

# Effet de la fertilisation phosphatée dans la production du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en zone nord-soudanienne du Burkina Faso

---

Jacques SAWADOGO<sup>1\*</sup>,  
Yitcherpin Naomi Rebecca BADOLO<sup>2</sup>,  
Sogo Bassirou SANON<sup>1</sup>,  
Abalo-Esso MAGAMANA<sup>3</sup>,  
Hama DIALLO<sup>1</sup>,  
Adama COULIBALY<sup>4</sup>

**Titre courant :** Fertilisation phosphatée au Burkina Faso

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de différentes sources de phosphore sur la productivité du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en zone nord-soudanienne du Burkina Faso. L'étude a été conduite au Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsé selon un dispositif en blocs complètement randomisés comportant trois répétitions et neuf traitements. Les neuf traitements étaient composés du témoin non fertilisé, du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH), du phosphate naturel calciné (PNC), du phosphate naturel partiellement acidulé (PNA), du NPK et différentes combinaisons PNC–PNA, PNC–TSP, PNA–TSP, ainsi que le TSP seul. Les paramètres mesurés ont porté sur la croissance, le rendement en graines, la biomasse et l'efficacité agronomique du

---

<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), Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, 06 BP 10212 Ouagadougou 06, Burkina Faso

<sup>3</sup> Institut Togolaise de Recherche Agronomique (ITRA), Laboratoire Sol engrais végétaux eaux (LaSEVE), BP 1163 Lomé, Togo

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

\*Auteur correspondant : Jacques Sawadogo, [jacques.sawadogo@inera.bf](mailto:jacques.sawadogo@inera.bf), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0799-6109>

phosphore. Les résultats montrent que les traitements phosphatés améliorent significativement la croissance et le rendement par rapport au témoin. Le rendement le plus élevé a été obtenu avec la combinaison 50 % PNC + 50 % TSP (4188 kg·ha<sup>-1</sup>), soit une augmentation supérieure à 200 % par rapport au témoin. La biomasse totale suit la même tendance. L'efficacité agronomique du phosphore est également maximale avec cette combinaison. Les sources appliquées individuellement améliorent également la productivité, mais dans une moindre mesure. Ces résultats indiquent que l'utilisation du PNC, seule ou en combinaison avec le TSP, constitue une option agronomiquement efficace pour améliorer durablement la production du niébé au Burkina Faso.

**Mots-clés** : niébé, phosphore, phosphate naturel, rendement, Burkina Faso

## **Effect of phosphorus Fertilization on cowpea production in the North Sudanian zone of Burkina Faso**

Current title: **Phosphorus Fertilization in Burkina Faso**

### **Abstract**

The objective of this study was to assess the effect of different phosphorus sources on cowpea productivity in the North Sudanian zone of Burkina Faso. The experiment was conducted at the Environmental, Agricultural, and Training Research Center in Kamboinsé using a randomized complete block design with three replications and nine treatments. These treatments comprise unfertilized control, compost enriched with *Trichoderma harzianum* (CETh), calcined phosphate rock (PNC), partially acidulated phosphate rock (PNA), NPK, and combinations of PNC–PNA, PNC–TSP, PNA–TSP, together with TSP alone. Growth, grain yield, total biomass, and agronomic phosphorus use efficiency were measured. Results showed that phosphorus fertilization significantly improved cowpea performance compared with the control. The highest grain yield (4188 kg·ha<sup>-1</sup>) was obtained with the 50 % PNC + 50 % TSP treatment, representing more than a two-fold increase over the control, and the highest total biomass and phosphorus agronomic efficiency were also recorded under this treatment. Individual phosphorus sources also improved yield, although to a lesser extent. These findings demonstrate that PNC, applied alone

or combined with TSP, is an agronomically effective option to enhance cowpea productivity in Burkina Faso.

**Keywords:** cowpea, phosphorus, phosphate rock, yield, Burkina Faso

## 1. Introduction

Les légumineuses constituent l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs appartenant à la famille des Fabacées. Les légumineuses jouent un triple rôle, la protection des sols contre la dégradation, la lutte contre les adventices, ainsi que l'amélioration et le maintien de la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique (SAWADOGO *et al.*, 2025b; THIÈGBA *et al.*, 2024). Le niébé est une plante qui occupe une place importante dans le régime alimentaire de nombreuses populations dans le monde. En effet, le niébé est un aliment de base apprécié en Afrique, car ses feuilles, ses gousses vertes et ses graines sèches peuvent être consommées et commercialisées (AKOUDJIN *et al.*, 2023). C'est une plante stratégique (SAWADOGO *et al.*, 2025c) que dans les politiques agricoles du Burkina Faso pour l'atteinte de la sécurité alimentaire. Cependant, la production du niébé est limitée par plusieurs facteurs dont le faible niveau de fertilité des sols et la répétition d'anciennes méthodes de culture (AKOUDJIN *et al.*, 2023). Du fait qu'un épuisement progressif des sols en zone subsaharienne est la cause des pertes en rendements pour les cultures en milieu paysan. Cette situation menace la sécurité alimentaire, car selon ZAPATA *et al.* (2004) et ZAPATA *et al.* (2002), la déficience en phosphore (P) des sols constitue l'une des principales contraintes biophysiques à l'augmentation des rendements des cultures. Ce qui rend difficile la culture du niébé en plus des aléas climatiques qui ont un impact considérable sur la productivité (HAROUNA *et al.*, 2020). Par ailleurs, une faible application des engrais en Afrique selon GHANI *et al.* (1996) est comptée parmi les causes de la faiblesse des performances dans les systèmes de production. Au Burkina Faso comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, l'agriculture est confrontée à une perte progressive de la fertilité des sols. En ce sens que la faible teneur en matière organique, l'insuffisance d'éléments nutritifs comme l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), l'acidification des sols et les sécheresses constituent une entrave à la production (CHIEN, 2019; SAWADOGO *et al.*, 2024). Aussi, la mauvaise gestion des terres agricoles et l'utilisation d'engrais chimique ont des effets négatifs sur l'environnement et sur les producteurs. Le phosphate naturel, depuis

quelques années, se présente donc comme une alternative. Pour cela, divers travaux (CHIEN *et al.*, 2011; KOUYATE *et al.*, 2020; NAKAMURA *et al.*, 2020) ont été menés afin de rendre le phosphore soluble et disponible rapidement pour la plante. C'est dans l'optique de contribuer à l'amélioration de la productivité du niébé par l'utilisation du phosphate sous diverses formes que cette étude a été initiée. Dans cette étude, il s'est agi spécifiquement de :

