterl *et al.*, 2015). En effet, de faibles rendements et la dégradation des sols ont été signalés (Lompo *et al.*, 2009), dus principalement à la faible teneur en matière organique du sol (Traoré *et al.*, 2015) et une mauvaise gestion de l'agro-biodiversité (Bayala *et al.*, 2005). En outre, ce phénomène est accentué par l'érosion hydrique des sols qui constitue un problème environnemental mondial, entravant gravement le développement durable (Gao and Wang, 2019). Cette érosion résulte d'un ensemble de processus complexes et interdépendants, liés à la pluie, au ruissellement, à la topographie, à la texture du sol, à la couverture végétale, aux techniques culturales et aux éventuels aménagements (Khemiri and Jebari, 2021). Ces auteurs affirment que tous ces facteurs réunis contribuent directement ou indirectement au détachement et au transport des particules du sol.

Dans le contexte du Burkina Faso, la teneur en matière organique totale des sols est généralement faible, de l'ordre de 0,6 % dans les régions sahélienne et sud-soudanienne (Pallo *et al.*, 2008). Les pratiques agricoles comme le travail du sol, l'utilisation de diverses sortes de fertilisants minéraux et l'irrigation des terres ont contribué à augmenter la vitesse de minéralisation de la matière organique du sol (MOS). Cette dégradation des sols est accompagnée d'une croissance démographique entrainant une surexploitation des sols cultivables (Sanou & Hien, 2022).

Ainsi, les bas-fonds connaissent une pression anthropique de plus en plus accentuée. En effet, les bas-fonds restent de nos jours des zones d'exploitation agricole par excellence pour les producteurs qui y voient un moyen de sécurisation de leur production dans un contexte de changement climatique (Ilboudo *et al.*, 2023). Cependant, si les bas-fonds sont généralement perçus comme des milieux fertiles, ils présentent dans certains cas un déficit de production ; comme c'est le cas dans le Sud-Ouest du Burkina

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Faso, où le rendement moyen du riz (2,02 t/ha) dans les bas-fonds restent inférieurs aux rendements moyens escomptés sur le plan national (Sanou and Hien, 2022). Dans ce contexte, Ilboudo *et al.* (2023) estiment que la détermination de bonnes pratiques et la réussite de leur mise en application reposent sur l'analyse des caractéristiques morpho-pédologiques, chimiques et physiques des sols de bas-fonds. A propos, l'évaluation des sols dans cette zone a montré une très bonne aptitude physique mais avec une aptitude chimique défavorable du fait d'un déficit de restitution organique (Sanou and Hien, 2022).

Ainsi, il s'avère nécessaire de s'intéresser à des indicateurs biologiques qui permettent d'apprécier le devenir de la matière organique sols. En effet, la matière organique des sols provient d'organismes morts, végétaux pour la plupart, de déjections animales, d'exsudats des racines et d'organismes vivants. De ce fait, elle subit des biotransformations dans le sol par des organismes microbiens du sol. Des recherches récentes ont également démontré que la compréhension de la dynamique de la matière organique du sol MOS est un facteur essentiel pour renforcer la résilience des agroécosystèmes et atténuer les effets négatifs du changement climatique (Chahal et *al.*, 2024). A ce titre, la biomasse et la respiration microbiennes des sols constituent des indicateurs importants pour évaluer la minéralisation de la MOS et contribuer à mieux gérer des problèmes liés au statut organique des sols (Gnankambary et *al.*, 2008). L'avantage des MOS est qu'elles stimulent efficacement les communautés biologiques du sol, tout en libérant progressivement les éléments disponibles (Guébré et *al.*, 2020; Zongo et *al.*, 2024).

Ainsi, sous l'hypothèse que l'aptitude chimique des sols reste contrôlée par les activités biologiques qui à leur tour, sont influencées par le type de sol et le niveau topographique ; cette étude se propose d'évaluer l'effet de la diversité des sols et du niveau topographique sur l'efficacité des activités microbiennes et le cycle du carbone. Spécifiquement, l'étude vise à évaluer d'une part, l'effet (i) de la typologie des sols et (ii) du niveau topographique sur le carbone total et minéralisable, la biomasse et l'activité microbienne des sols. D'autre part, elle vise à déterminer (iii) les éventuelles corrélations entre le niveau topographique, la typologie des sols et les paramètres microbiens.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude s'est déroulée dans le basfond de Lofing situé au Sud-Ouest du Burkina Faso (10°30′N, 3°15′W) sur une superficie de 31,46 ha. La zone est essentiellement cultivée en riz, mil, sorgho et maïs ; comprise entre les isohyètes 900 et 1200 mm. Elle appartient à la zone climatique de type soudanien et se caractérise par un relief accidenté (altitude moyenne de 450

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

m), une température moyenne annuelle de 27°C qui oscille entre un minimum de 21°C et un maximum de 32°C. Le réseau hydrographique appartient au bassin versant du fleuve Mouhoun avec un potentiel important de sites de barrages agricoles. La végétation est relativement dense et variée. Du nord au sud, on observe une évolution de la savane arborée vers la forêt claire et les galeries forestières le long des cours d'eau. Les aires à vocation strictement faunique sont estimées à 271 000 ha.

Caractérisation morpho-pédologique du site

Au plan topographique, le bas-fond de Lofing a été divisé en trois niveaux dans le cadre de cette étude. Les differents niveaux etaient separees par des pentes de 0 à 2% : niveau 1 (pente élevée), niveau 2 (pente moyenne) et niveau 3 (pente faible). Le niveau 1 (en amont) présente une dénivelée de 7 m et de 15 m, respectivement par rapport au niveau 2 et au niveau 3.

