

## Effets de doses croissantes du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur le rendement du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et sur les propriétés chimiques du sol en Afrique de l'Ouest, Burkina Faso

Jacques SAWADOGO<sup>1,3\*</sup>, Houria Farida Moon KABORE<sup>2</sup>, Mamoudou TRAORE<sup>1</sup>,  
Sogo Bassirou SANON<sup>1</sup>, Foussemi SOMA<sup>3</sup> et Adama COULIBALY<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Université Saint Thomas d'Aquin (USTA), Département de Chimie, Faculté des Sciences et Technologies, 06 BP 10212 Ouagadougou 06, Burkina Faso

<sup>3</sup> Université Norbert ZONGO, Département de chimie, Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Énergétique (L@CAPSE), BP 376, Burkina Faso

<sup>4</sup> Ecole nationale de Formation Agricole de Matourkou (ENAF), BP 130 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(Reçu le 16 Juin 2025 ; Accepté le 29 Juillet 2025)

\* Correspondance, courriel : [jacques.sawadogo@inera.bf](mailto:jacques.sawadogo@inera.bf)

### Résumé

La culture du sorgho au Burkina Faso est confrontée à de nombreux défis, notamment la faible fertilité des sols, en particulier les sols ferrugineux tropicaux, marquée par de faibles teneurs en matière organique, en azote et en phosphore assimilable. L'objectif de cette étude est de contribuer à la production du sorgho par l'utilisation du compost enrichi au *Trichoderma harzianum*. De ce fait, un essai au champ a été mené à Saaba selon un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé, comprenant sept (07) traitements avec trois répétitions. Les traitements étaient constitués de : témoin sans fertilisant (T0), Fumure minérale vulgarisée [T1 = NPK (150 kg. ha<sup>-1</sup>) et urée (50 kg. ha<sup>-1</sup>)], 5 t.ha<sup>-1</sup> de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (T2), T3 = 10 t.ha<sup>-1</sup>, T4 = 12,5 t.ha<sup>-1</sup>, T5 = 15 t.ha<sup>-1</sup> et T6 = 20 t.ha<sup>-1</sup>. Les résultats ont montré que l'application de 10 t. ha<sup>-1</sup> de CETH (T3) a permis d'augmenter le rendement grain du sorgho de 88 % par rapport au témoin absolu. Les différents traitements ont également influencé plusieurs paramètres chimiques du sol, notamment la matière organique, le pH, l'azote total, le potassium et le phosphore assimilable. Les doses modérées ont mieux préservé la fertilité du sol, tandis que les doses élevées ont provoqué une acidification et une baisse de disponibilité du phosphore. L'utilisation raisonnée du CETH constitue ainsi une alternative durable pour améliorer la productivité du sorgho tout en préservant la qualité des sols.

**Mots-clés :** sorgho, compost, *Trichoderma harzianum*, fertilité du sol, rendement, Burkina Faso.

## Abstract

### Effects of increasing doses of *Trichoderma harzianum*-enriched compost on sorghum yield and soil chemical properties in West Africa, Burkina Faso

Sorghum cultivation in Burkina Faso is confronted with numerous obstacles such as the low fertility of tropical ferrous soils, which are characterized by low levels of organic matter, nitrogen, and available phosphorus. The objective of this study is to contribute to sorghum production by using compost enriched with *Trichoderma harzianum*. As a result, a field trial was conducted in Saaba using a completely randomized Fisher block design, comprising seven (07) treatments with three (03) replicates. The treatments consisted of: control (T0), mineral fertilizer (T1), 5 t. ha<sup>-1</sup> of compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2), T3 = 2T2, T4 = 2.5T2, T5 = 3T2, and T6 = 4T2. The results showed that the application of 10 t. ha<sup>-1</sup> of CETH (T3) increased sorghum yield by 88 % compared to control. The different treatments also influenced several soil chemical parameters, including organic matter, pH, total nitrogen, potassium and assimilable phosphorus. In addition, moderate doses better preserved soil fertility, while high doses caused acidification and a decrease in phosphorus availability. In conclusion, the judicious use of CETH is a sustainable alternative for improving sorghum productivity while preserving soil quality.

**Keywords :** *sorghum, compost, Trichoderma harzianum, soil fertility, yield, Burkina Faso.*

## 1. Introduction

Le Burkina Faso, à l'instar des autres pays de l'Afrique subsaharienne, est confronté à une baisse continue de la fertilité de ses terres agricoles. Cette dégradation est notamment marquée par une faible teneur en matière organique et une carence en éléments nutritifs essentiels comme le phosphore et l'azote [1]. Cette situation, aggravée par l'acidification des sols et l'érosion, limite considérablement la production des cultures vivrières, en particulier celle du sorgho (*Sorghum bicolor* L.), une céréale clé pour la sécurité alimentaire nationale. Adapté aux conditions climatiques arides et semi-arides, le sorgho constitue une source essentielle de subsistance et de revenus pour les agriculteurs burkinabè. Il représente la première céréale cultivée avec plus de 2 millions de tonnes produites, surpassant le maïs et le mil [2]. Il contribue également à hauteur de 10 % du PIB [3] et demeure l'aliment de base des populations rurales [4]. Malgré le fait que le sorgho constitue une céréale prioritaire pour l'alimentation des populations au Burkina Faso, sa culture reste marquée par une faible productivité. En effet, une baisse progressive des rendements a été observée, passant de 1,2 t.ha<sup>-1</sup> en 2006 à seulement une (01,03) t.ha<sup>-1</sup> en 2023 [5, 6]. Cette situation s'explique notamment par la dégradation physique et chimique des sols due à des phénomènes naturels et anthropiques, qui contribue à limiter leur productivité [7]. De plus, les sols du Burkina Faso, en particulier les sols ferrugineux tropicaux, sont généralement très pauvres en phosphore assimilable [8], alors que le manque de phosphore constitue l'un des plus grands facteurs limitants de la production agricole [9]. De plus, son statut de culture de subsistance dans les zones à faible pluviométrie limite son rendement [10]. L'amélioration de la production du sorgho est donc essentielle pour renforcer la sécurité alimentaire et la résilience des systèmes agricoles. Pour pallier ces contraintes, l'utilisation d'engrais apparaît comme une solution. Toutefois, les engrais chimiques et les pesticides ont montré leurs limites : pollution des sols, perte de biodiversité, fragilisation des écosystèmes agricoles et coûts élevés pour les producteurs les plus pauvres [11]. Il est donc impératif de promouvoir une intensification durable de la production agricole en améliorant la fertilité des sols de manière écologique et en réduisant la dépendance aux fertilisants chimiques, souvent coûteux et nocifs pour l'environnement. Dans cette perspective, l'agriculture doit évoluer vers des systèmes de cultures plus durables, favorisant