- ✓ déterminer l'effet de différentes formes de Burkina Phosphate sur les paramètres de croissance du niébé ;
- ✓ déterminer l'effet des différentes sources de phosphore sur les composantes de rendement du niébé.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Zone d'étude

L'expérimentation s'est déroulée en 2023 au Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) de Kamboinsé, Burkina Faso (12°27'23" N, 1°32'47" W, alt. 296 m). Le site appartient à la zone phytogéographique nord-soudanienne. Le climat est marqué par une saison sèche (de novembre à mai) et une saison humide (de juin à octobre). En 2023, la pluviométrie enregistrée d'avril à octobre était de 698 mm répartis sur 62 jours. Les températures moyennes varient de 27 °C en période froide (octobre-février) à 31 °C en période chaude, avec des maxima atteignant 38 °C. Les sols, de type ferrugineux tropicaux lessivés, présentent une texture limono-sableuse à limono-argileuse. Selon TRAORE *et al.* (2025a), les sols de Kamboinsé sont classés comme étant des sols ferrugineux tropicaux lessivés. Leurs compositions sont de type limono-sableux ou limono-argileux.

### 2.2. Matériel expérimental

#### 2.2.1. Matériel végétal

La variété *Teek-Songo* (BC3F12P34-3) a été utilisée. Créée par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso, cette variété a double objectif (grain et fourrage) a un cycle de 65 à 70 jours. Ses caractéristiques incluent des graines blanches, un potentiel de rendement en grains de 1,5 t. ha<sup>-1</sup> (800 kg. ha<sup>-1</sup> en milieu paysan) et un rendement fourrager de 4 à 5 t. ha<sup>-1</sup>.

### 2.2.2. Fertilisants

Trois types de fertilisants ont été testés :

Organique : compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH) ;

Minéraux : NPK (14-23-14), chlorure de potassium (KCl) ;

Phosphatés : phosphate naturel calciné (PNC), phosphate naturel partiellement acidulé (PNPA) et le triple super phosphate (TSP). Des images de fertilisants sont présentées à la figure 1



**Figure 1** : Fertilisants utilisés : compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (a) ; NPK (14-23-14) (b) ; phosphate naturel acidulé (c) ; phosphate naturel calciné (d) ; triple super phosphate (e)

### 2.3. Dispositif expérimental

L'essai a été installé selon un dispositif en blocs complètement randomisés (BCR) comprenant neuf traitements et trois répétitions. La parcelle expérimentale totale (594 m<sup>2</sup>) était subdivisée en unités élémentaires de 12 m<sup>2</sup>, séparées de 0,5 m. Les traitements comparés et leurs doses sont présentés dans le tableau I.

**Tableau I :** Récapitulatif des quantités de fertilisants (g/parcelle élémentaire), de nutriments N, P et K (kg. ha<sup>-1</sup>) apporté par traitement

| Traitements | Quantités/parcelle élémentaire (g) |      |        |        |      |         | Doses des nutriments (kg. ha <sup>-1</sup> )/parcelle |                               |                  |
|-------------|------------------------------------|------|--------|--------|------|---------|---|-------------------------------|------------------|
|             | PNC                                | PNA  | TSP    | NPK    | Urée | KCl (g) | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| T0          | -                                  | -    | -      | -      | -    | -       | -   | -                             | -                |
| T1          |                                    | -    | -      | -      | -    | -       | 14  | 23                            | 14               |
| T2          | 133,08                             | -    | -      | -      | 2,54 | 4,347   | 14  | 23                            | 14               |
| T3          |                                    | 0,88 | -      | -      | 2,54 | 17,067  | 14  | 23                            | 14               |
| T4          |                                    |      |        | 120,00 | -    | -       | 14  | 23                            | 14               |
| T5          | 66,54                              | 0,44 | -      | -      | 2,54 | 18,667  | 14  | 23                            | 14               |
| T6          | 66,54                              | -    | 70,23  | -      | 2,54 | 18,667  | 14  | 23                            | 14               |
| T7          | -                                  | 0,44 | 70,23  | -      | 2,54 | 18,667  | 14  | 23                            | 14               |
| T8          | -                                  | -    | 140,46 | -      | 2,54 | 18,667  | 14  | 23                            | 14               |

**Légende :** T0 : Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné (PNC); T3 : phosphate naturel acidulé (PNA); T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate (TSP)

## 2.4. Conduite de l'essai

La préparation du sol a inclus un labour au cover-crop suivi d'un affinage à la daba pour favoriser la levée. Le compost (6 kg/parcelle) a été incorporé en fumure de fond. Les semences, traitées au CAÏMA rouge P (*mancozèbe*) et semées avec un écartement de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets. La fertilisation minérale (NPK et engrais phosphatés) a été apportée en une fraction localisée deux semaines après semis (JAS). Le KCl a été appliqué à 10 JAS sur tous les lots sauf le témoin. La protection phytosanitaire a été assurée par deux applications d'insecticides dont le premier traitement avec le PACHA 25 EC (acétamipride + Lambda cyhalothrine) et l'IDEFIX respectivement à la dose de 0,048 g/l avant la floraison et le deuxième traitement avec EMACOT et PACHA 25 EC combinés après floraison.

## 2.5. Collecte et analyse de données

### 2.5.1. Paramètres de croissance et de rendement

Les mesures ont été effectuées sur 15 plantes par unité élémentaire aux 15<sup>e</sup>, 22<sup>e</sup>, 29<sup>e</sup> et 36<sup>e</sup> JAS :

Hauteur des plantes (cm) : c'est la hauteur moyenne de 15 plantes dans le carré de rendement. Elle a été mesurée du collet jusqu'à l'extrémité de la plus grande feuille.

Diamètre au collet des plantes (mm) : c'est la moyenne de mesures effectuées sur 15 plantes ayant servi à la mesure de la hauteur. Il est mesuré au collet à l'aide d'un pied à coulisse numérique aux mêmes dates que la hauteur.

Nombre de ramifications des plantes : il a été compté du 15<sup>e</sup> au 36<sup>e</sup> JAS, sur les mêmes plantes que pour la hauteur et le diamètre.

Poids des gousses : il a été pesé après séchage.

Poids de 100 grains : les 100 grains ont été comptés à l'aide d'un compteur numérique puis pesé avec une balance numérique de précision à 10<sup>-4</sup> près.

Rendement grain : il a été déterminé à partir du poids grain de niébé récolté par traitement et extrapolé à l'hectare en utilisant la formule 1 :

$$\text{Rendement grain (kg.ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Poids grain obtenu par parcelle utile (kg)}}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}} \times 10000 \quad (1)$$

Biomasse totale (tige + feuilles) : l'estimation est faite à l'aide de la formule 2 :

$$\text{Biomasse totale (kg.ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Poids des tiges (kg)} \times 10000}{\text{Surface (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Avec 10 000 m<sup>2</sup> la conversion de 1 hectare.