La méthode de prospection pédologique utilisée a été celle du quadrillage systématique à raison d'une fosse par hectare. Au total 33 fosses pédologiques ont été ouvertes manuellement à l'aide de pics et de pelles ainsi que leur environnement immédiat, ont été décrites selon les directives pour la description des sols de FAO (1994). La couleur de la matrice et celle des taches des différents horizons ou couches de sol ont été déterminées à l'état humide à l'aide de l'échelle colorimétrique de Munsell (Munsell Color Chart, 2000). Les sols ont été classifiés selon le système français (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols, CPCS, 1967) (Duchaufour, 1972), et une correspondance à la classification (WRB, 2015) a été proposée (IUSS Working Group WRB, 2015). Par ailleurs, 14 fosses représentatives de principales unités pédologiques inventoriées ont été échantillonnées.

Prélèvements de sols et analyses de laboratoire

Les prélèvements d'échantillons de sols ont porté sur l'ensemble des horizons pour chaque fosse pédologique pour évaluer les horizons diagnostics et caractériser les sols. Au total, 43 échantillons ont été prélevés, soit en en moyenne 3 par fosse pédologique). Par la suite, 40 autres échantillons prélevés à la tarière dans la couche 0-10 cm, ont permis de suivre la dynamique de minéralisation du carbone et les paramètres microbiens. Les différents échantillons ont été séchés à l'air libre, puis tamisés à 2 mm pour les analyses de laboratoire.

Le Carbone total (Ctotal) a été mesuré par une analyse élémentaire par combustion par voie sèche (Thermoflash 2000 N analyzer, Milan, Italy) adaptée à la norme NF ISO 10694. La granulométrie 5 fractions a été déterminée par la méthode internationale à la pipette de Robinson, le pH de la solution du sol à l'aide du pHmètre (sonde) dans une suspension sol-H2O de rapport 1/2,5, l'azote total par la méthode Kjeldahl (Novozamsky *et al.*, 1983),

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

le phosphore assimilable par la méthode de Bray 1(Van Reeuwijk, 2002) et la Capacité d'Echanges Cationiques (CEC) par extraction à l'acétate d'ammonium en milieu tamponné à pH(7).

La biomasse microbienne (BM) a été déterminée selon la méthode de (Jenkinson *et al.*, 1976) et (Chaussod *et al.*, 1986) à partir d'échantillons de sols fumigés et non fumigés de 24 heures environ. A partir de la détermination de la biomasse microbienne, le rendement microbien (R.M) a été calculée par le rapport BM/Carbone organique (en %). Les sols étant déficients en carbonates du fait de leur non réactivité à l'acide, on en déduit que le carbone total dans ces sols représente le carbone organique. Pour un type de sol donné, les faibles valeurs du rendement microbien pourraient traduire un environnement physique et/ou chimique défavorable (compaction, pH acide, manque de restitution organique).

Le potentiel de minéralisation du sol a été mesuré par la respiration du sol par la méthode de (Dommergues, 1960). La respiration du sol exprime l'activité biologique potentielle du sol qui dépend de la matière organique biodégradable présente. L'Indice de Minéralisation du carbone (C minéralisable / C total *100) est la proportion de carbone « actif » pour 100 g de carbone total. Ainsi, un indice élevé correspondrait à de fortes restitutions organiques facilement dégradables. Le quotient métabolique exprime l'efficience énergétique d'une communauté de microorganismes et correspond au rapport entre la respiration basale et la biomasse microbienne (Anderson *et al.*, 1978). Il caractérise l'état physiologique des microorganismes.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont porté sur des statistiques descriptives. Les variations de la biomasse microbienne et de la respiration du sol ont été testées à l'aide de modèles linéaires généralisées (MLG). Ces modèles permettent d'ajuster une variable de réponse spécifiant sa distribution et sa fonction de lien. L'Analyse en Composante Principale (ACP) a été utilisée pour évaluer les éventuelles relations entre type de sol, niveau topographique et propriétés biologiques. La corrélation de Pearson a été utilisée comme test supplémentaire, afin de vérifier la relation entre les variables obtenues par l'ACP. Les tests de comparaison multiples de moyennes ont ensuite été effectués avec les contrastes de Tukey au seuil de 5%. Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique R (3.5.2).

Résultats

Caractérisation morpho-pédologique du bas-fond

La caractérisation morpho-pédologique du bas-fond a permis de dégager deux types de sols dominants sur lesquels ont porté nos investigations. Il s'agit pour le premier type des sols Bruns Eutrophes Tropicaux

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Hydromorphes Vertiques (BEHV), correspondant au Vertic Cambisol couvrant 17,71 ha soit 56,29% du bas-fond. Leur profondeur moyenne est de 109 cm avec des valeurs moyennes en azote total de 0,05%, en Capacité d'Echange Cationique (CEC) de 7,47 cmol/kg^{-1} et un pH de 6,2. Le deuxième type concerne les sols Hydromorphes Peu Humifères à Pseudogley de Surface (HPGS), correspondant au Haplic Gleysol, couvrant 12,85 ha soit 40,85% du bas-fond. Leur profondeur moyenne est de 113 cm avec des valeurs moyennes en azote total de 0,05%, en Capacité d'Echange Cationique (CEC) de 7,3 cmol/kg^{-1} et un pH de 6,15.