l'utilisation de faibles intrants chimiques et de processus biologiques bénéfiques. L'intégration de fertilisants organiques constitue une alternative prometteuse. Parmi eux, le compost enrichi en micro-organismes bénéfiques, notamment *Trichoderma harzianum*, est reconnu pour sa capacité à accélérer la décomposition de la matière organique, à améliorer la disponibilité des nutriments et à stimuler la croissance des plantes [12]. De plus, son incorporation dans le sol favorise une meilleure structuration du sol, améliore la rétention en eau et augmente l'activité enzymatique et la minéralisation de l'azote [13]. Cependant, plusieurs études indiquent que les effets de cet enrichissement varient en fonction des doses appliquées et des conditions pédoclimatiques spécifiques [12, 14]. Dans le contexte des sols ferrugineux tropicaux du Burkina Faso, où la fertilité est souvent limitée par la faible disponibilité en matière organique et en phosphore, il est essentiel de mieux comprendre l'effet des différentes doses du compost enrichi sur la dynamique des nutriments. C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, qui vise à évaluer l'effet de dose croissante du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur le rendement du sorgho (*Sorgho Bicolor* L.) et sur les propriétés chimiques du sol. Cette étude s'inscrit dans une démarche de fertilisation biologique durable, adaptée aux conditions agro-climatiques locales.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Description du site d'étude

L'étude a été menée dans la commune rurale de Saaba (Songdin) dans la région du Centre du Burkina Faso. Ce site a pour coordonnées géographiques 12°19'8 N, 1°24'9 W avec un sol hydromorphe. Le climat est de type tropical nord-soudanien, caractérisé par deux saisons bien distinctes : une saison pluvieuse de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. La pluviométrie annuelle moyenne varie entre 750 et 900 mm et les températures oscillent généralement entre 22°C et 40°C selon la saison.

### 2-2. Matériel végétal

La variété de sorgho *Wénifoni* a été utilisée comme matériel végétal et elle a été acquise auprès de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA). La variété de sorgho a un cycle variant entre 85 et 90 jours après semis avec un rendement potentiel de 3 t. ha<sup>-1</sup>.

### 2-3. Caractérisations chimiques des fertilisants

Les fertilisants utilisés étaient constitués de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH), d'engrais minérale NPK (14-23-14) et de l'urée (46 %). Selon Sawadogo, les caractéristiques chimiques du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* utilisé étaient les suivantes : pH-eau (7,9), carbone organique (11,56 g.kg<sup>-1</sup>), matière organique (1,99 %), azote total (1,08 %), phosphore total (10,44 g.kg<sup>-1</sup>), potassium total (11,42 g.kg<sup>-1</sup>), et rapport Carbone/Azote (11) [15, 16].

### 2-4. Dispositif expérimental

L'essai expérimental a été installé dans l'optique d'évaluer les effets de doses croissantes de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur la production du sorgho et les propriétés chimiques du sol d'expérimentation. Le dispositif utilisé était un bloc de Fisher complètement randomisé, comprenant sept (07) traitements avec trois (03) répétitions chacun. Les traitements appliqués étaient les suivants : T0 (Témoin absolu, aucun apport en fertilisant) ; T1 [Fumure minérale vulgarisée (150 kg. ha<sup>-1</sup> de NPK (14-23-14)+ 50 kg.ha<sup>-1</sup> d'urée (46 % N))] ; T2 (5 t.ha<sup>-1</sup> de compost enrichi au *Trichoderma harzianum*) ; T3 = 10 t.ha<sup>-1</sup> ; T4 = 12,5 t.ha<sup>-1</sup> ; T5 = 15 t.ha<sup>-1</sup> ; T6 = 20 t.ha<sup>-1</sup>.

## 2-5. Production du compost enrichi au *Trichoderma harzianum*

La méthode de production du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* est celle décrite par [17].

## 2-6. Prélèvement, préparation des échantillons et analyses des sols

Afin d'effectuer la caractérisation des sols et de définir les modifications induites par les fertilisants sur les propriétés chimiques, un prélèvement de sol a été effectué dans l'expérimentation. Pour ce faire, un échantillon composite a été constitué à partir de cinq (05) prélèvements élémentaires dans les profondeurs 0-20 cm en cinq (05) points différents dans l'aire utile du périmètre d'expérimentation. Les échantillons de sol collectés ont été séchés à l'ombre, broyés et tamisés à 2 mm et 0,5 mm pour les autres avant d'être envoyés au laboratoire sol-eau-plante de l'INERA-Bobo pour les analyses. Les méthodes d'analyses utilisées sont les suivantes : la détermination du carbone organique a été faite selon la méthode de Walkley et Sawadogo [18, 19]. Le principe consiste en une oxydation du carbone organique par du bichromate de potassium en milieu sulfurique. La quantité de bichromate réduite est proportionnelle à la teneur en carbone du sol. L'azote total a été dosé après une minéralisation des échantillons par la méthode Kjeldahl [20] pour ce faire, un (01) g d'échantillon de sol (tamisé à 0,5 mm) a été minéralisé par attaque à l'acide sulfurique concentré. Après ajout de 3,5 g de sélénium comme catalyseur dans un (01) litre d'acide sulfurique, le produit intermédiaire a été porté progressivement à chaud jusqu'à décoloration. L'azote total a été dosé directement à l'auto-analyseur [21]. La minéralisation des échantillons pour la détermination du phosphore total est identique à celle de l'azote. Le molybdate d'ammonium utilisé en présence d'acide ascorbique, donne une coloration bleue avec le phosphore. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore. Le phosphore total a été dosé à l'auto-analyseur [21]. La solution aqueuse obtenue après la minéralisation [22] a été diluée 10 fois avec de l'eau distillée, puis passée au photomètre à flamme pour déterminer le potassium total. Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray I [23] en utilisant une solution mixte de fluorure d'ammonium (0,03M) et d'acide chlorhydrique (0,025M). Le dosage a été effectué par colorimétrie au spectrophotomètre. Le potassium disponible a été dosé selon la méthode décrite par [24] en utilisant une solution d'extraction composée d'acide chlorhydrique (0,1N) et d'acide oxalique (0,4N). Le pH eau a été mesuré au pH-mètre par la méthode électro-métrique. Avec un rapport sol/eau de 1/2,5 selon la norme [25]. La lecture est faite après une (1) heure d'agitation de la solution.

