

Effet de l'apport de compost à base de *Loudetia togoensis* (Pilg.) C.E.Hubbard sous zaï mécanisé, sur l'humidité pondérale du sol et les composantes de rendement du sorgho *Sorghum bicolor* (L.) Moench dans la commune de Arbollé, au Nord du Burkina Faso

[Effect of compost of *Loudetia togoensis* (Pilg.) C.E.Hubbard under mechanized zaï, on soil moisture and yield components of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in the commune of Arbollé, in Northern Burkina Faso]

André BEYE^{1,2}, Mamoudou TRAORE², Ibrahim OUEDRAOGO³, Youssouf OUEDRAOGO⁴, and Hassan Bismarck NACRO¹

¹Université Nazi BONI (UNB), Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol et des systèmes de production (LERF-SP), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²CNRST, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Laboratoire Ressources Naturelles et Innovations Agricoles (LaReNiA), Centre de Recherches Agricoles et de Formation de Kamboinsé, 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

³CNRST, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Laboratoire sol-eau-plante (SEP), BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

⁴Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques du Burkina Faso (MARA), Burkina Faso

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The high demand for labor and the low availability of organic fertilizer reduce the effectiveness of manual zaï. To overcome these constraints, the effect of adding *Loudetia*-based compost enriched with Burkina natural phosphate (Burkina phosphate) under mechanized zaï on soil moisture content and sorghum yield was evaluated in 2022 and 2023 at Arbollé in northern Burkina Faso, using an experimental system of scattered blocks on eight (8) farmers.: T0 = control; T1 = manual zaï + producer organic manure + microdose; T2 = manual zaï + producer organic manure; T3 = mechanized zaï + producer organic manure + microdose; T4 = manual zaï + *Loudetia* compost; T5 = manual zaï + *Loudetia* compost + microdose and T6 = mechanized zaï + *Loudetia* compost + microdose. Mechanized zaï + producer's organic manure + microdose (T3) and mechanized zaï + *Loudetia* compost enriched with Burkina phosphate (BP) + microdose (T6) gave the best grain yields ranging from 1213.13 k/ha to 1533.67 kg/ha, and the best soil moisture levels of 14.06% and 13.74% respectively at 45 JAS. Also, manual zaï + *Loudetia* compost enriched with BP + microdose (T5), made it possible to obtain average yields of 1004.62 kg/ha. Mechanized zaï + *Loudetia* compost + microdose could therefore help increase sorghum productivity. The effectiveness of this combination on yield could be improved by adding BP to the compost.

KEYWORDS: Co-construction, compost, *Loudetia togoensis*, microdose, mechanized zaï, Burkina Faso.

RESUME: La forte demande en main d'œuvre et la faible disponibilité de la fumure organique réduisent l'efficacité du zaï manuel. Pour pallier ces contraintes, l'effet de l'apport du compost à base de *Loudetia* enrichi en phosphate naturel du Burkina (Burkina phosphate) sous zaï mécanisé sur le taux d'humidité du sol et le rendement du sorgho a été évalué en 2022 et 2023 à Arbollé au Nord du Burkina Faso, sur un dispositif expérimental en blocs dispersés en milieu paysan chez huit (8) producteurs: T0 = témoin; T1 = zaï manuel + fumure organique producteur + microdose; T2 = zaï manuel + fumure organique producteur; T3 = zaï mécanisé + fumure organique producteur + microdose; T4 = zaï manuel + compost de *Loudetia*; T5 = zaï manuel + compost de *Loudetia* + microdose et T6 = zaï mécanisé + compost de *Loudetia* + microdose. Le zaï mécanisé + fumure organique du producteur + microdose (T3) et le zaï mécanisé + compost de *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate (BP) + microdose (T6) ont donné les meilleurs rendements grain variant de 1213,13 k/ha à 1533,67 kg/ha,

et les meilleurs taux d'humidité du sol respectivement de 14,06% et 13,74% au 45 JAS. Aussi, zaï manuel + compost de *Loudetia* enrichi en BP + microdose (T5), a permis d'obtenir des rendements moyens de 1004,62 kg/ha. Le zaï mécanisé + compost de *Loudetia* + microdose pourrait donc contribuer à accroître la productivité du sorgho. L'efficacité de cette combinaison sur le rendement pourrait être améliorée avec l'adjonction du BP au compost.

