

Optimisation des propriétés chimiques d'un sol hydromorphe dans la région du centre au Burkina Faso

Jacques SAWADOGO^{1,3*}, Rufin Florent Wend-Panga KABORE², Abraham OUIYA³,
Claude Arsène SAVADOGO⁴, Moussa BOUGOUMA³ et Jean Boukari LEGMA⁵

¹ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Département de Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Productions, Laboratoire des Ressources Naturelles et Innovations Agricoles (LARENIA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

² Université Thomas SANKARA, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie (UFR/ST), 12 BP 417 Ouagadougou 12, Saaba, Burkina Faso

³ Université Norbert ZONGO, Unité de formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Énergétique (L@CAPSE Avenue Maurice Yaméogo, Koudougou BP 376, Burkina Faso

⁴ Bioprotect-Burkina, Département Recherche et Développement, 15 BP 15 Fada N'Gourma, Burkina Faso

⁵ Université Saint Thomas d'Aquin (USTA), Faculté des Sciences et Technologies, Département de Chimie, 06 BP 10212 Ouagadougou 06, Burkina Faso

(Reçu le 17 Août 2024 ; Accepté le 24 Octobre 2024)

* Correspondance, courriel : jacques.sawadogo@inera.bf

Résumé

La présente étude a été menée dans la région du centre du Burkina Faso sur un site d'expérimentation biologique et a pour objectif d'examiner la contribution d'un compost enrichi à l'amélioration de quelques propriétés chimiques des sols hydromorphes sous culture de maïs (*Zea mays*). Un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé et constitué de six avec à trois répétitions. Les traitements comparés étaient : témoin absolu, T₁ : 15000 kg.ha⁻¹ compost enrichi (CETH, T₂ : 200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-25-14) + 100 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %), T₃ : 3750 kg.ha⁻¹ de CETH + 150 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) + 75 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %) ; T₄ : 7500 kg.ha⁻¹ de CETH + 100 kg.ha⁻¹ de NPK (14-13-14) + 50 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %), T₅ : 11250 kg.ha⁻¹ de CETH + 50 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) + 25 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %). Les résultats ont montré que c'est la combinaison du CETH et de la Fmv (NPK + Urée) qui a eu une influence positive la disponibilité de phosphore assimilable et en bases échangeables dans le sol par rapport au témoin absolu. En effet, les niveaux de phosphore stockés étaient plus élevés avec les traitements à 100 % de CETH et avec la combinaison (75 % de CETH + 25 % Fmv). L'utilisation du CETH seul a aussi provoqué une augmentation importante des bases échangeables, de la capacité d'échange cationique (CEC) et de la saturation du sol. Pour une gestion efficace de la fertilité des sols hydromorphes, il est essentiel d'intégrer de manière judicieuse l'utilisation du compost enrichi à *Trichoderma harzianum* dans les pratiques de fertilisation.

Mots-clés : sols hydromorphes, compost, *Trichoderma harzianum*, propriétés chimiques, Burkina Faso.

Abstract

Optimization of the chemical properties of hydromorphic soil using compost enriched with *Trichoderma harzianum*

The present study was conducted in the central region of Burkina Faso at a biological experimentation site, aims to examine the contribution of enriched compost to improve some chemical properties of hydromorphic soils under *Zea mays* cultivation. Used of a completely randomized Fisher block design with six treatments in three replications. The applied treatments were : control, T₁ : 15000 kg.ha⁻¹ enriched compost (CETH), T₂ : 200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-25-14) + 100 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %), T₃ : 3750 kg.ha⁻¹ CETH + 150 kg.ha⁻¹ NPK (14-23-14) + 75 kg.ha⁻¹ Urée (46 %) ; T₄ : 7500 kg.ha⁻¹ CETH + 100 kg.ha⁻¹ NPK (14-13-14) + 50 kg.ha⁻¹ Urée (46 %), T₅ : 11250 kg.ha⁻¹ CETH + 50 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) + 25 kg.ha⁻¹ Urée (46 %). The results showed that it was the combination of CETH and Fmv (NPK + Urea) that had a positive influence on the availability of assimilable phosphorus and exchangeable bases in the soil. Indeed, the levels of stored phosphorus were higher with treatments at 100 % CETH and with the combination (75 % CETH + 25 % Fmv). The use of CETH alone also resulted in a significant increase in exchangeable bases, cation exchange capacity (CEC) and soil saturation. To effectively manage the fertility of hydromorphic soils, it is essential to judiciously integrate the use of *Trichoderma harzianum*-enriched compost into fertilization practices.