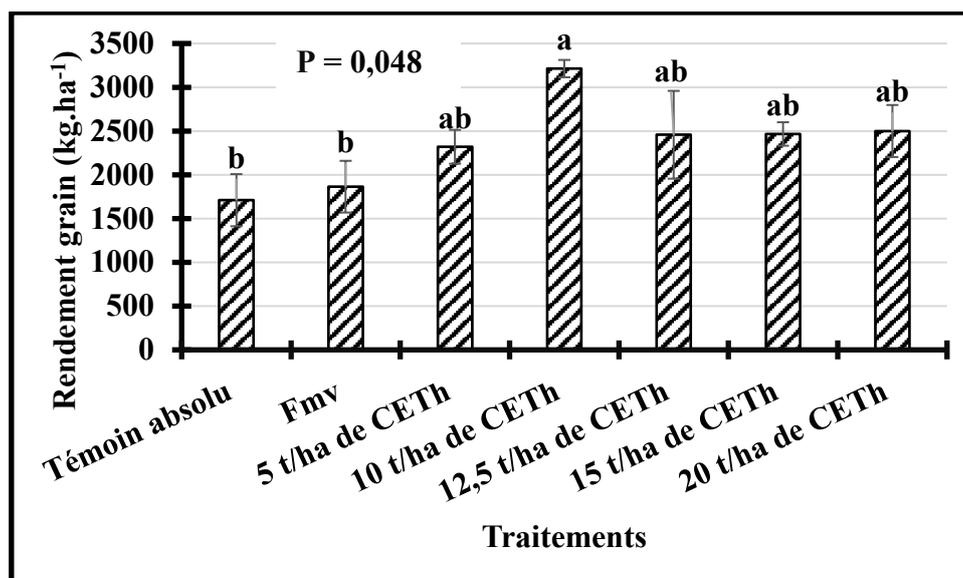
## 2-7. Analyse statistique de données collectées

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été effectuée avec le logiciel GenStat Release 12.1. Le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5 % a permis la séparation des moyennes lorsque les différences étaient significatives.

## 3. Résultats

### 3-1. Effet des traitements sur le rendement grain

L'analyse (*Figure 1*) a révélé une différence significative entre les traitements ( $p = 0,048$ ). En effet, le rendement grains le plus élevé (3213 kg. ha<sup>-1</sup>) a été obtenu avec le traitement T3 (10 t.ha<sup>-1</sup> de CETH), tandis que le rendement le plus bas (1710 kg.ha<sup>-1</sup>) a été enregistré avec le traitement témoin (T0), confirmant ainsi l'influence des traitements organiques sur les rendements du sorgho.



**Figure 1 : Effet des traitements sur le rendement grain du niébé**

*Légende : CETH = Compost enrichi au Trichoderma harzianum, Fmv = Fumure minérale vulgarisée, les lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les traitements pendant la période d'expérimentation.*

### 3-2. Effet des traitements sur les propriétés chimiques du sol sous culture de sorgho

Les résultats des analyses des propriétés chimiques des échantillons composites de sol prélevés après les récoltes sont consignés dans les **Tableaux 1 et 2**. Aussi, les taux de changements (%) de chaque élément survenu dans le sol pendant l'étude sont présentés dans le **Tableau 3**.

#### 3-2-1. Taux moyen en azote total, en matière organique et le potassium du sol

Le taux moyen en azote total est faible et varie de 0,05 à 0,06 % comparé à la norme qui est de 0,1 à 0,15 %. En effet, les taux les plus élevés ont été observés avec les traitements témoin sans fertilisant et celui de T5 = 3T2 respectivement, tandis que les autres traitements (T1, T2, T3, T4 et T6) ont eu un taux faible (**Tableau 1**). Les taux moyens de matière organique sont également faibles, variant de 0,94 % à 1,12 %, alors que la norme recommandée est de 2 à 3 %. Le taux le plus élevé (MO) a également été observé avec le traitement sans fertilisant (**Tableau 1**). Globalement, tous les sols étudiés sont pauvres en matière organique. Le rapport de C/N (**Tableau 1**) n'a montré aucune différence significative entre les traitements avec des valeurs moyennes variant entre 11 à 12. Le plus grand rapport de C/N a été obtenu avec le traitement T2 (12) confirmant une bonne minéralisation du compost enrichi, tandis que la plus petite valeur est obtenue avec le traitement T5 (11). Concernant le potassium disponible ( $K_{\text{disponible}}$ ), il varie de 16,77 à 31,57 mg.kg<sup>-1</sup>. La plus faible teneur a été enregistrée avec le traitement T4 (12,5 t. ha<sup>-1</sup> de CETH), tandis que la plus élevée a été enregistrée avec le témoin absolu (31,57 mg/kg) (**Tableau 1**). Les teneurs du potassium total ( $K_{\text{total}}$ ) varient entre 0,94 et 1,12 mg.kg<sup>-1</sup> dans tous les échantillons de sol étudiés. La plus faible teneur a été enregistrée avec le traitement T6 (0,94 mg.kg<sup>-1</sup>), tandis que le témoin absolu (T0) a enregistré la plus forte valeur 1,12 mg.kg<sup>-1</sup> (**Tableau 1**). L'apport de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* a influencé significativement la disponibilité du potassium et l'acidité du sol. Cependant, son effet sur le potassium total n'est pas significatif.

**Tableau 1 : Caractérisations des propriétés chimiques du sol**

Traitements	K <sub>disponible</sub>	K <sub>total</sub>	N <sub>total</sub>	C <sub>org</sub>	MO	C/N
	mg/kg		g/kg	%		
T0 : Témoin absolu	31,57 <sup>a</sup> ±7,83	997,6 <sup>a</sup> ±41,4	0,06 <sup>a</sup> ±0,003	0,65 <sup>a</sup> ±0,01	1,12 <sup>a</sup> ±0,03	11 <sup>a</sup> ±0,34
T1 : Fmv	24,34 <sup>a</sup> ±2,92	1090 <sup>a</sup> ±116,6	0,05 <sup>ab</sup> ±0,001	0,60 <sup>a</sup> ±0,01	1,03 <sup>ab</sup> ±0,01	11 <sup>a</sup> ±0,17
T2 : 5t/ha de CETH	20,22 <sup>a</sup> ±1,42	906,8 <sup>a</sup> ±38,7	0,05 <sup>abc</sup> ±0,001	0,63 <sup>a</sup> ±0,002	1,09 <sup>ab</sup> ±0,003	12 <sup>a</sup> ±0,20
T3 : 10t/ha de CETH	17,1 <sup>a</sup> ±1,831	997,6 <sup>a</sup> ±132,7	0,05 <sup>abcd</sup> ±0,003	0,55 <sup>a</sup> ±0,01	0,95 <sup>ab</sup> ±0,02	12 <sup>a</sup> ±0,52
T4 : 12,5t/ha de CETH	16,77 <sup>a</sup> ±1,97	848,7 <sup>a</sup> ±10,32	0,05 <sup>abc</sup> ±0,003	0,59 <sup>a</sup> ±0,06	1,02 <sup>ab</sup> ±0,10	11 <sup>a</sup> ±0,34
T5 : 15t/ha de CETH	20,72 <sup>a</sup> ±0,57	953 <sup>a</sup> ±40,1	0,06 <sup>a</sup> ±0,002	0,61 <sup>a</sup> ±0,03	1,04 <sup>ab</sup> ±0,06	11 <sup>a</sup> ±0,26
T6 : 20t/ha de CETH	21,05 <sup>a</sup> ±2,37	1042,3 <sup>a</sup> ±79,3	0,05 <sup>abcd</sup> ±0,004	0,55 <sup>a</sup> ±0,02	0,94 <sup>ab</sup> ±0,03	12 <sup>a</sup> ±0,89
Cv %	24,8	13	8,7	7,6	7,3	6,4
Probabilité	0,036	0,346	0,008	0,116	0,024	0,358
Signification	S	NS	HS	NS	S	NS