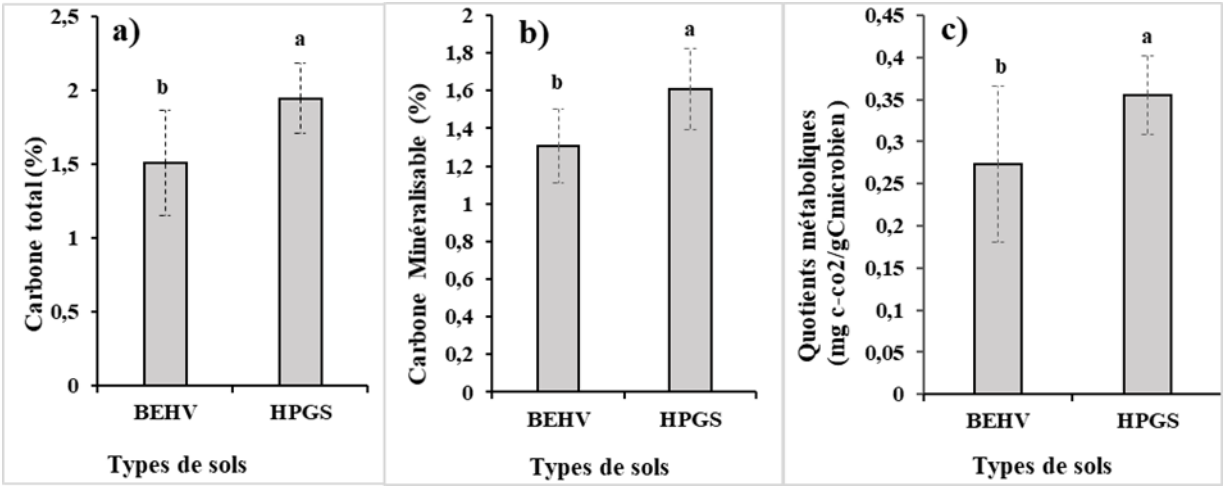
La texture est fine le long du solum (Argilo-sableuse) pour les deux types de sols. Dans les BEHV, la couleur est de type gris très foncé (10YR 3/1) en surface à brun grisâtre foncé (2,5Y 4/2) en profondeur avec 15% de taches brun vif (7,5YR 5/8) apparaissent dans les 60 premiers cm. Les HPGS présentent une couleur gris foncé (10YR 4/1) dans les horizons de surface, brun grisâtre foncé (10YR 4/2) dans les horizons médians et gris (10YR 5/1) dans les horizons de profondeur, avec 5 à 10% de taches brun vif (7,5YR 5/8) en surface et 20% de taches grisâtres (10YR 5/1) en profondeur.

Effet de la typologie des sols sur le carbone total et minéralisable, la biomasse et l'activité microbienne des sols

Les teneurs moyennes en carbone total et minéralisable ainsi que celles du quotient métabolique ont été significativement plus élevées ($p = 0,011$; 0,010 et 0,010 respectivement) dans les sols hydromorphes (HPGS) que dans les sols bruns (BEHV) (Fig. 1). Ces augmentations dans les sols hydromorphes ont été de +29% (carbone total), +22% (carbone minéralisable) et de +29% (quotient métabolique) comparativement aux sols bruns. Ainsi, l'analyse statistique de ces résultats relève des différences importantes sur le comportement du carbone dans les deux types de sols évalués.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Fig. 1 : Variation du carbone total (a), du carbone minéralisable (b) et du quotient métabolique de la communauté microbienne (c) en fonction des types de sol

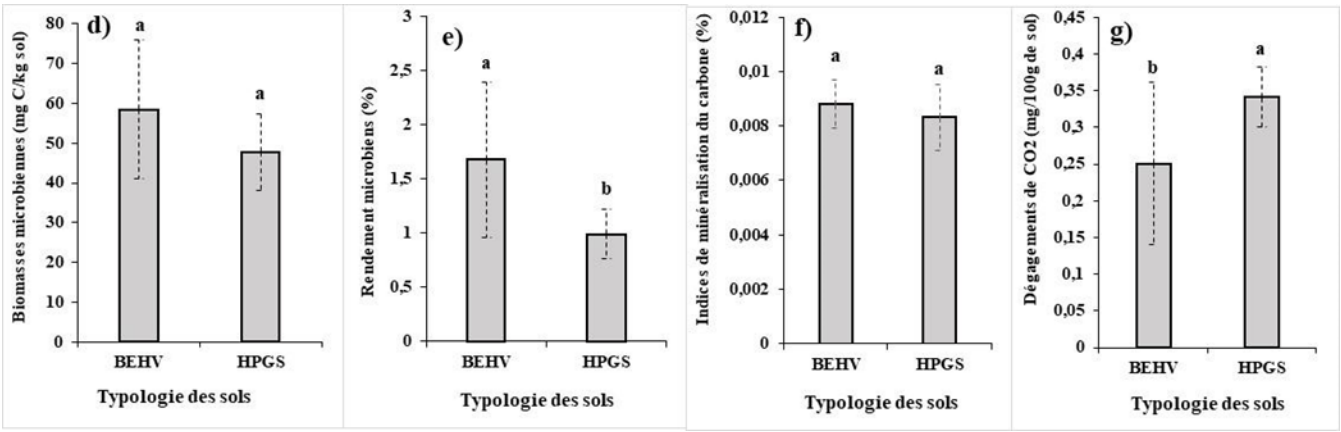


BEHV : *Sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes vertiques (Cambisols vertiques)*
HPGS : *Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley de surface (Gleysols hapliques)*

Les résultats sur la biomasse et le rendement microbien ont montré par contre des valeurs plus importantes dans les sols bruns par rapport aux sols hydromorphes (Fig. 2d et 2e). En effet, dans les sols bruns les teneurs en biomasses microbiennes ont augmenté de +22% et celle du rendement microbien de +69% comparativement aux sols hydromorphes. Cependant, au plan statistique, seules les augmentations en rendements microbiens ont été significatives ($p = 0,021$). En outre, l'indice de minéralisation du carbone n'a montré aucune différence statistique entre les deux types de sols, alors que les sols hydromorphes affichent une respiration microbienne significativement ($p = 0,045$) enlevée (+36%) par rapport aux sols bruns (Fig. 2f et 2g).