Keywords : *hydromorphic soils, Compost, Trichoderma harzianum, chemical properties, Burkina Faso.*

1. Introduction

Le Burkina Faso à l'instar des autres pays de l'Afrique subsaharienne n'échappe pas à la perte progressive de la fertilité des terres. En effet, l'épuisement significatif des éléments nutritifs du sol en Afrique subsaharienne a entraîné de faibles rendements du maïs [1]. Selon Institut national de la statistique et de la démographie, l'agriculture joue un rôle majeur dans le développement économique du pays [2]. Néanmoins, à l'instar des autres nations d'Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso est confronté à une diminution progressive de la fertilité des sols. En effet, la plupart des sols au Burkina Faso [3, 4], présente un faible taux de matière organique, une insuffisance d'azote (N), de phosphore (P) essentiel, de potassium (K), de bases échangeables, une acidification par la mise en culture et une grande vulnérabilité à la sécheresse [5]. En effet, la dégradation continue des sols est causée par la mauvaise gestion des terres agricoles et le déséquilibre entre le coût des intrants et celui des cultures vivrières [6]. En effet, l'utilisation d'engrais chimique entraîne d'énormes conséquences néfastes sur l'environnement et les utilisateurs [7, 8]. De plus, ces produits ont un coût élevé, ce qui augmente les charges des exploitations agricoles. Face à cette situation, plusieurs alternatives de production et/ou de combinaisons de certaines pratiques agricoles sont développées et promues [9, 10] pour une production durable. L'utilisation du compost au *Trichoderma harzianum* pourrait être une alternative durable et écologiquement viable [11]. Aussi, ce fertilisant est amélioré à travers l'inoculation d'organismes biologiques tels que les champignons pour accélérer ou achever le processus de compostage afin de disponibilité facilement les éléments nutritifs à la plante. En effet, les champignons du genre *Trichoderma* sont connus pour leur effet antagoniste contre les agents phytopathogènes ainsi que leur capacité à stimuler la croissance végétative et racinaire ; à produire des antibiotiques et à inciter les mécanismes de défense des plantes lorsqu'ils sont utilisés comme biofertilisants et agents de lutte biologique [12, 13]. Ainsi, dans un élan d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du compost enrichi plusieurs techniques spécifiques de fertilisation doivent être mises en œuvre. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude dont l'objectif était d'évaluer l'influence d'un compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur les propriétés chimiques du sol pour de mieux définir des stratégies de fertilisations biologiques au Burkina Faso.

2. Méthodologie

2-1. Description du site d'étude

L'étude a été conduite sur un sol hydromorphe peu humifère à pseudogley de surface [14], dénommé Gleysol endocalcique-eutrique selon la taxonomie de la base de référence mondiale pour les ressources en sols (IUSS Working Group WRB, 2014) dans la commune rurale de Koubri au centre du Burkina Faso. Cette zone d'étude est située à 309 mètres ; d'altitude 12° 11' 39.96" de latitude Nord et 1° 24' 56.568" de longitude Ouest de l'équateur. Cette zone est située dans une zone agro-climatique avec des précipitations annuelles comprises entre 700 et 900 mm. Les sols hydromorphes sont dominants dans cette zone et sont en dégradation continue. L'érosion hydrique et éolienne entraîne éloigner les éléments fertilisants du sol, laissant les autres sols impropres à la croissance des cultures. Des techniques mécaniques telles que des méthodes de bandes de pierre sont utilisées pour réduire ce phénomène dégradation.

2-2. Caractérisations chimiques des fertilisants

Les fertilisants utilisés sont constitués de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH), de l'engrais NPK (14-23-14 + 6S) et de l'urée (46 %). Selon l'analyse effectuée par le Bureau National des sols (BUASOLS), les caractéristiques chimiques du compost (ETH) utilisé étaient les suivantes : pH-eau (7,9), carbone (16,20 %), Azote total (1,08 %), rapport Carbone – Azote (15), Phosphore total (10,44 g.kg⁻¹), Potassium total (11,42 g.kg⁻¹) [15].

2-3. Dispositif expérimental

L'essai expérimental a été installé dans l'optique d'étudier les effets d'un compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH) sur la production d'une céréale et sur les propriétés chimiques d'un sol hydromorphe. Le dispositif utilisé dans l'expérimentation était un bloc de Fisher complètement randomisé avec six (06) traitements et trois (03) répétitions. Les traitements ont été constitués de manière à comparer des doses variées du compost enrichi. Cinq (05) traitements ont été comparés, à savoir : T0 : témoin absolu (sans fertilisant), T1 : 15 t. ha⁻¹ de compost enrichi (CETH), T2 : 200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-25-14) + 100 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %), T3 : 3750 kg.ha⁻¹ de CETH + 150 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) + 75 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %) ; T4 : 7,5 t.ha⁻¹ de CETH + 100 kg. ha⁻¹ de NPK (14-13-14) + 50 kg. ha⁻¹ d'urée (46%), T5 : 11,250 t.ha⁻¹ de CETH + 50 kg. ha⁻¹ de NPK (14-23-14) + 25 kg. ha⁻¹ d'urée (46%).