*Légende : CETH = Compost enrichi au Trichoderma harzianum, Fmv = Fumure minérale vulgarisée, Mo = Matière organique, NS = non significatif, S = significatif, HS = hautement significatif, les lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les traitements pendant la période d'expérimentation, Cv = coefficient de variation.*

### 3-2-2. Potentiel à hydrogène (pH) et potassium des sols

Le pH<sub>eau</sub> a varié de 6,2 à 6,8 par rapport à la référence du BUNASOLS qui varie de 6,5 à 7,5. Les valeurs les plus faibles ont été observées avec le traitement T5 (**Tableau 2**). Dans l'ensemble, le pH est acide dans 42,86 % et neutre à 57,14 % dans les échantillons de sol étudiés.

**Tableau 2 : Effet des traitements sur le phosphore en fonction de l'acidité du sol**

Traitements	P <sub>total</sub>	P <sub>bray</sub>	pH <sub>eau</sub>
	mg/kg		
T0 : Témoin absolu	136,1 <sup>a</sup> ±55,24	7,58 <sup>a</sup> ±4,62	6,3 <sup>ab</sup> ±0,05
T1 : Fmv	95,27 <sup>a</sup> ±6,59	4,30 <sup>a</sup> ±1,42	6,8 <sup>a</sup> ±0,25
T2 : 5t/ha de CETH	93 <sup>a</sup> ±2,18	3,83 <sup>a</sup> ±0,39	6,5 <sup>ab</sup> ±0,18
T3 : 10t/ha de CETH	83,67 <sup>a</sup> ±12,23	3,04 <sup>a</sup> ±0,31	6,6 <sup>ab</sup> ±0,12
T4 : 12,5t/ha de CETH	79,14 <sup>a</sup> ±5,81	3,42 <sup>a</sup> ±0,51	6,4 <sup>ab</sup> ±0,04
T5 : 15t/ha de CETH	84,68 <sup>a</sup> ±5,31	4,96 <sup>a</sup> ±0,62	6,2 <sup>ab</sup> ±0,16
T6 : 20t/ha de CETH	85,19 <sup>a</sup> ±9,25	2,52 <sup>a</sup> ±0,37	6,6 <sup>ab</sup> ±0,03
Cv %	27,7	20,8	3,6
Probabilité	0,618	0,602	0,024
Signification	NS	NS	S

*Légende : CETH = Compost enrichi au Trichoderma harzianum, Fmv = Fumure minérale vulgarisée, NS = non significatif, S = significatif, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% dans une même colonne, Cv = coefficient de variation, les lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les traitements pendant la période d'expérimentation.*

**3-2-3. Phosphore assimilable et phosphore total**

Les teneurs du phosphore assimilable (P<sub>Bray</sub>) varient de 2,52 mg.kg<sup>-1</sup> à 7,58 mg/kg (**Tableau 2**). La plus faible teneur a été enregistrée avec le traitement T6 (2,52 mg.kg<sup>-1</sup>), tandis que la plus forte teneur a été enregistrée avec le témoin absolu (7,58 mg.kg<sup>-1</sup>). Aussi, les teneurs du phosphore total (P<sub>total</sub>) a varié de 79,14 mg.kg<sup>-1</sup> à 136,1 mg.kg<sup>-1</sup> (**Tableau 2**). La plus forte teneur a été enregistrée sous T0 (136,1 mg.kg<sup>-1</sup>), tandis que la plus faible a été enregistrée sous T4 (79,14 mg.kg<sup>-1</sup>). Cependant, ces traitements n'ont pas permis d'augmenter les teneurs en phosphore total et assimilable, qui ont baissé pour l'ensemble des traitements par rapport au témoin sans fertilisants. Comparés aux valeurs initiales, les résultats du pourcentage de changement (**Tableau 3**) montrent que le phosphore total a diminué dans tous les traitements, tandis que les autres paramètres ont évolué de manière variable, avec des augmentations ou des diminutions selon les traitements. Les plus forts pourcentages de changement ont été enregistrés avec le traitement T1 (Fmv) qui a présenté une augmentation de 9,26 % du potassium total et de 6,94 % du pH. En revanche, la plus forte baisse a été observée avec le traitement T6 (20 t. ha<sup>-1</sup> de CETH), qui a entraîné une réduction de 66,85 % du phosphore assimilable, de 17,20 % de l'azote total et de 16,12 % de la matière organique respectivement. De plus, les plus faibles baisses du carbone organique (-16,13 %) et de la matière organique (-16,12 %) a été enregistrées avec le traitement T6 (20 t. ha<sup>-1</sup> de CETH), tandis que les réductions les plus importantes ont été enregistrées sous T1 (-2,67 % pour C<sub>org</sub> et -2,69 % pour MO). Ces résultats démontrent que tous les traitements incluant le compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ont une influence sur la disponibilité des éléments nutritifs du sol, mais que leur effet varie en fonction de la dose appliquée.

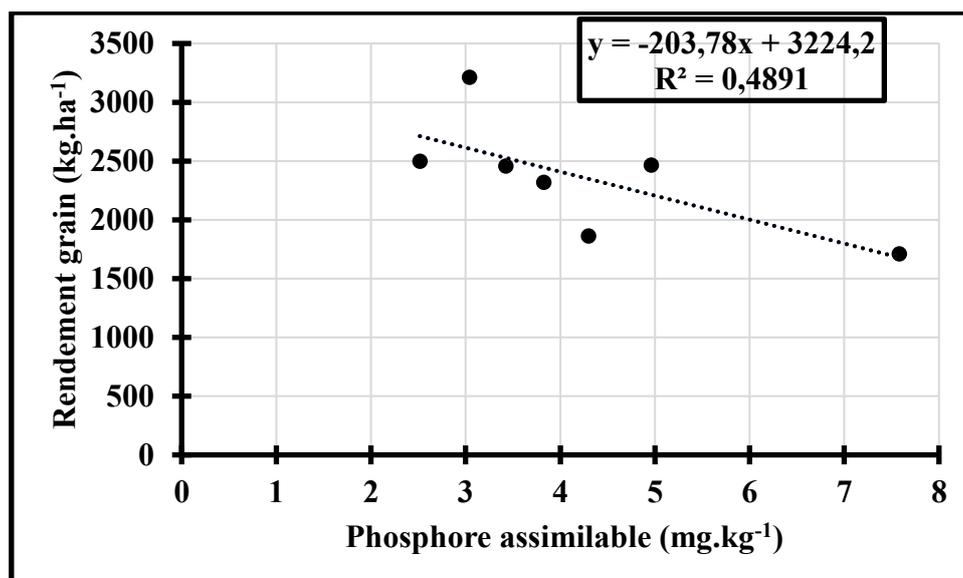
**Tableau 3 : Pourcentages de changements des propriétés chimiques du sol**