### 2.5.2. Paramètres calculés

Les indices ont été calculés selon les formules suivantes :

Le taux de croissance relative (%) : il a été déterminé respectivement pour la hauteur à travers la formule :

$$\text{TCRh} = \frac{\text{Hauteur finale} - \text{Hauteur initiale}}{\text{Hauteur initiale}} \times 100 \quad (3)$$

Pour le diamètre au collet à travers la formule suivante :

$$\text{TCRd} = \frac{\text{Diamètre final} - \text{Diamètre initial}}{\text{Diamètre initial}} \times 100 \quad (4)$$

L'indice de récolte (IDR) exprimé en pourcentage est un paramètre de caractérisation de la quantité de grain. Il a été déterminé en faisant le rapport du rendement grain sur la biomasse à travers la formule 5 (SAWADOGO *et al.*, 2025) :

$$\text{IDR (\%)} = \frac{\text{Rendement grain}}{\text{Biomasse totale}} \times 100 \quad (5)$$

L'efficacité agronomique des nutriments : elle a été aussi calculée selon la formule 6 de OUEDRAOGO *et al.* (2024) :

$$\text{EAR (g grain/g nutriment appliqué)} = \frac{\text{RdTi} - \text{RdT}_0}{\text{dose du nutriment (P) appliquée}} \quad (6)$$

Avec RdTi le rendement de la parcelle fertilisée, RdT0 le rendement de la parcelle témoin non fertilisée.

## 2.6. Traitement et analyse des données

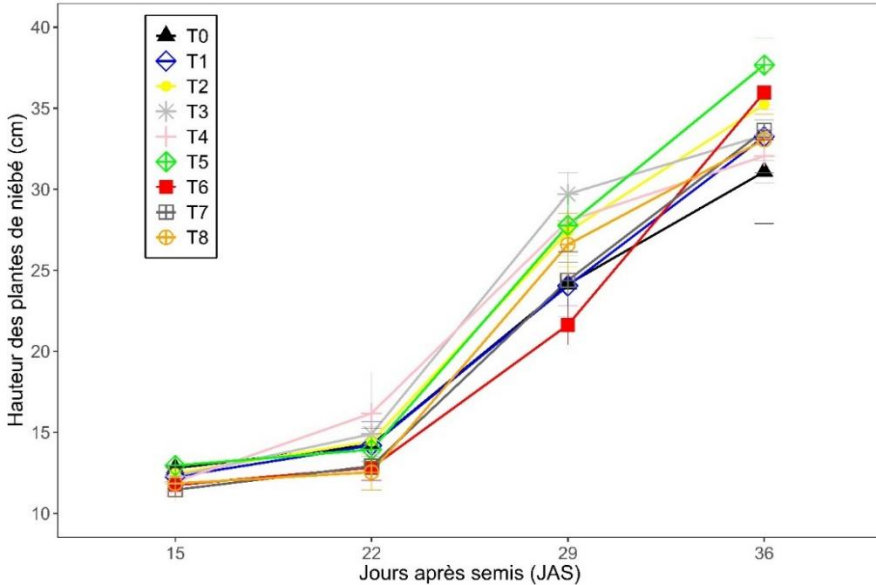
Les données collectées ont été saisies avec le tableur Excel version 2021 puis soumises à une analyse de variance au seuil de 5% à l'aide du logiciel statistique GenStat 12<sup>e</sup> édition. Le test de Student Newman Keuls a été utilisé pour séparer les moyennes lorsque les différences étaient significatives. Les graphiques et les courbes d'évolution ont été réalisés avec le logiciel R version 4.5.0 couplé à Rstudio version 2025.05.1-513 avec les packages ggplot2 et RcmdrMisc.

## 3. Résultats

### 3.1. Évolution de la hauteur des plantes de niébé

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les traitements sur la hauteur des plantes de niébé du 15<sup>ème</sup> JAS jusqu'au 36<sup>ème</sup> JAS ( $P > 0,05$ ) (figure 2). La plus grande hauteur (12,79 cm) a été obtenue avec la parcelle (T5) ayant reçu 50% de PNC + 50% PNA à 15 JAS, tandis que la plus petite hauteur (11,45 cm) a été obtenue avec la parcelle (T7) ayant reçu 50% de PNA et de 50% TSP au 15<sup>ème</sup> JAS. Par contre, les résultats obtenus au 22<sup>ème</sup> JAS ont montré que la valeur la plus élevée (16,18 cm) a été observée avec la parcelle ayant reçue du NPK (14-23-14) alors que la valeur la plus faible (12,24 cm) a été obtenue avec le témoin absolu. L'analyse de variance au 29<sup>ème</sup> JAS a montré que la hauteur la plus élevée (29,70 cm) a été obtenue avec le phosphate naturel acidulé (T3) alors que la plus faible valeur (21,63 cm) a été obtenue avec la combinaison 50% de PNC + 50% de TSP. La dernière mesure au 36<sup>ème</sup> JAS a révélé que la plus grande valeur (37,67

cm) a été obtenue avec la combinaison 50% de PNC + 50% de PNA tandis que la plus faible valeur (31,08 cm) a été obtenue avec le témoin absolu. Il ressort de ces résultats que la combinaison du PNC avec le PNA ainsi que les apports en formulation unique du PNC ont permis d'améliorer la hauteur du niébé (figure 2).



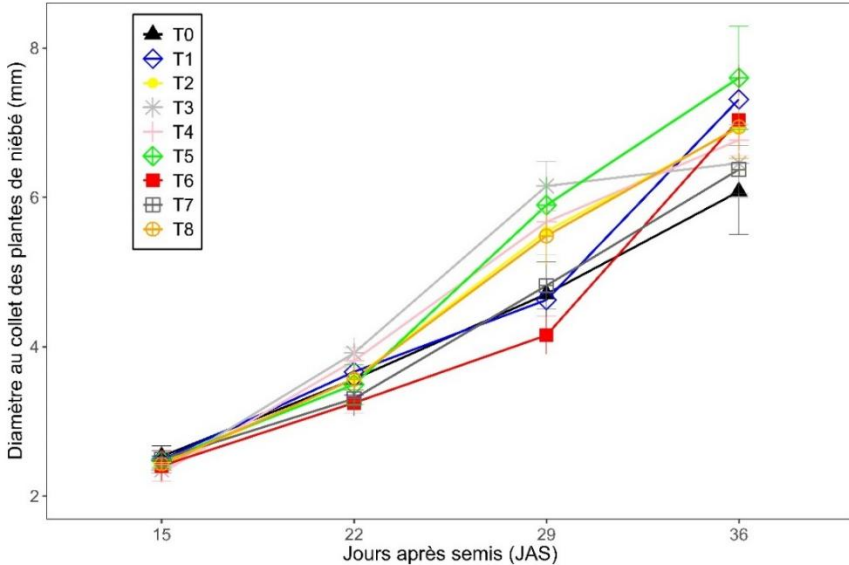
**Figure 2 :** Évolution de la hauteur des plantes de niébé dans le cycle