2-4. Production du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH)

La fabrication du CETH a été effectuée selon la méthode décrite par Sawadogo (2020) [16]. Ce compost est issu de la préparation du compost simple qui est par la suite enrichi par un champignon (*Trichoderma harzianum*). Le compostage nécessite des matières organiques végétales ou animales telles que le fumier, le lisier, le purin, la fiente de volailles, des matières organiques issues des filières d'abattage et les sous-produits de la pêche, les résidus végétaux et agricoles, des résidus de battage, des copeaux et sciures de bois, des déchets agro-industriels et de certains déchets urbains. Des activateurs tels que des déjections animales, des cendres, de l'urée, du Burkina phosphate (BP), du compost plus sont utilisés pour accélérer la décomposition de la matière organique et enrichir le compost. Le *Trichoderma harzianum* liquéfié est apporté lors du retournement du compost pour l'enrichir et accélérer sa maturation. Aussi, il réduit le processus de compostage de 3-6 mois à 1-2 mois et permet également de réduire considérablement la présence de métaux lourds dans le produit final.

2-5. Prélèvement, préparation des échantillons et analyses des sols

Des échantillons composites de sol ont été collectés à une profondeur de 0 à 20 cm sur le site expérimental et envoyés au laboratoire des ressources naturelles et innovations agricoles (LARENIA) du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) du Burkina Faso, pour évaluer les propriétés chimiques, en suivant les méthodes élaborées par Sawadogo [16]. Après avoir été séchés à 40 degrés Celsius pendant quatre jours dans une étuve de la marque SHIMADZU et du type STAC S-50 M, les échantillons de sols prélevés ont été broyés avec un appareil mécanique TM-25S, tamisés à 2 mm pour les analyses selon la méthode décrite par Sawadogo [5]. La détermination du carbone organique a été faite suivant la méthode développée par Walkey-Black [18]. Tandis que celle de la matière organique a été calculée par la formule développée par Sawadogo [16]. Puis, après avoir procédé à la minéralisation des échantillons par la méthode Kjeldahl, la teneur de l'azote et le phosphore totaux ont été mesurés directement à l'auto-analyseur et la teneur du potassium total au spectrophotomètre à flamme [19]. L'extraction du phosphore assimilable a été faite selon la méthode Bray I [20, 21]. Il s'agit d'extraire la quantité de phosphore associée au calcium ainsi qu'à l'aluminium et au fer en utilisant une solution mixte de fluorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique. Le potassium disponible a été extrait en utilisant une solution d'acide chlorhydrique et d'acide oxalique selon la méthode décrite par Walinga et Taylor dont la méthode repose sur la comparaison des radiations émises par les atomes de potassium avec celles des solutions standards [22 - 24]. La détermination du rapport carbone-azote (C/N) a été effectuée à partir des résultats d'analyse du carbone organique et de l'azote total. Le pH en eau et le pH en KCl ont été mesurés respectivement dans une solution d'eau distillée et de KCl à l'aide d'un pH-mètre électronique HANNA à électrode de verre [25, 26]. La Capacité d'Échange Cationique (CEC) et les bases échangeables (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ et Na^+) ont été déterminées par centrifugation avec l'argent thio-urée (0,01M). En effet, la CEC et les bases échangeables à savoir Mg^{2+} et Ca^{2+} ont été dosées au spectrophotomètre d'absorption atomique [27]. Le K^+ et le Na^+ ont été dosés au spectrophotomètre à flamme [28]. Les caractéristiques initiales du sol du site d'étude sont résumées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du sol de départ (horizon 0 - 20 cm)

Sable	Limon	Argile	C_org	N total	Ptotal	Passi	Kdisp	pH	CEC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
%	%	%	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	Eau		Meq.100g ⁻¹			
16,67	31,88	51,45	0,36	0,04	118	9,18	92,74	6,3	5,577	3,114	0,65	0,237	0,034

C_org : carbone organique ; *N* : azote ; *Ptotal* : phosphore total ; *Passi* : Phosphore assimilable ; *CEC* : capacité d'échange cationique

2-6. Analyse statistique de données collectées

L'approche statistique utilisée est une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur à l'aide du logiciel GenStat Release 12.1, version 2009 pour évaluer l'effet des traitements et leurs interactions sur les propriétés chimiques du sol concerné. La comparaison des teneurs par rapport aux teneurs du témoin a été rendue possible grâce au test de comparaison des teneurs par la méthode de Newman-Keuls au seuil de 5 % [1]. Le logiciel R version 4.4.1 couplé à RStudio version 2024.04.02.764 a été utilisé pour la réaliser des graphes.

3. Résultats

3-1. Effet du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur les propriétés chimiques du sol

Les résultats des analyses effectuées sur les propriétés chimiques des échantillons composites de sol prélevés sont consignés dans les **Tableaux** et **Figures**.

3-1-1. Corrélation entre l'acidité du sol et le phosphore

L'analyse des interactions entre l'acidité (pH) et les phosphores (assimilable et total) du sol a été réalisée en utilisant des courbes de régression linéaire (**Figure 1**). L'analyse de cette figure révèle que les valeurs du pH en eau des sols obtenus sont pratiquement acides et aucune différence significative n'a été observée concernant les niveaux de phosphore assimilable dans les sols pour tous les traitements. En effet, la teneur en phosphore assimilable a augmenté significativement de 104 % dans le sol issu du traitement T4 (7,5 t.ha⁻¹ de CETH + 100 kg.ha⁻¹ de NPK (14-13-14) + 50 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %)) comparativement à celle issue du traitement T2 (200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-25-14) + 100 kg.ha⁻¹ d'urée (46 %)). Aussi, les résultats (**Figure 1**) montrent que le pH a été très positivement corrélé avec les deux (02) types de phosphore (assimilable et total). Plus le phosphore augmente, plus l'acidité du sol augmente. Mais, l'acidité (pH) explique d'une part 17 % de la variabilité du phosphore assimilable (P_{Bray1}) et 35 % du phosphore total d'autre part.