Traitements	N <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	P <sub>Bray</sub>	K <sub>total</sub>	K <sub>disponible</sub>	pH <sub>eau</sub>	C <sub>org</sub>	MO
T1 : Fmv	-7,12	-30,000	-43,33	9,26	-22,90	6,94	-8,61	-8,55
T2 : 5t/ha de CETH	-8,61	-31,668	-49,55	-9,11	-35,95	1,94	-2,69	-2,67
T3 : 10t/ha de CETH	-19,16	-38,523	-59,92	-0,02	-45,83	4,47	-15,05	-15,05
T4 : 12,5t/ha de CETH	-7,14	-41,852	-54,87	-14,95	-46,88	1,42	-9,68	-9,62
T5 : 15t/ha de CETH	-2,51	-37,781	-34,61	-4,42	-34,37	-1,89	-7,17	-7,12
T6 : 20t/ha de CETH	-17,20	-37,406	-66,85	4,53	-33,32	3,31	-16,13	-16,12

*Légende : CETH= Compost enrichi au Trichoderma harzianum, Fmv = Fumure minérale vulgarisée, MO = matière organique.*

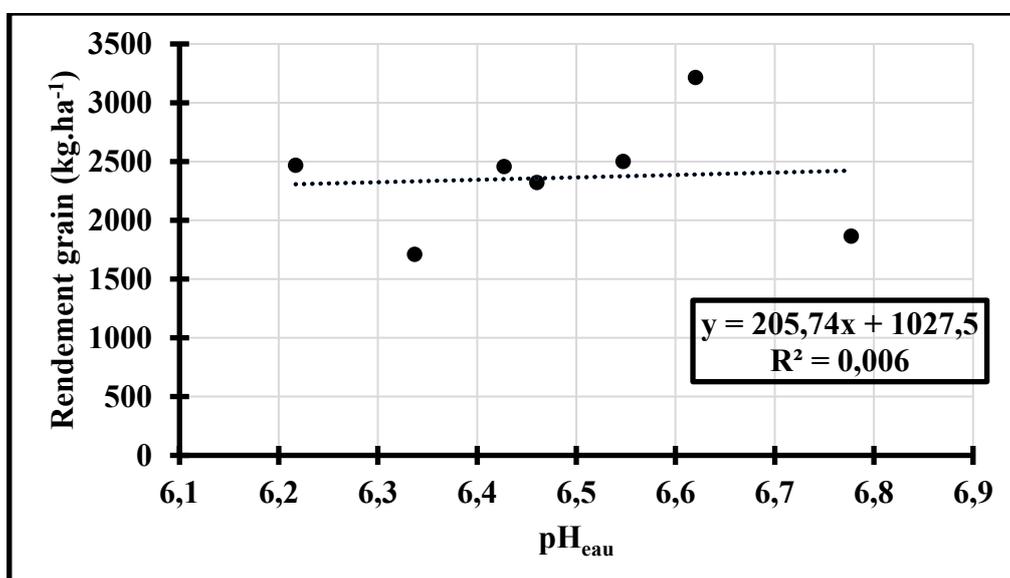
**3-3. Relation entre le rendement grain du sorgho, le phosphore assimilable et l'acidité du sol**

L'analyse des relations entre le phosphore assimilable et le rendement en grain, l'acidité du sol (pH) et le rendement en grain ainsi que le phosphore assimilable et le pH du sol, a été réalisée à l'aide de nuages de points illustrés respectivement sur les **Figures 2, 3 et 4**. Les résultats ont montré une corrélation négative entre le phosphore assimilable et le rendement en grain du sorgho (**Figure 2**). Plus la teneur en phosphore assimilable augmente, plus le rendement en grain diminue. Cette tendance est confirmée par le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,4891$ ), indiquant que le phosphore assimilable contribue à hauteur de 48,91 % à la variabilité du rendement en grain.



**Figure 2 :** Régression linéaire entre le rendement grain et phosphore assimilable

En ce qui concerne la relation entre l'acidité du sol et le rendement en grain, les résultats ont montré une très faible corrélation (**Figure 3**), avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,006$ . Bien qu'une légère tendance positive soit enregistrée, cette relation est négligeable et non significative. Cela signifie que l'acidité du sol contribue seulement à 0,6 % de la variabilité du rendement en grain, suggérant qu'elle n'a pas d'influence notable sur la production du sorgho.



**Figure 3 :** Régression linéaire entre le rendement grain et le pH<sub>eau</sub>

L'analyse de la régression linéaire entre le phosphore assimilable et l'acidité du sol a révélé une corrélation négative (**Figure 4**), avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,2242$ . Ces résultats montrent que plus le pH du sol augmente, plus la teneur en phosphore assimilable diminue. De plus, une augmentation du pH au-delà de 6,2 est associée à une diminution du phosphore assimilable. Toutefois, le phosphore assimilable n'explique que 22,42 % de la variabilité du pH.

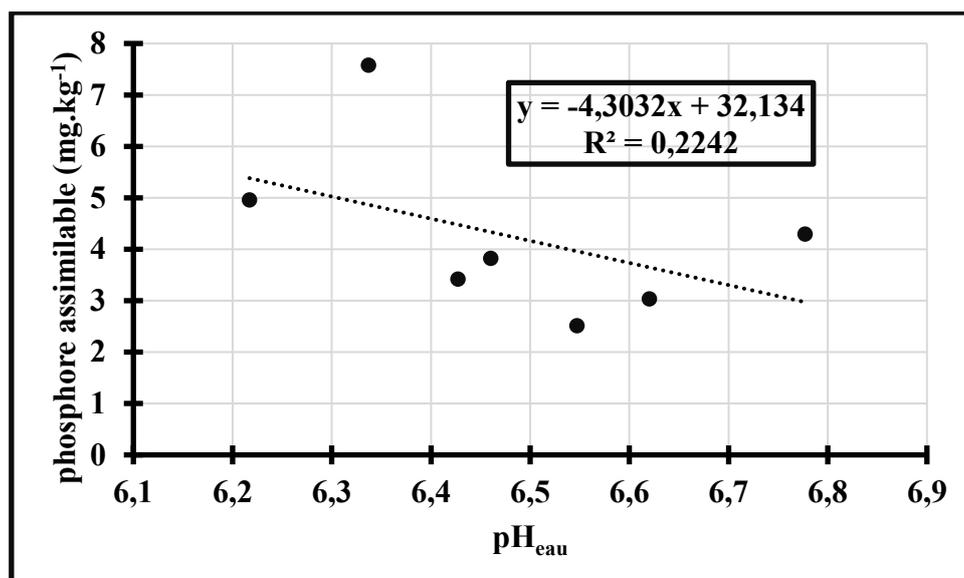


Figure 4 : Régression linéaire entre le phosphore assimilable et le pH<sub>eau</sub>

### 3-4. Relation entre le rendement grain du sorgho, le phosphore assimilable et la matière organique

L'analyse des relations entre la matière organique et le rendement grain d'une part et la relation entre la matière organique et le phosphore assimilable d'autre part, a été réalisée à l'aide des nuages de points (Figures 5 et 6). Les résultats indiquent une corrélation négative entre le taux de matière organique et le rendement grain du sorgho ( $R^2 = 0,504$ ). L'observation de cette figure montre que plus le taux de matière organique augmente, plus le rendement en grain tend à diminuer. Ce qui indique que la matière organique (Mo) contribue à la hauteur de 50,44 % à la variabilité du rendement grain (Figure 5).