**Légende :** T0 : Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné ; T3 : phosphate naturel acidulé ; T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate

### 3.2. Évolution du diamètre au collet des plantes de niébé

L'analyse de variance (figure 3) montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements le 15<sup>ème</sup> et le 22<sup>ème</sup> JAS. En effet, la meilleure moyenne (2,53 mm) a été obtenue avec le témoin absolu au 15<sup>ème</sup> JAS et la valeur la plus faible (2,31 mm) a été obtenue avec le NPK (14-23-14). Au 22<sup>ème</sup> JAS, la valeur la plus élevée a été enregistrée avec le CETH alors que la plus faible valeur a été obtenue avec la parcelle ayant reçu la combinaison 50% PNC + 50% TSP. Au 29<sup>ème</sup> JAS, le plus grand diamètre au collet (6,151 mm) a été obtenu avec la parcelle ayant reçu le phosphate naturel acidulé (PNA) et celui le plus petit (4,153 mm) avec la parcelle ayant reçu la combinaison 50% PNC + 50% TSP. Les dernières mesures au 36<sup>ème</sup> JAS ont montré que le traitement combinant le PNC et le PNA a obtenu

la moyenne la plus élevée (7,59 mm) tandis que le témoin absolu a obtenu une faible valeur (6,07 mm). Cette étude indique également que la combinaison des deux phosphates (PNC + PNA) a eu un effet significatif sur le diamètre des plantes de niébé.

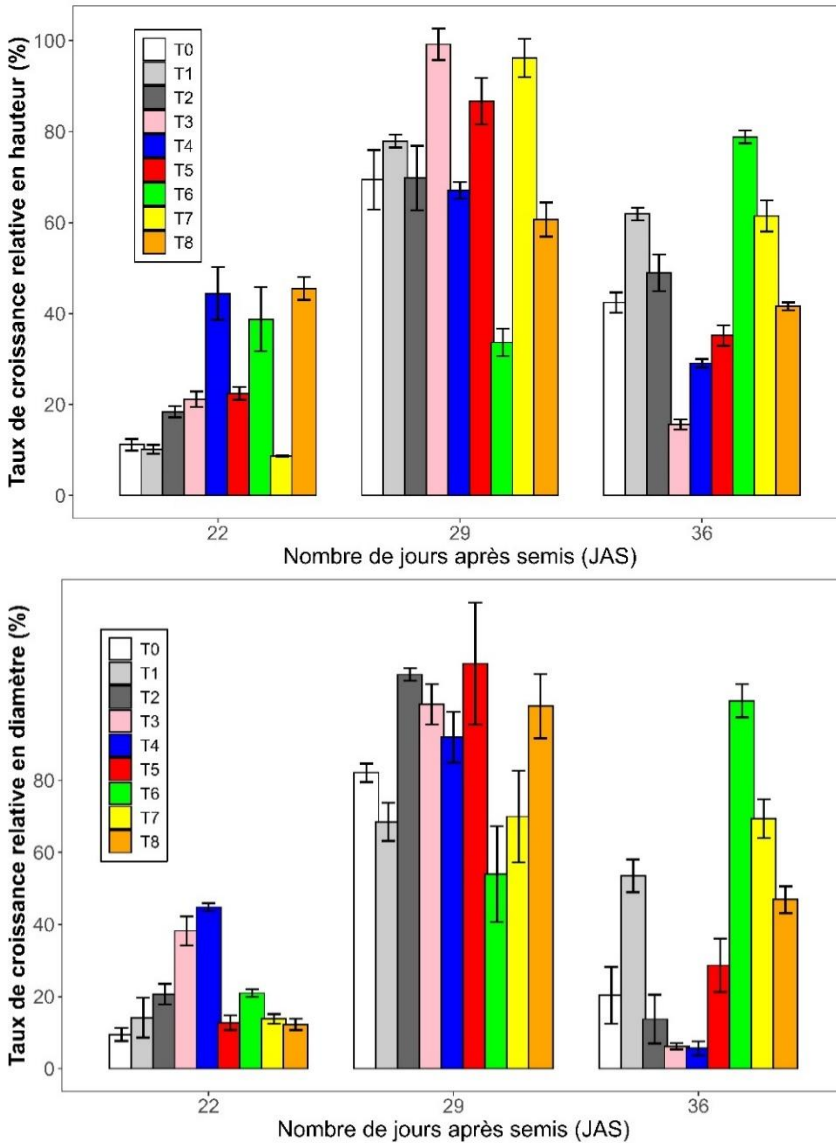


**Figure 3 :** Évolution du diamètre au collet des plantes de niébé en fonction des traitements

**Légende :** T0 : Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné ; T3 : phosphate naturel acidulé ; T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate

### 3.3. Effets des traitements sur le taux de croissance relative en hauteur et en diamètre au collet

Les résultats du taux de croissance relative de la hauteur et du diamètre au collet des plantes de niébé sont présentés sur la figure 4. L'analyse de variance révèle que la plus grande valeur (64,84%) a été observée au niveau du traitement (T6) combinant 50% PNC + 50%TSP tandis que la plus faible valeur (12,22%) a été observée au niveau du traitement (T3) au 36<sup>ème</sup> JAS pour ce qui concerne la hauteur. Quant au taux de croissance relative en diamètre des plantes, l'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative. En ce sens que le TCRd le plus élevé a été obtenu avec la combinaison 50% PNC + 50% TSP (72,62%), tandis que le TCRd le plus faible a été obtenu avec le 50%PNC + 50% PNA (4,77%).



**Figure 4 :** Effets des traitements sur le taux de croissance relative des plantes de niébé

**Légende :** T0 : Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné ; T3 : phosphate naturel acidulé ; T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate

### 3.4. Effet des traitements sur les paramètres de production du niébé

Les résultats de l'analyse de variance consignés dans le Tableau II indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements ( $p > 0,05$ ) pour les paramètres nombre de ramifications, nombre de gousses, poids des gousses et poids de 100 grains. Il ressort que le traitement T4 présente le plus grand nombre de ramifications (12,56) alors que le plus petit nombre est obtenu avec le traitement T1.