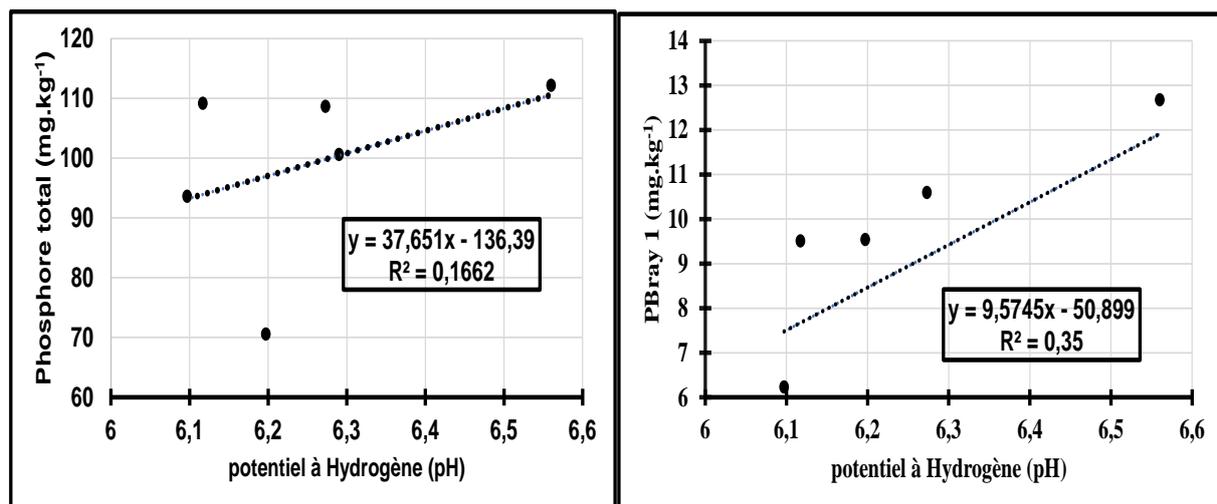


Figure 1 : Courbes de corrélation entre le potentiel à hydrogène (pH) et le phosphore (P)

3-1-2. Teneur moyenne en azote (N), potassium (K) et en matière organique (C_{organique})

La **Figure 2** présente les résultats de l'influence du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur les propriétés chimiques. Les résultats obtenus de l'influence indiquent qu'il n'y a pas de différence significative selon l'analyse de variance et le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % (**Figure 2**). Néanmoins, la teneur moyenne en azote (N) total a varié entre 0,039 et 0,059 g.kg⁻¹ avec une norme comprise entre 0,1 et 0,15 % et la teneur élevée a été observée avec le traitement combinant le compost enrichi à la fumure minérale (T5). De même, la teneur moyenne en carbone organique a varié de 0,41 à 0,63 % et est très faible par rapport à la norme qui est située entre 2 à 3 %. La valeur de la teneur moyenne de carbone la plus élevée a été observée aussi avec le traitement combinant 75 % de CETH + 25 % Fmv (T5). En effet, tous les traitements ont été très pauvres en matière organique. Aussi, le traitement T4 (50 % T1 + 50 % T2) a entamé une augmentation de la teneur en potassium (K) disponible des sols par rapport au traitement témoin sans

fertilisant qui est de 31 %. Les résultats (**Figure 2**) ont montré que tous les traitements incluant le compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ont amélioré légèrement les teneurs des sols en potassium (total et disponible), en carbone organique, en azote, en pH de même que le rapport de C/N par rapport au témoin.