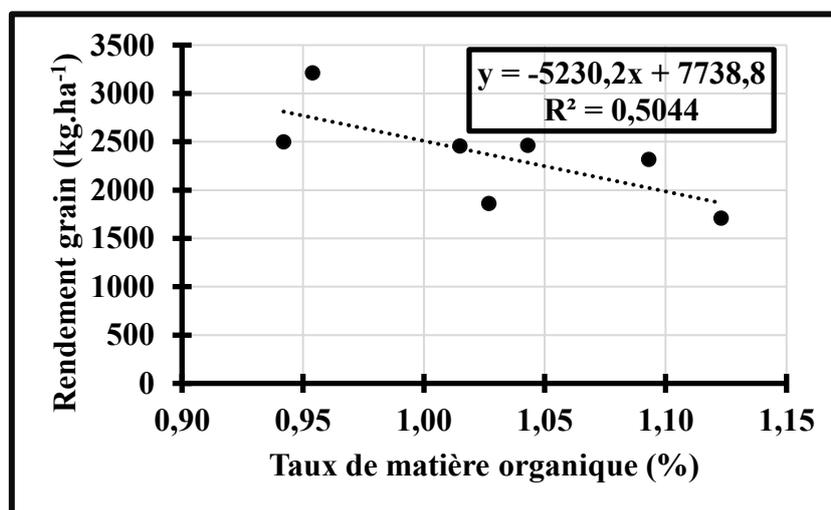


Figure 5 : Régression linéaire entre le rendement grain et le taux de matière organique

En revanche, la corrélation entre la matière organique et le phosphore assimilable est positive et significative ( $R^2 = 0,671$ ). Plus la teneur en matière organique est élevée, plus le phosphore assimilable augmente. Le modèle montre que la matière organique explique 67,1 % de la variabilité du phosphore assimilable (Figure 6).

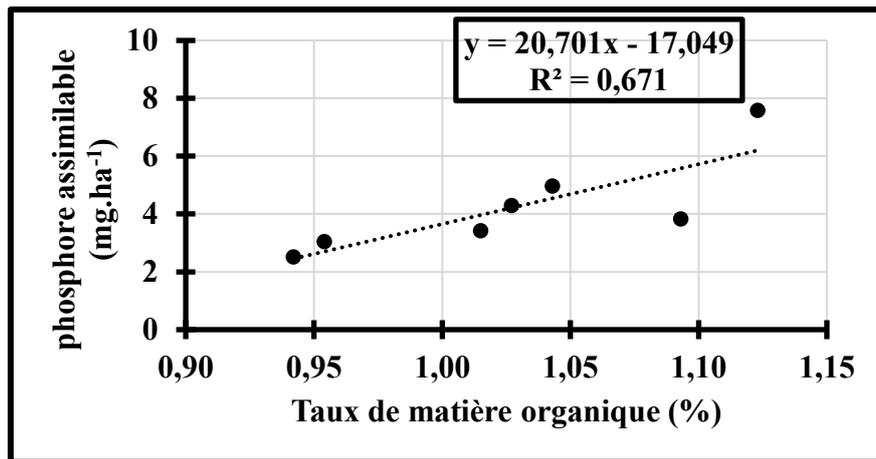


Figure 6 : Régression linéaire entre le taux de matière organique et le phosphore assimilable

#### 4. Discussion

Cette étude visait à tester l'influence de l'enrichissement du compost sur les propriétés chimiques du sol et les paramètres agronomiques du sorgho afin de contribuer à sa production. Le rendement le plus élevé en grains a été obtenu avec le traitement T3, soulignant ainsi l'importance cruciale d'un dosage optimal du CETH. En effet, un apport insuffisant ne fournirait pas assez de nutriments, tandis qu'un excès pourrait entraîner une saturation du sol et une mauvaise gestion des ressources [26, 27]. Cette dose (10 t. ha<sup>-1</sup>) permet aux racines d'assimiler efficacement les nutriments, favorisant ainsi une croissance optimale du sorgho. Certains auteurs [14, 17] confirment que l'enrichissement du compost par des spores de *Trichoderma harzianum* favorise la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol, constituant une solution écologique et efficace pour augmenter les rendements agricoles. L'application des traitements à base de *Trichoderma harzianum* a influencé plusieurs paramètres chimiques du sol, notamment la matière organique (MO), l'azote total (N<sub>total</sub>) et la disponibilité des nutriments essentiels tels que le potassium et le phosphore. Globalement, les résultats obtenus révèlent des teneurs relativement faibles en matière organique (0,94 % à 1,12 %) et en azote total (0,05 % à 0,06 %), bien en deçà des normes généralement admises (2-3 % pour la MO et 0,1-0,15 % pour N<sub>total</sub>) [21]. L'absence d'amélioration significative avec des doses plus élevées de compost enrichi suggère que l'accumulation de la matière organique pourrait être limitée par une décomposition accélérée sous l'effet d'une forte activité microbienne. En effet, le *Trichoderma harzianum* stimule l'activité enzymatique du sol, augmentant ainsi la minéralisation des matières organiques [28]. Ces résultats corroborent ceux de Frossard, qui ont montré que l'apport de matière organique améliore la fertilité des sols, mais peut, dans certains cas, entraîner une minéralisation accélérée des nutriments lorsqu'elle est appliquée en excès [29]. Cette minéralisation accélérée de la matière organique influence également la disponibilité du phosphore. Les valeurs du phosphore assimilable ont varié de 2,52 mg.kg<sup>-1</sup> (T6) à 7,58 mg.kg<sup>-1</sup> (T0), tandis que le phosphore total a varié de 79,14 mg.kg<sup>-1</sup> (T4) à 136,1 mg.kg<sup>-1</sup> (T0). Contrairement aux études de Zin qui rapportaient une amélioration de la fertilité des sols grâce à l'application de compost enrichi, nos résultats indiquent une diminution de la solubilité du phosphore et une minéralisation rapide de la matière organique à forte dose [12]. Cette baisse du phosphore assimilable pourrait s'expliquer par plusieurs mécanismes la Fixation sous des formes non assimilables. Aussi, à des doses élevées la minéralisation rapide de la matière organique libère des cations (Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>), favorisant la précipitation du phosphore sous des formes peu [30]. Ce phénomène limite sa biodisponibilité pour les plantes aussi on a la compétition microbienne accrue, car le *Trichoderma harzianum* est reconnu pour mobiliser les nutriments du sol, mais une forte activité microbienne