Pour le paramètre nombre de gousses, l'analyse de variance a révélé que le PNC a donné plus de gousses (508 gousses) comparativement aux autres traitements. Le traitement NPK malgré son plus grand nombre de ramifications a donné un nombre relativement faible (200 gousses) comparé au témoin absolu. Pour le paramètre poids de gousses, les résultats de l'analyse de variance ont montré que le traitement combinant le PNC avec le TSP a obtenu le poids de gousses le plus élevé (760 g) ; tandis que, le poids de gousses le plus faible a été enregistré avec le NPK (14-23-14). L'analyse de variance sur le poids de 100 grains obtenu a révélé que le traitement T3 a été plus efficace (15,97 g) que les autres traitements, qui ont donné pour ce paramètre des valeurs similaires.

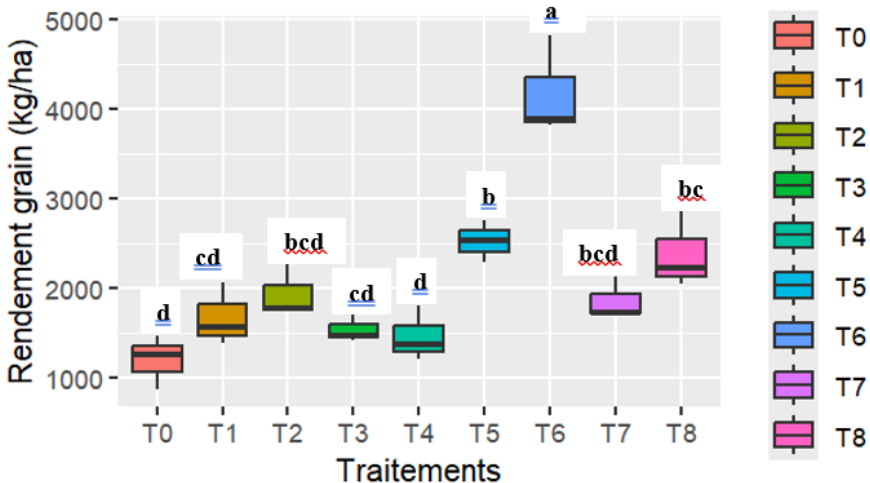
**Tableau II** : Variation du nombre de ramifications, du nombre de gousses, du poids des gousses et du poids de cent grains

| Traitements          | Nombre de ramifications | Nombre de gousses | Poids des gousses (kg) | Poids de 100 grains (g) |
|----------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| Témoin absolu        | 11,82 ± 1,10            | 229,7 ± 31,63     | 0,43 ± 0,08            | 15,47 ± 0,46            |
| CETh                 | 10,80 ± 0,66            | 312,3 ± 105,36    | 0,52 ± 0,16            | 15,73 ± 0,76            |
| PNC                  | 12,13 ± 1,24            | 508,0 ± 89,24     | 0,65 ± 0,08            | 15,23 ± 0,42            |
| PNA                  | 11,33 ± 0,37            | 316,3 ± 59,00     | 0,50 ± 0,08            | 15,97 ± 0,57            |
| NPK                  | 12,56 ± 0,93            | 200,0 ± 38,74     | 0,35 ± 0,06            | 15,89 ± 0,38            |
| 50% PNC+<br>50% PNA  | 11,80 ± 0,87            | 446,7 ± 61,17     | 0,70 ± 0,07            | 15,28 ± 0,23            |
| 50% PNC +<br>50% TSP | 11,13 ± 0,57            | 410,3 ± 79,28     | 0,76 ± 0,15            | 16,18 ± 0,09            |
| 50% PNA +<br>50% TSP | 11,47 ± 1,10            | 345,3 ± 39,67     | 0,54 ± 0,04            | 15,30 ± 0,46            |
| TSP                  | 11,82 ± 0,21            | 330,3 ± 77,61     | 0,63 ± 0,08            | 15,58 ± 0,34            |
| CV%                  | 12,7                    | 34,6              | 29,5                   | 5,0                     |
| Probabilité          | 0,912                   | 0,099             | 0,130                  | 0,797                   |
| Signification        | ns                      | ns                | ns                     | ns                      |

**Légende :** CV% : Coefficient de variation en pourcentage ; CETH : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; PNC : phosphate naturel calciné ; PNA : phosphate naturel acidulé ; NPK : Azote Phosphore Potassium ; TSP : Triple super phosphate ; les chiffres portant les mêmes lettres n'ont pas de différence significative au seuil de 5% (ANOVA, Test de Newman Keuls), ns : non significatif.

### 3.5. Effets des traitements sur le rendement grain et la biomasse totale du niébé

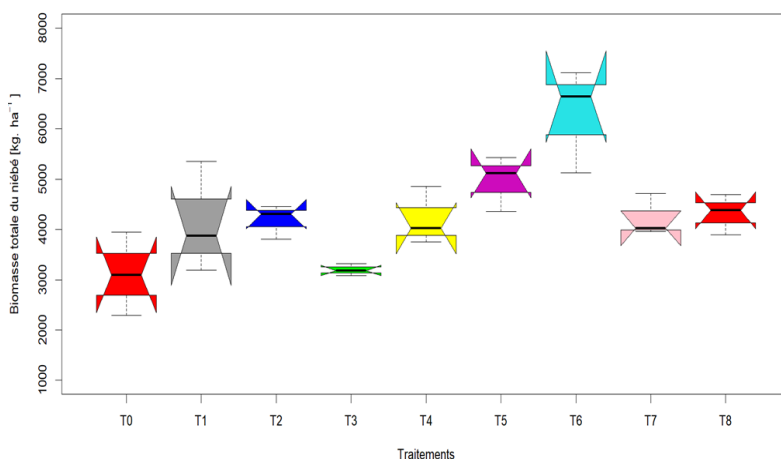
L'analyse de variance a montré une différence hautement significative, statistiquement ( $P < 0,01$ ) entre les traitements pour le rendement du grain du niébé (figure 5). Le rendement le plus élevé a été obtenu avec l'application du traitement T6 combinant le PNC et le TSP ( $4188 \pm 323,3 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) suivi du traitement T5 ( $2531 \pm 136,3 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) puis du traitement T8 (TSP =  $2389 \pm 251,6 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) et le plus bas, avec le traitement témoin non fertilisé (T0 =  $1206 \pm 173,2 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). Les rendements en grain obtenus par les différents traitements par rapport au témoin non fertilisé ont permis de les hiérarchiser dans l'ordre suivant : T6 > T5 > T8 > T2 > T1 > T7 > T3 > T4. Le meilleur gain de rendement en grain par rapport au témoin non fertilisé, soit  $247,26 \pm 43,21\%$ , a été obtenu avec l'application du traitement T6. Il est suivi des traitements T8 et T5, avec respectivement des suppléments de rendement de  $99,42 \pm 24,93\%$  et  $93,84 \pm 9,85\%$ .