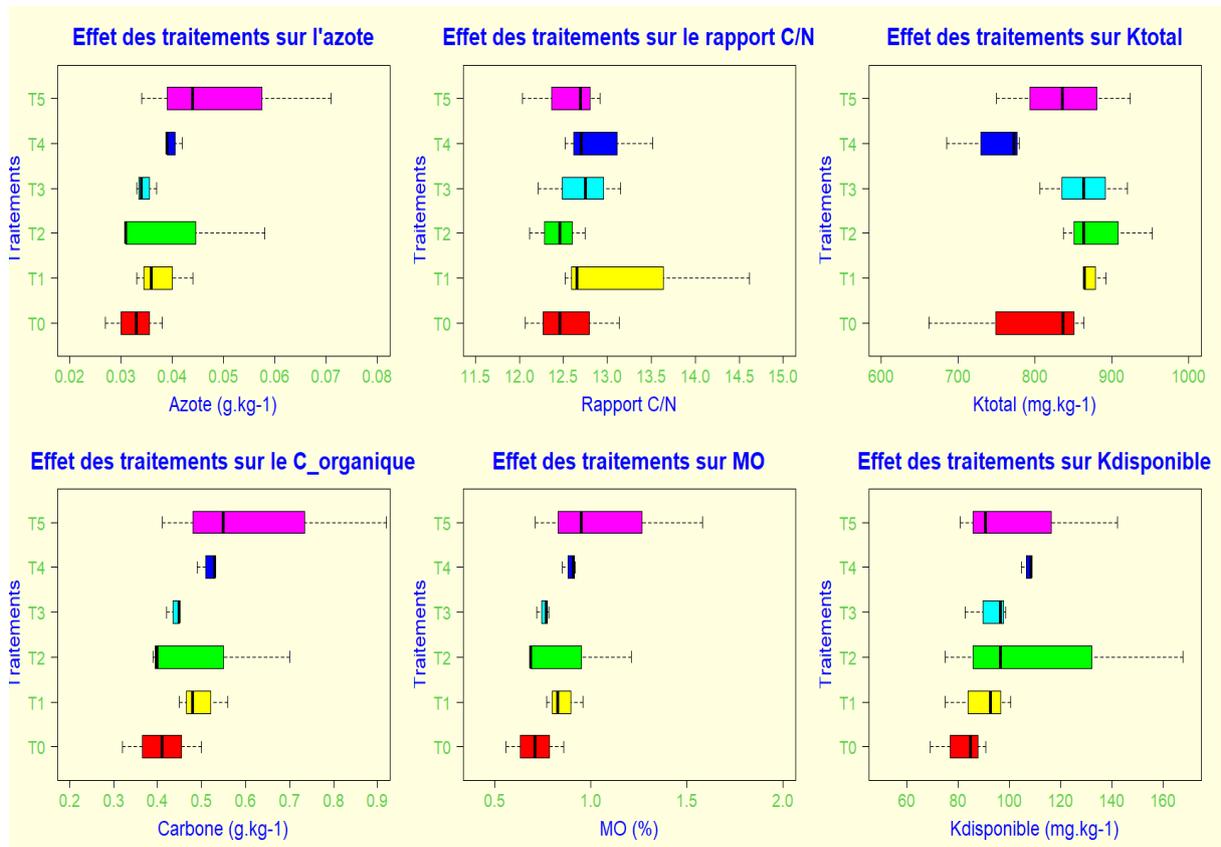


Figure 2 : Variations chimiques des sols (N, C/N, K_tot, C, MO et K_disp) en fonction des traitements

Légende : T1 : sol sans fertilisant ; T1 : compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : NPK (14-23-14) + Urée (46 %) ; T3 : 25 % T1 + 75 % T2 ; T4 : 50 % T1 + 50 % T2 ; T5 : 75 % T1 + 25 % T2

3-1-3. Variation de la capacité d'échange cationique (CEC) et des bases échangeables du sol selon les traitements

Les résultats de l'effet des traitements sur la capacité d'échange cationique et des bases échangeables sont consignés dans le **Tableau 2** ci-dessous. Ces résultats obtenus à partir de la variation de la CEC montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements selon l'analyse de variance au seuil de 5 %. Tandis que l'analyse statistique des bases échangeables a révélé une différence significative entre les traitements au niveau du magnésium (Mg^{2+}) et du potassium (K^+) au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls. Aussi, les résultats présentés dans le **Tableau 2** ont révélé une variation des valeurs moyennes du taux de saturation du sol en fonction des traitements appliqués. Ces résultats ont indiqué que les parcelles fertilisées selon la formulation 50 % CETH + 50 % Fmv (T4) ont montré des teneurs plus élevées en magnésium Mg^{2+} ($0,72 \pm 0,02$ meq.100g⁻¹), en sodium Na^+ ($0,07 \pm 0,0001$ meq.100g⁻¹), en potassium K^+ ($0,27 \pm 0,09$ meq.100g⁻¹) sauf le calcium Ca^{2+} ($1,98 \pm 0,18$ meq.100g⁻¹). En plus, ce traitement (T4) a un taux de saturation plus élevé ($57,62 \pm 1,44$ %) par rapport aux autres traitements contre $43,65 \pm 1,46$ pour le traitement témoin soit une amélioration de 32 %.

Tableau 2 : Variation des bases échangeables et de la CEC (meq.100g⁻¹) en fonction des traitements