peut entraîner une compétition entre les micro-organismes et les plantes pour l'absorption du phosphore disponible, réduisant ainsi son assimilation par la végétation [31] et la dynamique du carbone et azote, car le rapport C/N, indicateur de la minéralisation de la matière organique est restée stable. Cette stabilité suggère que la minéralisation de la matière organique est rapide et que l'immobilisation du carbone dans le sol reste limitée, ce qui restreint l'accumulation de matière organique. Ces résultats obtenus corroborent ceux de Mando, qui ont montré que l'apport excessif de matière organique pouvait conduire à une immobilisation temporaire des nutriments, restreignant leur disponibilité pour les plantes [32]. Les résultats montrent une baisse significative du potassium disponible sous les traitements CETH. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'application de compost enrichi influence principalement la fraction échangeable du potassium à court terme, mais n'a pas d'effet majeur sur le stock total de potassium dans le sol. Ces résultats corroborent ceux de Renge, qui ont observé que les amendements organiques influencent principalement le potassium échangeable sans modifier le potassium total du sol. Le pH du sol est un paramètre clé influençant la disponibilité des éléments nutritifs et l'activité microbienne [33]. En effet, 42,86 % des sols ont conduit à un pH inférieur à 6,5, tandis que 57,14 % des sols ont maintenu un pH neutre. Selon Condron, l'enrichissement du sol en matière organique entraîne une libération d'ions  $H^+$  lors de la minéralisation, contribuant ainsi à une acidification progressive [34]. Cependant, bien que le pH ait varié selon les différents traitements, son influence sur le rendement du sorgho semble négligeable. En effet, la régression linéaire entre le pH et le rendement grain a montré une corrélation très faible ( $R^2 = 0,006$ ), suggérant que l'acidité du sol n'a pas eu un impact significatif sur la productivité du sorgho dans cette étude. Ces résultats corroborent les observations de Frossard [35], qui indiquent que de faibles variations du pH n'ont pas d'impact notable sur la croissance des plantes. L'analyse de la régression linéaire entre le phosphore assimilable et le pH a révélé une corrélation négative ( $R^2 = 0,2242$ ), indiquant que l'augmentation du pH entraîne une diminution du phosphore assimilable dans le sol.

Ce phénomène peut être attribué à la précipitation du phosphore sous forme de complexes insolubles à des pH élevés, notamment sa biodisponibilité pour les plantes [36]. Ce résultat corrobore les observations de Richardson [37], qui ont montré que le phosphore est le plus disponible pour les cultures lorsque le pH est compris entre 5,5 et 6,5. Au-delà de ce seuil, sa solubilité diminue. Cela signifie qu'une augmentation du pH au-delà de 6,5 peut entraîner une réduction du phosphore disponible pour les plantes, limitant ainsi son absorption et son efficacité dans le développement des cultures. Les résultats montrent une corrélation négative entre le phosphore assimilable et le rendement du sorgho ( $R^2=0,4891$ ), ce qui signifie que plus la teneur en phosphore assimilable augmente, plus le rendement grain diminue. Ces résultats corroborent les travaux de Nobilé qui a montré que dans les sols tropicaux, une disponibilité excessive de phosphore peut entraîner la précipitation du phosphate sous des formes non assimilables par les plantes, notamment son efficacité sur la production végétale [38]. Une corrélation négative entre la matière organique et le rendement grain ( $R^2 = 0,5044$ ) a été observée, indiquant que l'augmentation de la matière organique ne favorise pas nécessairement une augmentation du rendement. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Mando, qui ont montré qu'un apport excessif de matière organique dans les sols ferrugineux tropicaux pouvait parfois limiter la croissance des cultures en raison d'une immobilisation temporaire des nutriments essentiels par la biomasse microbienne [32]. Une corrélation positive et significative ( $R^2 = 0,671$ ) a été liée entre la matière organique et le phosphore assimilable. La matière organique joue un rôle clé dans la mise à disposition du phosphore pour les cultures. En effet, elle influence la minéralisation du phosphore organique, le rendant progressivement disponible sous une forme assimilable par les plantes [39]. Ce phénomène est particulièrement important dans les sols pauvres en phosphore, où l'apport de matière organique permet d'augmenter la solubilisation du phosphore et d'améliorer son assimilation par les cultures. Ces résultats corroborent les observations de certains auteurs, qui ont démontré que l'apport de matière organique dans les sols tropicaux améliore la biodisponibilité du phosphore en limitant sa fixation sous des formes inaccessibles pour les plantes [35, 40].

## 5. Conclusion

Les résultats de l'étude ont montré que l'enrichissement du compost améliore significativement le rendement du sorgho et que le traitement T3 (10 t. ha<sup>-1</sup> de CETH) s'est distingué en présentant les meilleures performances en termes de rendement, confirmant qu'un apport de 10 t. ha<sup>-1</sup> constitue un équilibre optimal entre l'apport en nutriments et la capacité d'absorption du sorgho. Ainsi il existe une dose optimale de compost enrichi au *Trichoderma harzianum* permettant d'augmenter la production du sorgho est vérifiée. Quant aux propriétés chimiques du sol, si des doses modérées permettent de préserver certains paramètres comme la matière organique et l'azote total, une application excessive tend à accélérer leur minéralisation et réduit significativement la disponibilité du phosphore et du potassium. Le compost enrichi au *Trichoderma harzianum* représente une alternative prometteuse pour l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements agricoles. Toutefois, une gestion raisonnée des doses appliquées est essentielle pour éviter des effets indésirables et maximiser les bénéfices à long terme.

## Remerciements

*Les auteurs tiennent à remercier Mme LANKOANDE Adeline d'avoir facilité la mise en place de l'essai et la collecte des données. Aussi, à la structure BIOPROTECT-B pour la disponibilité du compost enrichi au Trichoderma harzianum et au Laboratoire sol eau plante de l'INERA de Bobo-Dioulasso pour les analyses des échantillons de sol collectés lors de cette étude.*