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Fig. 2 : Variation de la biomasse microbienne (d), du rendement microbien (e), de l'indice de minéralisation du carbone (f) et de la respiration microbienne (g) en fonction des types de sol



BEHV : *Sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes vertiques (Cambisols vertiques)*
HPGS : *Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley de surface (Gleysols hapliques)*

Effets du niveau topographique sur le carbone total et minéralisable, la biomasse et l'activité microbienne des sols

L'analyse du niveau topographique sur le statut du carbone des sols a montré que le niveau 3 est plus favorable à l'accumulation du carbone total (CT), minéralisable (CM) ainsi qu'au développement d'un bon quotient métabolique (QM) (Fig. 3). En effet, comparativement au niveau 1 et 2, le niveau 3 a favorisé des augmentations en carbone total de +17% et +21%, respectivement. Ces augmentations en carbone minéralisable ont été similaires par rapport aux niveaux 1 et 2 (+17%). Concernant le quotient métabolique, le niveau 3 a favorisé son augmentation de +20% et +52% respectivement par rapport au niveau 1 et 2. Cependant, les tests de comparaison multiples de moyennes avec les contrastes de Tukey au seuil de 5%, n'ont révélé aucune différence statistique entre ces augmentations.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

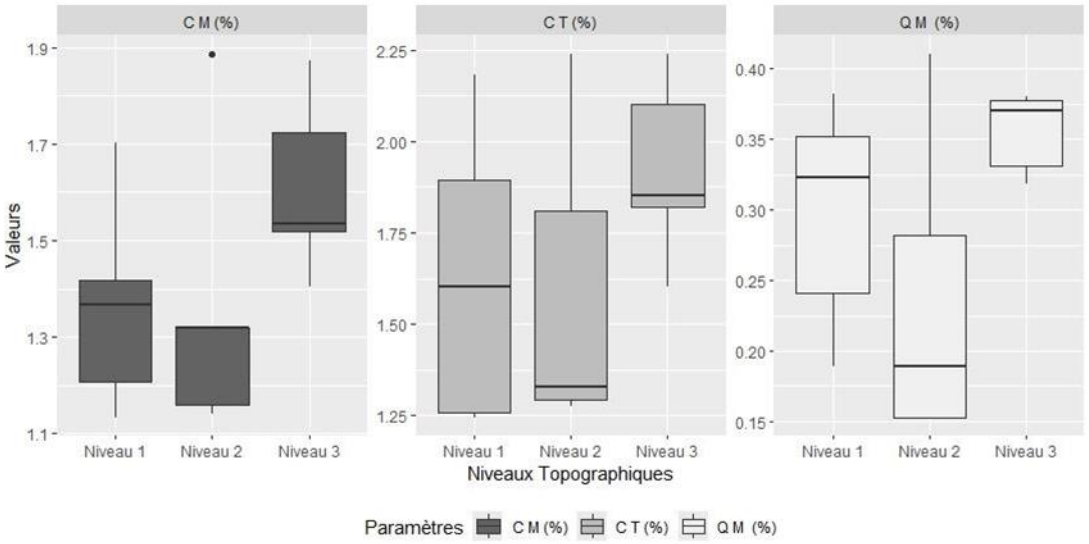


Fig. 3 : Variation du carbone minéralisable (CM), du carbone total (CT) et du quotient métabolique (QM) de la communauté microbienne en fonction du niveau topographique

Les valeurs se rapportant aux paramètres microbiens dans la Fig. 4 ont été relativement plus élevées pour au niveau 2 comparativement au niveau 1 et 3, exceptée la respiration microbienne (DCO2). La biomasse microbienne (BM) a augmenté de +87% et de +67%, respectivement par rapport aux niveaux 1 et 3. Pour le rendement microbien (RM), ces augmentations ont été similaires (+1500%). Concernant l'indice de minéralisation du carbone (IMG), les augmentations ont été respectivement de +1% et +6%. En revanche, la respiration microbienne a été la plus basse au niveau 2, tout en évoluant similairement entre les niveaux 1 et 3. Les tests de comparaison multiples de moyennes avec les contrastes de Tukey au seuil de 5%, n'ont également révélé aucune différence statistique entre ces augmentations.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