Traitements	CEC meq.100g ⁻¹	Ca ²⁺ meq.100g ⁻¹	Mg ²⁺ meq.100g ⁻¹	Na ⁺ meq.100g ⁻¹	K ⁺ meq.100g ⁻¹	SBE meq.100g ⁻¹	TS %
T0	5,77 ± 0,17	1,91 ± 0,12	0,34 ^b ± 0,09	0,06 ± 0,01	0,21 ^b ± 0,02	2,52 ± 0,142	43,65 ^b ± 1,46
T1	6,22 ± 0,07	2,25 ± 0,09	0,43 ^b ± 0,03	0,05 ± 0,005	0,23 ^b ± 0,02	2,96 ± 0,136	47,60 ^{ab} ± 2,07
T2	5,69 ± 0,05	2,38 ± 0,13	0,23 ^b ± 0,05	0,06 ± 0,003	0,24 ^b ± 0,03	2,91 ± 0,20	51,21 ^{ab} ± 3,59
T3	5,90 ± 0,24	1,95 ± 0,07	0,22 ^b ± 0,01	0,06 ± 0,003	0,24 ^b ± 0,01	2,47 ± 0,061	41,84 ^b ± 0,79
T4	5,67 ± 0,38	1,98 ± 0,18	0,72 ^a ± 0,02	0,07 ± 0,008	0,49 ^a ± 0,04	3,26 ± 0,197	57,62 ^a ± 1,44
T5	5,82 ± 0,29	2,21 ± 0,46	0,26 ^b ± 0,17	0,07 ± 0,00	0,27 ^b ± 0,09	2,81 ± 0,365	48,25 ^{ab} ± 5,68
Cv (%)	6,8	17,9	40,2	19,2	18,7	12,6	10,8
p-value	0,583	0,584	0,011	0,689	<0,001	0,14	0,03
Signification	ns	ns	*	ns	***	ns	*

Légende : CEC = capacité d'échange cationique ; ns : non significatif ; Cv : coefficient de corrélation ; T1 : sol sans fertilisant ; T1 : compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : NPK (14-23-14) + Urée (46 %) ; T3 : 25 % T1 + 75 % T2 ; T4 : 50 % T1 + 50 % T2 ; T5 : 75 % T1 + 25 % T2 ; *** : très hautement significatif. * : significatif ; les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, Ca = calcium, Mg = Magnésium, K = potassium, Na = sodium, SBE = somme des bases échangeables, CEC = Capacité d'échange cationique, TS = taux de saturation.

4. Discussion

Les résultats d'analyse de l'influence du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur les propriétés chimiques des sols sous culture du maïs ont montré que tous les traitements combinant ce compost enrichi ou ce compost seul (CETH) ont contribué de façon générale à l'amélioration des teneurs en carbone organique, en azote total et phosphore assimilable. Cette amélioration des paramètres chimiques pourrait s'expliquer par le fait que dans la plupart des essais, l'application de compost en agriculture ou en horticulture conduit à une augmentation de la teneur en carbone organique, en azote total et en phosphore assimilable. De nombreux auteurs ont observé que les composts enrichis au *Trichoderma harzianum* apportent une grande quantité d'éléments nutritifs aux plantes. Ils soulignent également que la matière organique du sol constitue une importante source et un réservoir de nutriments renfermant presque la totalité de l'azote et entre 20 à 80% de phosphore [27]. Quel que soit le traitement appliqué, les sols présentent une légère acidité qui pourrait être attribuée à sa composition chimique. En effet, les études menées par divers auteurs ont révélé que ces résultats reflètent la majorité des sols présents dans la région nord-soudanienne [28, 30]. Ces résultats sont en concordance aussi avec les travaux de Coulibaly [24] et de Sawadogo [31], qui ont signalé le caractère acide ou légèrement acide des sols ferrugineux tropicaux et ferrallitiques du Burkina Faso. Peu importe le traitement utilisé, les teneurs en carbone organique et en azote total sont faibles, mais elles sont légèrement supérieures à celles du traitement témoin (T0). Il est possible d'attribuer ces résultats à une forte intensité respiratoire des sols et à une activité intense de la biomasse microbienne des sols. De plus, ceci pourrait s'expliquer par une faible accumulation de la biomasse foliaire dans nos micros parcelles. Nos résultats sont aussi en accord avec ceux abordés par Bazongo [28] qui soutiennent que la mise en culture des terres avec ou sans fertilisation entraîne une diminution rapide du stock de carbone organique et conduit à une carence en azote. Selon les normes de Bureau national des sols [32], les taux de matière organique et d'azote demeurent faibles. La diminution de l'accumulation de matière organique pourrait expliquer les rapports C/N faibles. En outre, le travail du sol peut causer une diminution de l'azote en raison de la minéralisation et de l'érosion hydrique. Aussi, le rapport C/N permet de surveiller l'évolution de la matière organique, d'évaluer

la teneur en azote de l'humus et de rendre compte de la minéralisation [1]. Le taux de phosphore assimilable a été plus élevé pour le traitement T4 (50% T1 + 50% T2). Il est possible que ces résultats soient dus à la forte concentration de phosphore dans le sol suite à l'apport de compost et à la Fumure minérale vulgarisée (Fmv), qui a stimulé sa minéralisation rapide. Cet ajout aurait augmenté la quantité totale de phosphore dans le sol, ce qui aurait eu un impact sur le phosphore assimilable de ces traitements. Ces résultats en montrant une amélioration du phosphore assimilable du sol dans la rhizosphère grâce à la fixation d'azote ont été soutenus par certains auteurs [27]. Ces résultats pourraient expliquer la mise en évidence des bilans culturaux positifs en phosphore d'autant plus importants que le sol était fertilisé [8, 19]. Ces auteurs ont aussi montré que la colonisation du sol par les mycorhizes dans l'amélioration de la disponibilité du phosphore. En effet, la plus forte teneur en K disponible provenant du traitement T4 (50%T1 + 50% T2) serait liée à une augmentation de la quantité du compost avec l'apport de 100 Kg NPK + 75 kg d'urée dans le sol. Ce résultat pourrait résulter d'un supplément d'éléments nutritifs apporté par le compost, en particulier le potassium, suite à sa minéralisation. De plus, cela pourrait être lié au rôle des amendements organiques dans l'amélioration des propriétés physicochimiques du sol, en augmentant sa capacité d'échange [33]. Par ailleurs, le calcium apporté par le compost à travers le rôle important de ce cation métallique dans l'amélioration de la capacité de rétention du sol pourrait expliquer les fortes teneurs en K disponible obtenues avec le T4. Une observation similaire a été faite avec l'association de la fumure minérale au fumier [34].