## Références

- [1] - B. V. BADO, M. P. SÉDOGO, M. P. CESCAS, F. LOMPO et A. BATIONO, *Cahiers Agricultures*, 6 (6) (1997) 571 - 575
- [2] - A. MAS APARISI, R. GUISSOU, I. TAPSOBA et W. ILBOUDO, Analyse des incitations par les prix pour le sorgho au Burkina Faso pour la période 2005-2013 : *FAO*, (2014) 59
- [3] - I. SABO, A. SIRI et A. ZERBO, Analyse de l'impact des subventions de fertilisants chimiques de céréales au Burkina Faso: MEGC micro-simulé : *Ougadougou : Programme des Nations Unies pour le Développement, Document de travail*, (2010) 30
- [4] - C. P. BARRO-KONDOMBO, Diversités agro-morphologique et génétique de variétés locales de sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) du Burkina Faso. Eléments pour la valorisation des ressources génétiques locales, Université de Ouagadougou, (2010) 137
- [5] - I. TAPSOBA, A. M. APARISI, W. F. A. ILBOUDO et R. S. GUISSOU, Analysis of price incentives for sorghum in Burkina Faso over the period 2005-2013, (2019) 59
- [6] - O. B. IRÈNE, B. SALAMATA et S. C. EVELINE, *African Scientific Journal*, 3 (27) (2024) 1308 - 1326
- [7] - I. KARAMBIRI, Caractérisation agro-morphologique d'une collection de variétés locales de sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] de la région du Nord du Burkina Faso et identification des caractères d'intérêt Université Nazi Boni : Institut de Développement Durable, (2018) 87
- [8] - E. COMPAORE, J.-Y. GRIMAL, J.-L. MOREL et J.-C. FARDEAU, *Cahiers Agricultures*, 6 (4) (1997) 251 - 255
- [9] - E. COMPAORE, E. FROSSARD, S. SINAJ, J. C. FARDEAU et J.-L. MOREL, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34 (1-2) (2003) 201 - 223
- [10] - J. CHANTEREAU, J.-F. CRUZ, A. RATNADASS, G. TROUCHE et G. FLIEDEL, *Le sorgho : éditions Quae*, (2013) 264
- [11] - C. MOREL et C. PLENCHETTE, *Plant and Soil*, 158 (1994) 287 - 297
- [12] - N. A. ZIN et N. A. BADALUDDIN, *Annals of agricultural sciences*, 65 (2) (2020) 168 - 178
- [13] - W. ASGHAR et R. KATAOKA, *Archives of microbiology*, 203 (7) (2021) 4281 - 4291

- [14] - E. OUEDRAOGO et E. HIEN, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3) (2015) 1330 - 1340
- [15] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, B. TRAORE, M. S. D. BASSOLE, A. KABORE et J. B. LEGMA, *Afrique SCIENCE*, 14 (4) (2021) 189 - 202
- [16] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, B. TRAORE, M. S. D. BASSOLE, C. A. SAVADOGO et J. B. LEGMA, *Journal of Applied Biosciences*, 168 (1) (2021) 17375 - 17390
- [17] - J. SAWADOGO, R. F. W.-P. KABORE, A. OUIYA, C. A. SAVADOGO, M. BOUGOUMA et J. B. LEGMA, *Afrique SCIENCE*, 25 (4) (2024) 15 - 24
- [18] - A. WALKLEY et I. A. BLACK, *Soil Science*, 37 (1934) 29 - 38
- [19] - J. SAWADOGO, P. J. D. A. COULIBALY, M. BEOGO, C. A. SAVADOGO et J. B. LEGMA, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 35 (2) (2022) 249 - 259
- [20] - A. P. ROWLAND et P. M. HAYGARTH, *Journal of Environmental Quality*, 26 (2) (1997) 410 - 415
- [21] - BUNASOLS, Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, des eaux et des plantes. Document technique BUNASOLS, N° 3 (1987) 159 p.
- [22] - G. E. HARMAN, C. R. HOWELL, A. VITERBO, I. CHET et M. LORITO, *Nature reviews microbiology*, 2 (1) (2004) 43 - 56
- [23] - R. H. BRAY et L. T. KURTZ, *Soil science*, 59 (1) (1945) 39 - 46
- [24] - I. WALINGA, J. VAN DER LEE, V. J. HOUBA, W. VAN VARK et I. NOVOZAMSKY, *Wageningen Agricultural University*, 1 (1) (2013) 197 - 200
- [25] - AFNOR, Détermination du pH : *Association Française de NORmalisation NF ISO 103 90*. In : *AFNOR Qualité des sols*, Paris, (1981) 339 - 348
- [26] - M. A. KITABALA, U. J. TSHALA, M. A. KALENDA, I. M. TSHIJIKA, K. M. MUFIND, *Journal of Applied Biosciences*, 102 (1) (2016) 9669 - 9679
- [27] - S. B. ALAOUI, A. YASUEHI et I. H. I. JICA-DERD, Guide Pratique pour la Fertilisation Raisonnée des Principales Cultures au Maroc, Ministère de l'Agriculture du Développement rural et des pêches maritimes, (2005) 44
- [28] - C. ALTOMARE, W. NORVELL, T. BJÖRKMAN et G. HARMAN, *Applied and environmental microbiology*, 65 (7) (1999) 2926 - 2933
- [29] - E. FROSSARD, L. M. CONDRON, A. OBERSON, S. SINAJ et J. C. FARDEAU, *Journal of Environmental Quality*, 29 (2000) 15 - 23
- [30] - P. E. FIXEN, T. W. BRUULSEMA, *American Journal of Potato Research*, 91 (1) (2014) 121 - 131
- [31] - A. E. RICHARDSON, R. J. SIMPSON, *Plant Physiology*, 156 (3) (2011) 989 - 996
- [32] - A. MANDO, M. BONZI, M. C. S. WOPEREIS, F. LOMPO et L. STROOSNIJDER, *Soil Use and Management*, 21 (2005) 396 - 401
- [33] - Z. RENGEL et P. M. DAMON, *Physiologia plantarum*, 133 (4) (2008) 624 - 636
- [34] - L. M. CONDRON et H. TIESSSEN, Interactions of organic phosphorus in terrestrial ecosystems. In: Turner B.L., Frossard E., Baldwin D., editors. *Organic phosphorus in the environment*. Wallingford, Oxon, UK: CABI; (2005) 295 - 307 p.
- [35] - E. FROSSARD, L. CONDRON, A. OBERSON, S. SINAJ et J. FARDEAU, *Journal of environmental quality*, 29 (1) (2000) 15 - 23
- [36] - S. CHIEN, L. PROCHNOW, S. TU et C. SNYDER, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89 (2) (2011) 229 - 255
- [37] - A. E. RICHARDSON, J. P. LYNCH, P. R. RYAN, E. DELHAIZE, F. A. SMITH, S. E. SMITH, P. R. HARVEY, M. H. RYAN, E. J. VENEKLAAS et al., *Plant and Soil*, 349 (1-2) (2011) 121 - 156
- [38] - C. NOBILE, Phytodisponibilité du phosphore dans les sols agricoles de La Réunion fertilisés sur le long-terme avec des résidus organiques : la dose d'apport est-elle le seul déterminant à prendre en compte?, Université de la Réunion, (2017) 181
- [39] - A. E. RICHARDSON, M. A. DJORDJEVIC, B. G. ROLFE et R. J. SIMPSON, *Plant and Soil*, 109 (1) (1988) 37 - 47
- [40] - L. M. CONDRON et S. NEWMAN, *Journal of Soils and Sediments*, 11 (5) (2011) 830 - 840