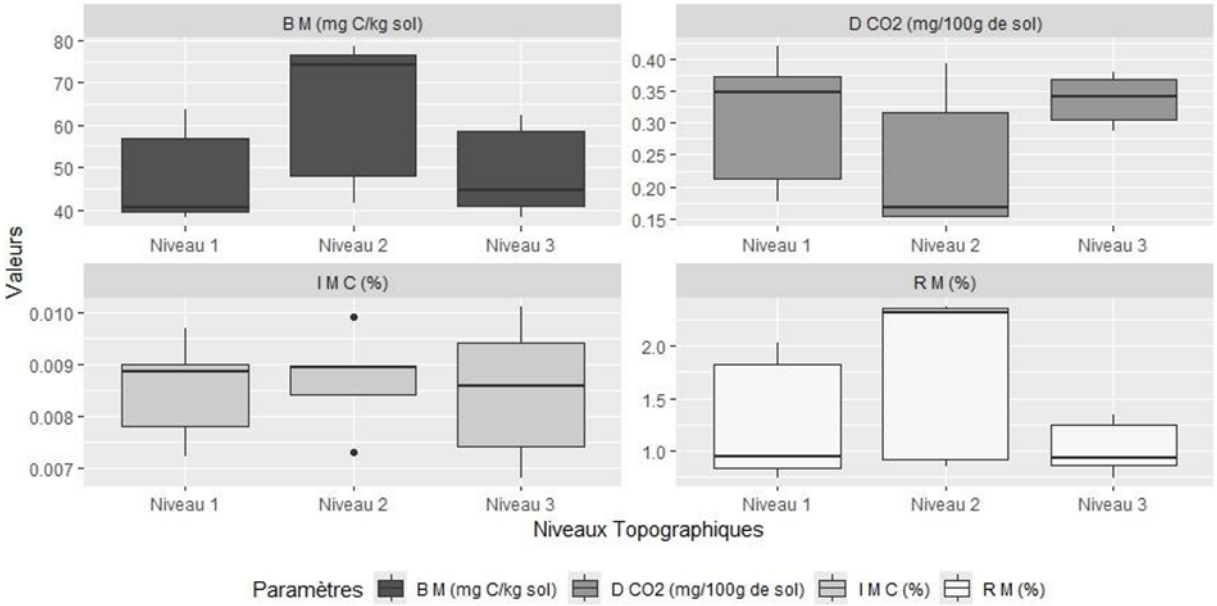


Fig. 4 : Variation de la biomasse microbienne (*BM*), de la respiration microbienne (*D.CO2*), de l'indice de minéralisation du carbone (*IMC*) et du rendement microbien (*RM*) en fonction du niveau topographique

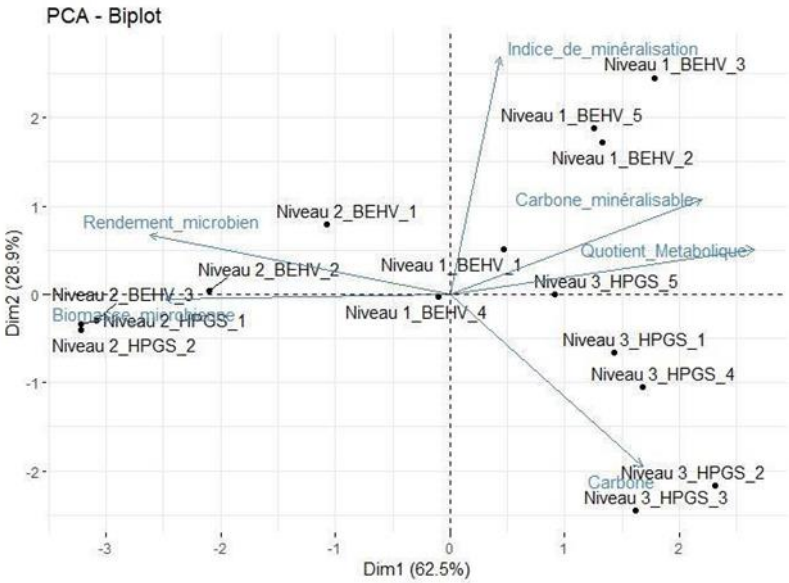
Relation entre type de sol, niveaux topographiques et paramètres microbiens déterminés

Les valeurs de l'ACP indiquent que la première composante principale (Dim 1) et la seconde (Dim 2) expriment, respectivement, 74,72% et 15,37% de l'inertie totale, soit un total de 90,9% de la variabilité totale des données (Fig 5). Le graphique de la distribution des variables indique que l'indice de minéralisation, le quotient métabolique, la biomasse et le rendement microbiens ont fortement contribué à la formation des deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) (Fig. 5). Il y a une corrélation positive significative entre le carbone minéralisable et le quotient métabolique (r = 0,82) d'une part et une corrélation négative modérée entre le carbone minéralisable et la biomasse microbienne (r= -0,56) d'autre part.

L'analysede la distribution des individus relève une différenciation des échantillons de sols selon le niveau topographique. Ainsi, les différences sont expliquées pour les HPGS au niveau 3 par un meilleur taux de C total alors que pour le BEHV au niveau 1 elles s'expliquent par une plus grande quantité de carbone minéralisable et un quotient métabolique plus élevé. Les BEHV au niveau 2 ont montré une plus grande quantité de biomasse et de rendement microbiens.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Fig. 5 : Analyses en Composantes Principales (ACP) entre types de sol, niveaux topographiques et paramètres microbiens déterminés



BEHV : *Sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes vertiques (Cambisols vertiques)*
HPGS : *Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley de surface (Gleysols hapliques)*

Discussion

La typologie des sols et le niveau topographique influent sur le carbone, la biomasse et l'activité microbiennes

Les sols hydromorphes ont présenté des valeurs plus élevées en carbone total et minéralisable, en quotient métabolique et en respiration microbienne par rapport aux sols bruns. Ces résultats traduisent une dégradation efficace de la matière organique dans les sols hydromorphes, reflétant une quantité importante de la fraction labile de la matière organique. D'autres travaux (Delannoy, 2019 ; Gnankambary *et al.*, 2008), ont montré que la fraction labile de la matière organique des sols constitue une source d'énergie immédiatement disponible pour les micro-organismes. En outre, les travaux de plusieurs auteurs (Li *et al.*, 2018a ; Liu *et al.*, 2019; Wang, 2019; Zhang *et al.*, 2018) confirment que la biomasse microbienne est influencée par la fraction labile du carbone totale des sols. Cette prédominance de la fraction labile du carbone dans les sols hydromorphes pourrait bien expliquer les valeurs élevées de CO_2 dégagés par la respiration microbienne et du quotient métabolique. Les résultats montrent que les sols hydromorphes ont une texture relativement plus fine que les sols bruns, justifiant ainsi leur capacité à conserver la fraction labile du carbone. Plusieurs travaux ont déjà évalué les effets de la texture du sol sur la rétention de la matière organique (Barthès *et al.*, 2008; Feller and Milleville, 1977; Tahirou *et al.*, 2022 ; Traoré *et al.*, 2022). Cette matière organique reste élevée dans les sols à texture argileuse et