MOTS-CLEFS: Co-construction, Compost, *Loudetia togoensis*, microdose, zaï mécanisé, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La dégradation des sols occasionne des baisses de rendement agricoles [1], [2], entraînant l'augmentation de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle tout en provoquant un afflux massif de populations du nord du Burkina Faso vers l'ouest [3]. Pour faire face à cette adversité du milieu, les producteurs avec l'appui des structures de développement, ont mis en place des ouvrages mécaniques de conservation des eaux et des sols dont les diguettes antiérosives et le zaï [4]. Le zaï consiste à creuser à l'aide de pioche, des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 20 cm de profondeur sur des terrains dénudés et impropres à l'agriculture et à y déposer 300 à 600 g de fumier [5]. Plusieurs études ont montré que la technique du zaï contribue au maintien et à l'amélioration de la fertilité des sols; ainsi qu'à la réhabilitation de l'environnement [6], [7], [8]. [8] ont trouvé que dans la région du Nord, plus de 80% des producteurs pratiquent le zaï manuel. En dépit de ses performances agronomiques avérées, la pratique du zaï est limitée en milieu paysan et représente seulement 1,38 % des superficies emblavées [9]. Cette faible adoption du zaï s'expliquerait principalement par la forte demande en main d'œuvre et la pénibilité du travail. En effet, le temps de travail du zaï manuel est d'environ 300 heures/homme/hectare [6]. Ainsi, pour pallier ces contraintes qui limitent son adoption, le « *zaï mécanisé* » a été recommandé par [6]. Par ailleurs, [8], [10], [11] ont montré que pour une meilleure valorisation de la pratique du zaï, il est nécessaire de disposer d'une fumure organique de qualité et en quantité. Toutefois les producteurs rencontrent des difficultés dans la production de la fumure organique en quantité. Parmi ces difficultés, figure la forte compétition sur les résidus de récolte. En effet, [12] a montré que dans la gestion des résidus de récoltes, 20,97% des résidus sont orientés dans les opérations de gestion de la fertilité des sols agricoles, contre 73,92% pour l'alimentation animale, 4,91% pour les usages domestiques, et 0,02% pour autres usages. Par ailleurs, les quantités de fumier produites sont faibles pour permettre son utilisation à grande échelle [13]. Pour éviter une compétition entre les besoins de l'élevage et ceux du compostage, il est recommandé aux producteurs d'utiliser des « biomasses non conflictuelles » avec les besoins de l'élevage pour la production de la fumure organique [14].

A travers une approche de co-construction avec les producteurs de la commune de Arbolé suivant la démarche de recherche action en partenariat (RAP) [15], le zaï mécanisé a été identifié par les producteurs comme une alternative permettant de pallier à la pénibilité et à la forte demande en main d'œuvre du zaï manuel. De même l'herbacée *Loudetia togoensis* a été identifiée pour la production de fumure organique. L'intérêt porté à cette herbacée se justifie par sa forte présence dans la localité et le fait qu'elle soit faiblement appétée par les animaux [8], [16]. Au regard de ces constats, l'utilisation du compost à base de *Loudetia togoensis* dans le zaï mécanisé pourrait ainsi être une alternative permettant de valoriser la pratique de zaï. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité du compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate sous zaï mécanisé, sur le taux d'humidité du sol et la productivité du sorgho sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude a été dans le village de Saaba, situé dans la commune de Arbolé. La commune de Arbolé est située dans la province du Passoré au Nord du Burkina Faso, entre 12°58'40" et 12°40'20" de latitude Nord et 1°50'16" et 2°9'23" de longitude Ouest. Les quantités de pluie tombées dans cette localité durant ces deux années sont de 926 mm en 50 jours de pluie et de 534 mm en 31 jours de pluie respectivement en 2022 et 2023. L'étude a été conduite sur un sol ferrugineux tropical lessivé [17].

2.2 MATÉRIEL

2.2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

La variété de sorgho Kapèlga a été utilisée. Le choix de cette variété s'explique par résistante à la verse et sa précocité avec un cycle semis-maturité de 90 à 100 jours. Son rendement grain moyen en milieu paysan est de 1200 kg.

2.2.2 DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES FUMURES ORGANIQUES UTILISÉES

- **Fumure organique producteur**

La fumure organique produite par les producteurs est celle issue des fosses compostières, et produite à partir de la litière des animaux (bovins et petits ruminants), du fumier de petits ruminants ou des refus. Sa qualité varie d'un producteur à un autre.

- **Compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate**

Le compost à base de *Loudetia togoensis* a été produit par la méthode du compostage en tas. Dans le processus de production, pour un tas de 500 kg de biomasse de *Loudetia togoensis*, il a été ajouté du Burkina Phosphate à raison de 75 kg, 90 kg de bouse de vache, et une quantité de 60 kg de cendre. Ces proportions ont été inspirées de [18].

Dans la conduite de l'étude, la dose de la fumure organique apportée a été de 5 t ha⁻¹an⁻¹ pour les deux types de fumures organiques. Cette dose est recommandée par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) depuis des décennies et reprise par le Centre International de Développement des Engrais [19].