**Figure 5 :** Rendement grain du niébé sous différents traitements

**Légende :** Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné ; T3 : phosphate naturel acidulé ; T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate

L'analyse de variance (figure 6) montre qu'il existe une différence significative ( $p < 0,001$ ) entre les traitements appliqués à la biomasse totale du niébé. En effet, le traitement combinant 50% PNC et 50% TSP (T6) a enregistré la meilleure biomasse totale ( $6294 \pm 601,5^a$  kg. ha<sup>-1</sup>) suivie du traitement combinant 50% PNC et 50% PNA ( $4966 \pm 317,1^b$  kg. ha<sup>-1</sup>). La plus faible biomasse totale ( $3112 \pm 476,9^b$  kg. ha<sup>-1</sup>) a été obtenue avec le témoin non fertilisé. Les combinaisons du PNC avec le PNA et le TSP ont beaucoup plus participé à la production de la biomasse comparée aux autres traitements, montrant ainsi l'efficacité de la combinaison.



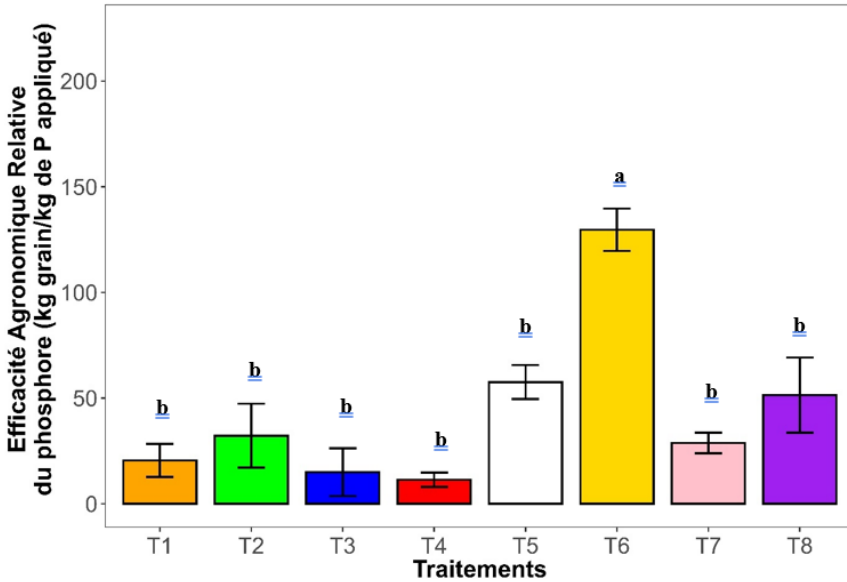
**Figure 6** : biomasse totale du niébé sous différents traitements

**Légende** : Témoin sans fertilisant ; T1 : Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; T2 : phosphate naturel calciné ; T3 : phosphate naturel acidulé ; T4 : Azote Phosphore Potassium ; T5 : 50% PNC + 50% PNA ; T6 : 50% PNC + 50% TSP ; T7 : 50% PNA + 50% TSP ; T8 : Triple super phosphate

### 3.6. Effet des traitements sur l'efficacité agronomique d'utilisation des nutriments

L'analyse statistique a révélé une différence significative ( $P < 0,001$ ) entre les traitements pour l'efficacité agronomique de l'élément nutritif P (figure 7). On note que les traitements T6, T5 voire T8 se distinguent en enregistrant les plus grandes valeurs d'efficacité agronomique de l'élément nutritif P (figure 7). Par rapport aux traitements T5 et T8, le traitement T6 s'est particulièrement illustré en permettant une amélioration de l'efficacité agronomique du phosphore de 129,68%. Par conséquent, avec environ 129 kg de rendement supplémentaire par

kg de phosphore apporté on note également une corrélation positive entre le rendement du grain de niébé et l'exportation du phosphore ( $R^2 = 0,928$ ).



**Figure 7 :** Effet des traitements sur l'efficacité agronomique du phosphore (P)

**Légende :** Témoin sans fertilisant ; **T1 :** Compost enrichi au *Trichoderma harzianum* ; **T2 :** phosphate naturel calciné ; **T3 :** phosphate naturel acidulé ; **T4 :** Azote Phosphore Potassium ; **T5 :** 50% PNC + 50% PNA ; **T6 :** 50% PNC + 50% TSP ; **T7 :** 50% PNA + 50% TSP ; **T8 :** Triple super phosphate

## 4. Discussion

Cette expérimentation a été mise en place afin de valoriser les gisements de phosphate naturel du Burkina Faso. Il ressort de cette étude que les paramètres de croissance n'ont présenté aucune variation significative en fonction des traitements appliqués. Par rapport au témoin sans fertilisant, les sources de phosphore particulièrement le phosphate naturel acidulé (T2 = PNA) et le phosphate naturel calciné (T3 = PNC) ont amélioré la croissance des plantes de niébé. Leur combinaison (T5 = 50% PNC + 50% PNA) a permis d'obtenir les meilleures valeurs en hauteur et en diamètre au collet respectivement 37,67 cm et 7,60 mm au 35<sup>e</sup> jour. Ce résultat pourrait s'expliquer par la solubilisation rapide du PNA et du PNC qui apportent à la plante le phosphore nécessaire pour sa croissance. Aussi, la combinaison des deux sources de phosphore pourrait augmenter la disponibilité des

nutriments dans la zone racinaire due à des niveaux de nutrition optimaux. Ce qui aurait favorisé une meilleure absorption et un transport plus efficace des minéraux et éléments nutritifs, conduisant finalement à une accumulation accrue de photosynthétats dans la plante ((TRAORÉ *et al.*, 2023)). Ces résultats corroborent aussi ceux de COMPAORÉ *et al.* (1997) et de BIKIENGA (2017), qui affirmaient que la calcination permet d'améliorer la pureté, la solubilité et la réactivité du phosphate naturel, le rendant ainsi plus efficace pour la nutrition des plantes. En outre, l'apport du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* (CETH) en fumure de fond a contribué à la solubilisation du PNC et du PNA. En effet, les champignons du genre *Trichoderma harzianum* attaquent les phosphates naturels pour les rendre solubles (SAWADOGO *et al.*, 2025). Par ailleurs, la production de certains acides organiques tels que l'acide citrique et gluconique et/ou fumarique par le *Trichoderma harzianum* réduit le pH du sol entraînant la solubilisation des phosphates. Ce processus libère le phosphore sous forme assimilable aux plantes (SAWADOGO *et al.*, 2024; VINALE *et al.*, 2008a).