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

faible dans les sols sableux. Cependant, la stabilité de la MOS dépend en particulier des teneurs et de la qualité des fractions minérales avec lesquelles elle forme des complexes organo-minéraux et où elle est protégée contre la dégradation (Dabre *et al.*, 2017). En outre, les multiples voies d'entrée du carbone dans les sols, ont été décrites comme des effets d'amorçage et dépendant principalement de la disponibilité initiale de l'azote (Li *et al.*, 2018b; Liu *et al.*, 2020). Ainsi, des études supplémentaires sur les activités enzymatiques et celles de la macrofaune du sol sont nécessaires au regard de leurs fonctions clés sur les processus de dégradation de la matière organique et de la structuration du sol (Guébré *et al.*, 2020).

En revanche, les valeurs élevées du quotient métabolique pourraient également traduire une mauvaise qualité du substrat et une faible efficience métabolique (Böhme *et al.*, 2005). En effet, un quotient métabolique plus élevé dans les sols hydromorphes, témoigne des conditions environnementales plus stressantes pour les microorganismes des sols (Anderson *et al.*, 1978). Ainsi, il ressort des résultats que les sols hydromorphes pourraient présenter des conditions environnementales défavorables bien qu'une efficience énergétique des microorganismes soit envisagée.

Concernant les sols bruns, ils ont montré des valeurs plus importantes en biomasse et en rendement microbiens comparativement aux sols hydromorphes. Dans un contexte de faible quantité de carbone labile, ce résultat traduirait un déficit des restitutions organiques ou des restitutions organiques inadaptées qui pourraient être contrôlées par des facteurs externes non maitrisés (anthropiques, topographiques, structuraux). A propos, certains auteurs (Jones et *al.*, 2015; Nezomba et *al.*, 2017) affirment que la faible teneur en matière organique due à l'exportation des résidus, le surpâturage et le brûlage de la biomasse ; et le labourage excessif et la culture de terres marginales sont les causes de cette dégradation. Ainsi, l'évolution presque similaire de l'indice de minéralisation du carbone entre les deux types de sols rend la deuxième hypothèse sur les restitutions organiques inadaptées plus plausible. En effet, l'indice de minéralisation du carbone variant de 0 à 1%, traduirait une matière organique du sol majoritairement stable en condition non perturbée. De plus, les sols bruns sont connus pour abriter des horizons (B) structuraux et B texturaux pauvres en matière organique reposant sur un horizon plus profond, tassé, compact, très dense, que les racines pénètrent difficilement (Duchaufour, 1972). Ces défauts structuraux expliquent bien les déficits en restitutions organiques, donc en respiration microbienne.

Par ailleurs, le niveau topographique 3 (plus bas niveau) a enregistré les valeurs élevées en carbone et en quotient métabolique. Cela pourrait être lié à sa position topographique située en aval, justifiant ainsi une accumulation des particules fines et de matière organique en son sein. Ces propos corroborent ceux de certains auteurs (Bounouara, 2018; Matech *et al.*, 2014),

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

selon lesquels les teneurs en matière organique et en éléments fins augmentent d'amont en aval. Cependant la biomasse microbienne, le rendement microbien et l'indice de minéralisation du carbone restent plus élevés pour le niveau topographique 2 (niveau intermédiaire). Cela pourrait s'expliquer par le fait que la fraction labile du carbone totale serait plus élevée dans le niveau intermédiaire dépendant ainsi du type de sol en présence. De plus, une influence des apports organiques latéraux (colluviaux) pourrait justifier ce résultat. En effet, ce type d'apport s'illustre par des apports de feuilles ou de débris de bois et de matières organiques transformés lors de leur transport. Ces dernières se caractérisent par un stade de maturation plus élevé que les composés dont ils sont issus (Albergel *et al.*, 2004). Selon le même auteur, le taux de matières organiques dans les sols de ce niveau topographique, est généralement supérieur à celui des sols d'origine.

Relation entre type de sol, niveaux topographiques et paramètres microbiens

Les résultats de l'Analyses en Composantes Principales montrent que le carbone minéralisable au niveau topographique 1, reste fortement lié aux sols bruns. Hormis l'influence remarquable des apports organiques colluviaux suggérée par Albergel et *al.* (2004), ce résultat montre bien l'effet conjugué du niveau topographique et de la typologie des sols sur la disponibilité des fractions fines du carbone. Les apports latéraux généralement plus persistants, pourraient interagir fortement avec l'ensemble de la matrice sédimentaire créant une protection contre les attaques microbiologiques. Ils peuvent donc se complexer avec les métaux, interagir avec les argiles pour former le complexe argilo-humique, justifiant la corrélation positive entre le carbone minéralisable et le quotient métabolique à ce niveau topographique. Toutefois, les changements de structure et de constituants survenant dans les sols pourraient être contrôlés par d'autres facteurs tels que l'espace poral, la dispersion et le lessivage (Schäffer et *al.*, 2008).