5. Conclusion

Les résultats de l'étude ont montré que l'application du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH) combinant la fumure minérale vulgarisée (Fmv) a contribué à augmenter significativement les teneurs de phosphore. Les traitements 50% CETH + 50% Fmv ($12,68 \pm 0,4 \%$) et 75% CETH + 25% Fmv ($10,60 \pm 1,9$) ont indiqué des valeurs hautement significatives les plus élevées de P_{Brayl} . Les teneurs en bases échangeables ont été significativement améliorées par compost enrichi combiné (50% CETH + 50% Fmv). En somme, c'est la combinaison du CETH avec la Fumure minérale vulgarisée (Fmv) qui entraîne une augmentation substantielle du phosphore assimilable, mais aussi des bases échangeables. L'augmentation des réserves de P_{Brayl} ainsi que celle des bases échangeables ont été particulièrement remarquables en raison de sa capacité à stimuler les microorganismes du sol qui peuvent solubiliser les phosphates par le biais de son système racinaire. Ces conclusions suggèrent qu'il est judicieux de réévaluer la pertinence de la fabrication du compost enrichi en vue de son utilisation dans l'agriculture, étant donné qu'il doit être combiné à Fmv avant d'être appliqué comme fertilisant pour les sols. Enfin, compte tenu du coût élevé des engrais chimiques, l'application du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* doit être encouragée davantage dans les systèmes de production à faibles revenus afin d'augmenter les rendements et d'améliorer la fertilité des sols. Le *Trichoderma harzianum* serait un amendement efficace pour les sols afin améliorer leur capacité de stockage en ions.

Remerciements

Les auteurs remercient la structure BIOPROTECT-B, pour la mise à la disposition du compost enrichi au Trichoderma harzianum et traduisent également leur gratitude à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso pour l'analyse des échantillons de sol et son soutien multiforme lors de la réalisation de cette étude.

Références

- [1] - FAO. Soils, where food begins. Outcome document of the Global Symposium on soils for nutrition 26-29 July 2022. Rome, Italy, <https://doi.org/10.4060/cc4774en>. : FAO, (2023) 44 p.
- [2] - Institut National de la Statistique et de la Démographie (Insd). Ministère de l'Économie, des Finances et de la prospective, Tableau de bord de l'Économie 2023 première édition du premier trimestre de 2023, (2023) 25 p.
- [3] - M. B. POUYA, M. BONZI, Z. GNANKAMBARY, K. TRAORÉ, J. S. OUÉDRAOGO, A. N. SOMÉ and M. P. SÉDOGO, *Cahiers Agricultures*, 22 (4) (2013) 282 - 292 p.
- [4] - B. V. BADO, « Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et Soudanienne du Burkina Faso » thèse de Doctorat Unique, Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, (2002) 184 p.
- [5] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY and J. B. LEGMA, *Afrique SCIENCE*, 21 (2) (2022) 1 - 12 p.
- [6] - E. CALLEJA, F. SÁNCHEZ, D. BASAK, M. SANCHEZ-GARCIA, E. MUNOZ, I. IZPURA, F. CALLE, J. TIJERO and J. SANCHEZ-ROJAS, *Physical Review B*, 55 (7) (1997) 4689 - 4694 p.
- [7] - J. SAWADOGO, P. COULIBALY, B. TRAORE, M. S. D. BASSOLE, A. KABORE and J. B. LEGMA, *Afrique SCIENCE*, 19 (4) (2021) 189 - 202 p.
- [8] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, B. TRAORE, M. S. D. BASSOLE, C. A. SAVADOGO and J. B. LEGMA, *Journal of Applied Biosciences*, 168 (1) (2021) 17375 - 17390 p.
- [9] - A. C. E. HOUENOU, Etude de l'efficacité des bokashis, du compost et de la solution de biopesticide promus par le centre Songhaï pour améliorer la production de la laitue et de l'amarante au Sud du Bénin Université de Liège Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles, (2019). 103 p.
- [10] - M. R. AMIN, M. M. H. KHOKON, N. AKTER, M. N. AL IMRAN, M. J. UDDIN and MD. AHSANUR REZA, *Journal of Bioscience and Biotechnology*, 4 (3) (2019) 135 - 141 p.
- [11] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, M. BEOGO, C. A. SAVADOGO and J. B. LEGMA, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 35 (2) (2022) 249 - 259 p.
- [12] - A. P. GOMGNIMBOU, C. KALIFA, S. WILFRIED, S. ABDAMANE, B. HASSAN and M. P. SEDOGO, *Afrique science*, 13 (5) (2017) 61 - 69 p.
- [13] - N. KOULL and M. HALILAT, *Etude et Gestion des Sols*, 23 (1) (2016) 9 - 19 p.
- [14] - R. KISSOU, L. THIOMBIANO, A. NÉBIÉ, A. SEMDE and K. YAGO, Rapport sur les Ressources en Sols du Monde (FAO), 1 (98) (2002) 1 - 30 p.
- [15] - A. BAGAYOGO, J. SAWADOGO, M. KONATE, M. SIE, S. NAKAMURA, F. NAGUMO et M. SAWADOGO, *Agricultural Sciences*, 15 (4) (2024) 423 - 438 p.
- [16] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, C. A. SAWADOGO and F. L. J. BAMBARA, *revue science et technique du CNRST/INERA/FT/2020-071*, (2020) 4 p.
- [17] - H. P. BLUME, A. PAGE, R. H. MILLER and D. KEENEY, (Ed., 1982) : Methods of soil analysis ; 2. Chemical and microbiological properties, 2. Aufl. 1184 S., American Soc. Of Agronomy (Publ.), Madison, Wisconsin, USA, gebunden 36 Dollar, (1985) 368 p.
- [18] - A. WALKLEY and I. A. BLACK. *Soil science*, 37 (1) (1934) 29 - 38 p.
- [19] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, F. J. BAMBARA, A. C. SAVADOGO, E. COMPAORE and J. B. LEGMA, *Afrique Science*, 17 (6) (2020) 44 - 57 p.
- [20] - A. IZZAH, M. ADIBAH and W. WAN ASRINA. *Transactions of the Malaysian Society of Plant Physiology*, 28 (1) (2021) 112 - 113 p.
- [21] - R. H. BRAY and L. T. KURTZ, *Soil science*, 59 (1) (1945) 39 - 46 p.