Le traitement T2 a permis d'obtenir un rendement en graines de niébé significativement plus élevé, atteignant 1947 kg/ha, soit une augmentation de 32,81 % par rapport au témoin en application seule. En comparaison, le traitement T3 (PNA) a produit un rendement de 1 550 kg/ha, correspondant à une légère hausse de 5,7 % par rapport au témoin. Aussi, le traitement T6 (50% PNC + 50%TSP) a toutefois permis d'obtenir le meilleur rendement grain, soit 4,188 t/ha. Ces résultats montrent encore l'efficacité du PNC avec le CETH en fumure de fond (VINALE *et al.*, 2008). Aussi, la solubilisation du phosphate naturel calciné est fonction du niveau d'eau du sol (SAWADOGO *et al.*, 2021). Ces résultats corroborent ceux de TRAORÉ *et al.* (2025a) qui affirmaient que la solubilisation du phosphate naturel calciné est favorisée par son association avec des engrais solubles. Des résultats similaires ont été obtenus par KOUYATE *et al.* (2020) sur la combinaison du phosphate naturel et du triple super phosphate (TSP). En effet, le TSP a joué un rôle important en favorisant la solubilisation du PNC. Ce résultat corrobore ceux de TRAORE *et al.* (2023) et de TRAORÉ *et al.* (2025b) qui ont affirmé que le TSP permet d'accroître la solubilisation du PNC. Concernant la biomasse totale (rendement fane), les résultats de l'analyse de variance ont montré l'existence d'une différence significative entre les différents traitements appliqués. En effet, le PNC (T2) a participé à la production de biomasse comparé au

PNA (T3) et au témoin sans fertilisant (T0) qui ont tous deux donné de faibles biomasses. Aussi, la combinaison 50%PNC + 50% TSP a permis d'obtenir une biomasse totale importante soit 6294 kg. ha<sup>-1</sup>. Ce résultat vient confirmer l'aspect fourrager de cette variété qui est à double objectif. Ce résultat est en accord avec ceux de NAKAMURA *et al.* (2015) qui affirment que la calcination est un procédé qui permet d'améliorer la pureté, la solubilité et la réactivité du phosphate naturel pour les plantes. Les résultats obtenus sur le rendement en grain et sur la biomasse du niébé montrent que les traitements appliqués ont induit un effet significatif. L'efficacité agronomique relative des nutriments majeurs a été la plus élevée avec le traitement T6 (129,68 kg de grain par kg de phosphore appliqué). Cela repose sur l'utilisation des engrais est étroitement liée à l'efficacité interne ainsi qu'à l'efficacité physiologique des nutriments (FIXEN *et al.*, 2014; IWASAKI *et al.*, 2022). Cependant, ce traitement (T6) présente une différence statistiquement significative par rapport aux autres. Ces résultats pourraient s'expliquer par une forte disponibilité des nutriments dans le sol, entraînant une consommation excessive qui limite par ailleurs l'efficacité d'utilisation interne des nutriments (OUEDRAOGO *et al.*, 2024). Cette disponibilité accrue des nutriments pourrait être expliquée par le fait que la parcelle où le dispositif a été implanté était celle d'une expérimentation de riz.

## Conclusion

Cette étude avait pour objectif de contribuer à l'amélioration de la production du niébé au Burkina Faso par l'utilisation de diverses sources de phosphore. Il en ressort que les traitements T2 et T3 en application seule ont amélioré la croissance des plantes (respectivement 32,81% et 5,7%) par rapport au témoin sans fertilisant ; leur combinaison a eu aussi un effet significatif sur les paramètres de croissance ( $P < 0,05$ ). Cependant, la combinaison du PNC avec le TSP (T6) a été plus efficace et a permis d'obtenir de meilleure croissance et de rendement en graines plus élevé (4188 kg. ha<sup>-1</sup>). Ainsi, au regard des résultats obtenus, le traitement T2 (PNC seul) ou sa combinaison avec le TSP pourrait être recommandée pour une amélioration de la productivité du niébé au Burkina Faso.

## Conflits d'intérêts :

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

## Contributions des auteurs

Ce travail a été réalisé en collaboration entre tous les auteurs. Y. N. R. BADOLO, A. COULIBALY, A-E MAGAMANA, H. DIALLO et J. SAWADOGO ont conçu l'étude, rédigé le protocole expérimental et collecté les données de terrain. S. B. SANON et J. SAWADOGO ont fait les traitements statistiques et interprété les résultats de l'étude. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

## Remerciements

Les auteurs de cet article remercient Monsieur Hama DIALLO pour son précieux appui depuis les travaux de mise en place de l'essai jusqu'à la récolte. Aussi, à Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) pour le soutien financier dans la réalisation de cette étude.

## 5. Références bibliographiques

AKOUDJIN M., DABIRÉ K., SOMDA M.B., KINDA A.M., BADO O. et KABORE-ZOUNGRANA C.Y. (2023). Effet des extraits de neem (*azadirachta indica* (a.) Juss.) comme biopesticides sur les insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) dans le centre Ampo/Tond-Tenga, zone péri-urbaine de Ouagadougou, Burkina Faso. *International Journal of Current Research*, 15 (01), 23365-23371. <https://doi.org/https://doi.org/10.24941/ijcr.44666.01.2023>

BIKIENGA I.M. (2017). Les phosphates naturels du Burkina Faso: Caractérisation, efficacité agronomique, intérêt économique. Editions Techniques et Professionnelles. 292 p.

CHIEN S., PROCHNOW L., TU S. et SNYDER C. (2011). Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89 (2), 229-255. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9390-4>

CHIEN S.H. (2019). Enhancement effect of water-soluble phosphorus on agronomic effectiveness of phosphate rocks. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50 (16), 2065-2073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1654502>

COMPAORÉ E., GRIMAL J.-Y., MOREL J.-L. et FARDEAU J.-C. (1997). Efficacité du phosphate naturel de Kodjari (Burkina Faso). *Cahiers agricultures*, 6 (4), 251-255. <https://doi.org/https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30015>

FIXEN P.E. et BRUULSEMA T.W. (2014). Potato management challenges created by phosphorus chemistry and plant roots. *American Journal of Potato Research*, 91 (1), 121-131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12230-014-9374-z>

GHANI A. et RAJAN S. (1996). Differential availability of partially sulphuric and phosphoric acidulated phosphate rocks I. Plant response. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47 (3), 251-259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01986280>

HAROUNA M.A., BAOUA I., RABE M.M., SAIDOU A.-A., AMADOU L. et TAMO M. (2020). Étude diagnostique des principales contraintes de la culture du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) dans les régions de Maradi et Zinder au Niger. *Afrique Science: revue internationale des sciences et technologies*, 16 (5), 32-43. <https://doi.org/http://www.afriquescience.net>

IWASAKI S., IKAZAKI K., BOUGMA A. et NAGUMO F. (2022). Appropriate use of local phosphate rock increases phosphorus use efficiency and grain yield of sorghum and cowpea in the Sudan Savanna. *Frontiers in Soil Science*, 1, 709507.