La corrélation négative entre le carbone minéralisable et la biomasse microbienne, ainsi que les valeurs élevées des biomasse et rendements microbiens enregistrées au niveau topographique 2 ; suggèrent des interactions spécifiques variant d'un type de sol à un autre (Guébré et *al.*, 2024; Lehmann et *al.*, 2003). En outre, le niveau topographique 2 situé en aval du niveau topographique 1 pourrait bénéficier d'une accumulation de dépôts organiques issus du niveau topographique 1. De même, ces constats expliquent bien les quantités de carbone total enregistrées au niveau topographique 3 qui aurait bénéficié des dépôts organiques successifs issus des niveaux supérieurs. Ainsi, nos résultats mettent en évidence le rôle clé de la topographie et du type de sol sur le devenir de la matière organique.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

Conclusion

Cette étude a révélé que les sols hydromorphes présentent une meilleure teneur en carbone organique mais dans des conditions environnementales peu favorables à l'accroissement des microorganismes. En revanche, les sols bruns sont favorables à la vie microbienne mais leur teneur en carbone labile reste sensible au niveau topographique et aux changements structuraux. De manière significative, il ressort que la nature des sols conjuguée au niveau topographique, influent significativement sur les propriétés microbiennes et la qualité de la matière organique des sols. La fraction labile du carbone organique plus concentrée dans les niveaux topographiques élevé et intermédiaire, traduit l'importance des apports latéraux dans la fourniture des formes biodégradables aux sols environnants. Ainsi, l'interaction entre la nature du sol et le niveau topographique peut être déterminante dans le cycle du carbone organique des sols en contexte de bas-fonds sud-soudaniens.

Contributions des auteurs

Bintou Céline Sanou était l'investigateur principal et a participé à toutes les étapes de l'étude et de la rédaction du manuscrit. Daouda Guébré a contribué à la rédaction du manuscrit final. Edmond Hien a assuré la direction scientifique de ce travail et la correction du manuscrit.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables et le personnel de la Fondation Dreyer à Dano ainsi que les producteurs du bas-fond de Lofing.

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

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

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

References:

1. Albergel, J., Nasri, S., Boufaroua, M., Droubi, A. & Merzouk, A.A.J.S.e.c.p.S. (2004). Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservation des eaux et de protection des infrastructures aval: exemples des petits barrages en Afrique du Nord et au Proche-Orient. Science et changements planétaires / Sécheresse, 15(1): 78-86.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

2. Anderson, J. P., & Domsch, K. H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil biology and biochemistry, 10(3), 215-221.
3. Barthès, B. G., Kouakoua, E., Larré-Larrouy, M. C., Razafimbelo, T. M., de Luca, E. F., Azontonde, A., & Feller, C. L. (2008). Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. Geoderma, 143(1-2), 14-25.
4. Bayala, J., Mando, A., Teklehaimanot, Z. and Ouedraogo, S.J., (2005). Nutrient release from decomposing leaf mulches of karité (Vitellaria paradoxa) and néré (Parkia biglobosa) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa. Soil Biology and Biochemistry, 37(3): 533-539.
5. Böhme, L., Langer, U., Böhme, F.J.A., (2005). Microbial biomass, enzyme activities and microbial community structure in two European long-term field experiments. Ecosystems and Environment, 109(1-2): 141-152.
6. Bounouara, Z. (2018). Origine et évolution de la matière organique dans les sols des zones subhumides (Doctoral dissertation, Université Batna 1) 140 p.
7. Chahal, I., Peng, Y., Hooker, D. C., & Van Eerd, L. L. (2024). Long-term tillage and crop rotation effects on soil carbon and nitrogen stocks in southwestern Ontario. Canadian Journal of Soil Science. Can. J. Soil Sci. 105: 1–10
8. Chaussod, R., Nicolardot, B. and Catroux, G.J.S.d.s., (1986). Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. (2): 201-211.
9. Dabre, A., Hien, E., Some, D., & Drevon, J. J. (2017). Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(1), 473-487.
10. Delannoy, M., (2019). Détermination de la fraction de matière organique la plus active dans le relargage d'azote au sein d'un sol de culture. Université de Liège: 117.
11. Doetterl, S., Stevens, A., Six, J., Merckx, R., Van Oost, K., Casanova Pinto, M., & Boeckx, P. (2015). Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate. Nature Geoscience, 8(10), 780-783.
12. Dommergues, Y. (1960). Notion of the coefficient of mineralization of soil carbon. Agron. trop., 1960, Vol. 15, 54-60