- [22] - J. H. TAYLOR and J. M. WEISBERG, *Astrophysical Journal*, Part 1 (ISSN 0004-637X), *Research supported by NSF*, 345 (1989) 434 - 450 p.
- [23] - I. WALINGA, J. VAN DER LEE, V. J. HOUBA, W. VAN VARK and I. NOVOZAMSKY, « *Plant analysis manual* » Wageningen Agricultural University, 1 (1) (2013) 197 - 200 p.
- [24] - P. J. D. A. COULIBALY, J. SAWADOGO, Y. A. I. BAMBARA, W. C. A. OUÉDRAOGO, J. B. LEGMA and E. COMPAORÉ, *Current Agriculture Research Journal*, 9 (1) (2021) 1 - 11 p.
- [25] - AFNOR, Détermination du pH : Association Française de Normalisation NF ISO 103 90. In : *AFNOR Qualité des sols*, Paris, (1981) 339 - 348 p.
- [26] - B. B. SOMDA, B. OUATTARA, I. SERME, M. B. POUYA, F. LOMPO, S. J. B. TAONDA and P. M. SEDOGO, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (2) (2017) 670 - 683 p.
- [27] - B. TRAORE, T. MAMOUDOU, B. ANDRÉ and N. HASSAN BISMARCK, *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 6 (4) (2023) 120 - 129 p.
- [28] - P. BAZONGO, K. TRAORE, B. KIEMTORE, I. A. N. DA, A. COULIBALY and O. TRAORE, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (5) (2023) 2025 - 2036 p.
- [29] - I. NIGNAN, J. OUÉDRAOGO, S. NAKAMURA, I. SERME and K. COULIBALY, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (6) (2023) 2312 - 2324 p.
- [30] - B. KOULIBALY, Caractérisation de l'acidification des sols et gestion de la fertilité des agrosystèmes cotonniers au Burkina, Thèse de Doctorat unique. Université Joseph KI-ZERBO ex Université de Ouagadougou, (2011) 155 p.
- [31] - J. SAWADOGO, J. B. LEGMA, A. KABORE, P. J. D. A. COULIBALY, S. K. MOUTARI and M. BOUGOUMA, *Afrique Science*, 15 (2) (2019) 226 - 237 p.
- [32] - B. N. SOLS, État de connaissance de la fertilité des sols au Burkina Faso. Documentation technique N°1. Section fertilité des sols/Assistance bilatérale néerlandaise : BUNASOLS, (1985) 143 p.
- [33] - A. J. A. KOTAIX, Y. F. KOUASSI, E. G. M. ASSI, L. D. M.-P. IZZRIE, K. H. KOUADIO, K. E. KASSIN, K. COULIBALY and L. A. KOKO, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16 (5) (2022) 2413 - 2423 p.
- [34] - F. LOMPO, M. BONZI, B. V. BADO, Z. GNANKAMBARY, N. OUANDAOGO, M. P. SEDOGO and A. ASSA. *Agronomie Africaine*, 20 (2) (2008) : 165 - 178 p