KOUYATE A.B., IBRAHIM A., SERME I. et DEMBÉLÉ S.G. (2020). Réponses du sorgho à l'apport de différentes formes de phosphate naturel de Tilemsi combiné avec de fertilisants solubles dans un système de production à faible intrant au Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (9), 3285-3296. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.25>

NAKAMURA S., IMAI T., TORIYAMA K., TOBITA S., MATSUNAGA R., FUKUDA M. et NAGUMO F. (2015). Solubilization of Burkina Faso phosphate rock through calcination method. *Japan. J. Soil. Sci. Plant Nutr.*, 86, 535-539. <https://doi.org/https://www.tandfonline.com/>

NAKAMURA S., SAIDOU S., BARRO A., JONAS D., FUKUDA M., KANDA T. et NAGUMO F. (2020). Kodjari phosphate rock for rain-fed lowland rice production in the Sudan Savanna, Burkina Faso.

*Tropical Agriculture and Development*, 64 (2), 97-106. <https://doi.org/10.11248/jsta.64.97>

OUEDRAOGO J., SAWADOGO A., POUYA M.B., OUEDRAOGO M. et SEREME I. (2024). Effet du placement profond du NPK super granulé sur la productivité de la tomate sous irrigation et l'efficacité d'utilisation des nutriments en zone semiaride du Burkina Faso.: Placement profond de l'engrais en production de tomate. *Sciences Naturelles et Appliquées*, 43 (2 (1)), 9-30. <https://doi.org/https://www.revuesciences-techniquesburkina.org/>

SAWADOGO J., COULIBALY P.J.d.A., TRAORE B., BASSOLE M.S.D., SAVADOGO C.A. et LEGMA J.B. (2021). Effets des fertilisants biologiques sur la productivité de la tomate en zone semi-aride du Burkina Faso *Journal of Applied Biosciences*, 167 (1), 17375 – 17390. <https://doi.org/https://doi.org/10.35759/JABs.167.8>

SAWADOGO J., KABORE R.F.W.-P., OUIYA A., SAVADOGO C.A., BOUGOUMA M. et LEGMA J.B. (2024). Optimisation des propriétés chimiques d'un sol hydromorphe dans la région du centre au Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 25 (4), 15-24. <https://doi.org/http://www.afriqscience.net>

SAWADOGO J., NAKAMURA S., SANON S.B., NANA E.M.W.-d., SOMA F. et NAGUMO F. (2025c). Influence de différentes sources de phosphore sur la production du niébé [*Vigna unguiculata* (L) walp.] et sur les propriétés chimiques du sol au Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 27 (2), 12-25. <https://doi.org/http://www.afriqscience.net>

SAWADOGO J., SIMPORE W.N.A.E., SANON S.B., ZABSONRE U.S., SOMA F. et NANA E.M.W.-d. (2025b). Effet de doses croissantes du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur la productivité d'une association de culture sorgho-niébé en zone nord soudanienne, Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 26 (6), 65-76. <https://doi.org/http://www.afriqscience.net>

SAWADOGO J., SIMPORÉ W.N.A.E., SANON S.B., ZABSONRÉ U.S., SOMA F. et NANA E.M.W.-d. (2025). Effet de doses croissantes du compost enrichi au *Trichoderma harzianum* sur la productivité d'une association de culture sorgho - niébé en zone nord soudanienne, Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 26 (6), 65 - 76. <https://doi.org/http://www.afriqscience.net>

THIÈGBA K.K., SÉRAPHIN K.K., BENJAMIN K.K., ASER K.Y.B., BRICE D.K.E., SIDOINE E.B. et NOËL G. (2024). Effets de biofertilisants à base de filtrat d'*Azolla caroliniana* et du compost sur les paramètres physicochimiques et organoleptiques des fruits de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 44 (1), 244-252.

TRAORE B., MAMOUDOU T., ANDRÉ B. et HASSAN BISMARCK N. (2023). Amélioration des propriétés chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé par le phosphate naturel calciné. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 6 (4), 120 - 129. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v6i4.13>

TRAORÉ B., TRAORÉ M., BÉYÉ A. et NACRO H.B. (2023). Amélioration des propriétés chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé par le phosphate naturel calciné. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 6 (4), 120-129.

TRAORÉ B., TRAORÉ M., COULIBALY P.J.d.A., SAWADOGO J., PAPA S.S. et NACRO H.B. (2025a). Effect of calcined/non-calcined phosphate rock application on crop yield and phosphorus availability to replace commercial fertilizer on a lixisol in Burkina Faso. *ARCHIVES OF AGRONOMY AND SOIL SCIENCE*, 71 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03650340.2025.2496491>

TRAORÉ B., TRAORÉ M., COULIBALY P.J.d.A., SAWADOGO J., SARR P.S. et NACRO H.B. (2025b). Effect of calcined/non-calcined phosphate rock application on crop yield and phosphorus availability to replace commercial fertilizer on a lixisol in Burkina Faso. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 71 (1), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03650340.2025.2496491>

VINALE F., SIVASITHAMPARAM K., GHISALBERTI E., MARRA R., BARBETTI M., LI H., WOO S.L. et LORITO M. (2008). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and molecular plant pathology*, 72 (1-3), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2008.05.005>

VINALE F., SIVASITHAMPARAM K., GHISALBERTI E., MARRA R., BARBETTI M., LI H., WOO S.L. et LORITO M. (2008a). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and molecular plant pathology*, 72 (1-3), 80-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmp.2008.05.005>

ZAPATA F. et ROY R. (2004). Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable. FAO Italie. 26 p.

ZAPATA F. et ZAHARAH A.R. (2002). Phosphore la disponibilité à partir de roches phosphatées et de boues d'égout, influencées par l'ajout d'engrais phosphate hydrosoluble. *Noisette. Cyc. Agroecosys*, 63 (1), 43 - 48.