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

13. FAO, (1994). Directives pour la description des sols. (3ème édn), Service des sols-ressources, aménagement et conservation, Division de la mise en valeur des terres et des eaux. FAO, ISRIC, 75.
14. Feller, C. and Milleville, P., (1977). Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves (Sénégal Oriental). Cahier ORSTOM, Série Biologie, 12(3): 199-211.
15. Gao, J., & Wang, H. (2019). Temporal analysis on quantitative attribution of karst soil erosion: A case study of a peak-cluster depression basin in Southwest China. Catena, 172, 369-377.
16. Gnankambary, Z., Bayala, J., Malmer, A., Nyberg, G., & Hien, V. (2008). Decomposition and nutrient release from mixed plant litters of contrasting quality in an agroforestry parkland in the south-Sudanese zone of West Africa. Nutrient cycling in agroecosystems, 82, 1-13.
17. Guébré, D., Traoré, S., Hien, E., Somé, D., Bationo, B. A., & Wiesmeier, M. (2020). Soil macrofaunal activity, microbial catabolic limitations and nutrient cycling in cropping systems amended with woody residues and nitrogen inputs. Pedobiologia, 83, 150686.
18. Guébré, D., Traoré, S., Zongo, K. F., & Hien, E. (2024). Sorghum and cowpea intercropping response to woody residue amendments in Sahelian agro-ecosystems of Burkina Faso. Geoderma Regional, 37, e00781.
19. Ilboudo, A., Savadogo, M. O., Kabore, F., Some, D., Kabore, J. N., Hien, E., & Traore, S. (2023). Typologie et caractérisation morphopédologique des sols de bas-fonds soudano-sahéliens: cas du sous-bassin versant du Nakanbé-Dem au Centre-nord du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 17(3), 1269-1287.
20. IUSS Working Group WRB, (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 106, FAO, Rome.
21. Jenkinson, D. S., & Powlson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: A method for measuring soil biomass. Soil biology and Biochemistry, 8(3), 209-213.
22. Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., & Jones, R. (Eds.). (2015). Atlas des sols d'Afrique. Publications Office.
23. Khemiri, K., & Jebari, S. (2021). Évaluation de l'érosion hydrique dans des bassins versants de la zone semi-aride tunisienne avec les modèles RUSLE et MUSLE couplés à un Système d'information géographique. Cahiers Agricultures, 30, 7.
24. Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and soil, 249, 343-357.

25. Li, L.-J., Zhu-Barker, X., Ye, R., Doane, T.A. and Horwath, W.R., (2018a). Soil microbial biomass size and soil carbon influence the priming effect from carbon inputs depending on nitrogen availability. Soil Biology and Biochemistry, 119: 41-49.
26. Li, L., Xu, M., Eyakub Ali, M., Zhang, W., Duan, Y., & Li, D. (2018). Factors affecting soil microbial biomass and functional diversity with the application of organic amendments in three contrasting cropland soils during a field experiment. PloS one, 13(9), e0203812.
27. Liu, M., Qiao, N., Xu, X., Fang, H., Wang, H., & Kuzyakov, Y. (2020). C: N stoichiometry of stable and labile organic compounds determine priming patterns. Geoderma, 362, 114122.
28. Liu, X., F Zhou, G Hu, S Shao, H He, W Zhang, X Zhang, & L Li, (2019). Dynamic contribution of microbial residues to soil organic matter accumulation influenced by maize straw mulching. Geoderma, 333: 35-42.
29. Lompo, F., Segda, Z., Gnankambary, Z., & Ouandaogo, N. (2009). Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. Tropicultura, 27(2), 105-109.
30. Matech, F., Zaakour, F., Moustarhfer, K., Chemsi, Z., Benazzouz, I., & Saber, N. (2014). Concentrations en éléments traces métalliques dans les sols irrigues par les eaux usees versées dans l'oued merzeg (Casablanca--Maroc). European Scientific Journal, 10(29).
31. Nezomba, H., Mtambanengwe, F., Tittonell, P., & Mapfumo, P. (2017). Practical assessment of soil degradation on smallholder farmers' fields in Zimbabwe: Integrating local knowledge and scientific diagnostic indicators. Catena, 156, 216-227.
32. Novozamsky, I., Houba, V.J.G., Eck & Vark, (1983). A novel digestion technique for multi-element analysis, 14.
33. Pallo, F. J. P., Sawadogo, N., Sawadogo, L., Sedogo, M. P., & Assa, A. (2008). Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2008 12(3), 291-301
34. Sanou, B. C., & Hien, E. (2022). Constraints of rice production in the sudano-Sahelian zone: the case of the Lofing lowland, South-West Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol. 16, No. 6, 2573-2584
35. Schäffer, B., Schulin, R., & Boivin, P. (2008). Changes in shrinkage of restored soil caused by compaction beneath heavy agricultural machinery. European Journal of Soil Science, 59(4), 771-783.

 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

36. Tahirou, S., Zerbo, P., Ouattara, S., & Ado, M. N. (2022). Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de Saga (Niamey) dans la vallée du fleuve Niger. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 16(2), 842-854.
37. Traoré, S., Guébré, D., Hien, E., Traoré, M., Lee, N., Lorenz, N., & Dick, R. P. (2022). Nutrient cycling and microbial responses to termite and earthworm activity in soils amended with woody residues in the Sudano-Sahel. European Journal of Soil Biology, 109, 103381.
38. Traoré, S., Ouattara, K., Ilstedt, U., Schmidt, M., Thiombiano, A., Malmer, A., & Nyberg, G. (2015). Effect of land degradation on carbon and nitrogen pools in two soil types of a semi-arid landscape in West Africa. Geoderma, 241, 330-338.
39. Van Reeuwijk, L.P., (2002). Procedures for Soil Analysis. 9, ISRIC-Word Soil Information, Wageningen, Netherlands.
40. Wang, J., (2019). Soil carbon fractions in response to straw mulching in the Loess Plateau of China. Biology and fertility of soils, 54(4): 423-436.
41. Zhang, T.a., Luo, Y., Chen, H.Y.H. and Ruan, H., (2018). Responses of litter decomposition and nutrient release to N addition: A meta-analysis of terrestrial ecosystems. Applied Soil Ecology, 128: 35-42.
42. Zongo, K. F., K Dabiré, SA Kaboré, M Tondé, D Guébré, A Sanon, & E Hien. (2024). Effects of organic compost and trichoderma harzianum spores on soil fertility and agronomic performance of Soybean (Glycine Max (L.) Merr.). International Journal of Environment and Climate Change 14 (9):705-17.
43. Sanou, B. C., & Hien, E. (2022). Constraints of rice production in the sudano-Sahelian zone: the case of the Lofing lowland, South-West Burkina Faso.