2.2.3 FUMURE MINÉRALE UTILISÉE

Pour la fertilisation minérale, l'engrais de type 14-23-14 pour le NPK et l'urée dosé à 46% de N ont été utilisés. Ils ont été apportés suivant la technique de microdose, respectivement à la dose de 62,5 kg/ha (2 g par poquet) et de 31,25 kg/ha (1 g par poquet) pour le NPK et l'urée. Le NPK a été apporté à 15 jours après semis (JAS), et l'urée à 45 JAS.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été conduit sur deux saisons hivernales (2022 et 2023) en milieu paysan, selon un dispositif expérimental de type blocs dispersés portés par huit (8) producteurs, avec chaque producteur représentant une répétition. Le dispositif est constitué de sept (7) traitements par producteurs. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 100 m² (10 m x 10 m), avec une allée de séparation de 1 m entre les parcelles élémentaires. Les traitements ont été initiés pour comparer différentes combinaisons de pratiques agroécologiques intégrant le type de zaï et le type de fumure organique principalement. Deux types de zaï, à savoir le zaï manuel et le zaï mécanisé ont été comparés. La fumure organique produite localement par les producteurs et le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en phosphate naturel du Burkina, ont été comparés. Le tableau I donne la description des différents traitements.

Tableau 1. Description des traitements

Code traitement	Caractéristiques du traitement
T0 (témoin)	Semis direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant
T1	fumure organique des producteurs + Zaï manuel + fumure minérale par micro dose
T2	fumure organique des producteurs + Zaï manuel
T3	fumure organique des producteurs + Zaï mécanisé + fumure minérale par micro dose
T4	compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> avec adjonction de Burkina phosphate + Zaï manuel
T5	compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> avec adjonction de Burkina phosphate + Zaï manuel + fumure minérale par micro dose
T6	compost à base de <i>Loudetia togoensis</i> avec adjonction de Burkina phosphate + Zaï mécanisé + fumure minérale par micro dose

2.3.2 DESCRIPTION DU ZAÏ MÉCANISÉ

Le zaï mécanisé a été réalisé avec la dent IR12 montée sur une charrue à traction bovine. Pour sa réalisation un premier passage est réalisé dans le sens de la pente du terrain en faisant enfoncer la dent dans le sol pour faire des sillons suivant l'écartement de 40 cm correspondant aux écartements entre poquets. Un second passage perpendiculaire à la pente et croisant le premier passage a été réalisé à l'écartement de 80 cm correspondant aux écartements entre lignes de semis [6]. Les cuvettes de zaï se situant aux intersections des deux passages de la dent, sont excavées de la terre des points d'intersection.

2.4 MESURES DES PARAMÈTRES ÉVALUÉS

• Humidité pondérale du sol

Pour l'évaluation de l'humidité pondérale du sol sur l'horizon 0-20 cm, un échantillon composite de cinq (05) points de sondage suivant la diagonale a été obtenu par traitement et immédiatement pesé pour déterminer le poids de l'échantillon à l'état humide. Les échantillons sont ensuite introduits dans une étuve à 105°C pendant 24 h heures puis pesés pour déterminer le poids sec de la terre. L'opération a été conduite au 45^{ème}, 60^{ème} et 80^{ème} JAS. L'humidité pondérale (Hp) est obtenue en utilisant la formule de [20]:

$$Hp = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Hp = humidité pondérale (%), Ph = poids humide en gramme et Ps = poids sec en gramme.

• Rendement grain et biomasse du sorgho

Pour l'évaluation du rendement grain et biomasse du sorgho, deux carrés de rendements de 9 m² par parcelle élémentaire ont été posés.

Le rendement a été déterminé à partir de la formule suivante:

$$Rdt \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{Poids grain ou biomasse du carré (kg)}}{\text{Surface du carré (m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

2.5 ANALYSES DES DONNÉES

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel XLSTAT version 2016. Le test de Fisher a été utilisé pour la séparation des moyennes lorsque l'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 5%.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES FUMURES ORGANIQUES UTILISÉES

Le tableau II présente les caractéristiques chimiques des deux types de fumures organiques utilisées en 2023. Il ressort des résultats, que le pH a varié significativement au seuil de 5%. En effet, le compost de *Loudetia togoensis* a présenté les valeurs de pH (7,95) les plus élevées comparativement à la fumure organique des producteurs (pH= 7,55). Par contre les teneurs des autres éléments minéraux n'ont pas été significativement affectés. Toutefois, nous constatons que les teneurs en phosphore total (8150,61 mg/kg) et potassium total (8220,79 mg/kg) du compost à base de *Loudetia togoensis* sont supérieures à celles de la fumure organique du producteur, avec respectivement des teneurs de 7809,95 mg/kg et 7851,07 mg/kg. Par ailleurs, comparativement aux normes standards [21] et [22], le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate et la fumure organique des producteurs ont des teneurs en élément fertilisants qui restent comprises dans la gamme prescrite.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques des fumures organiques utilisées

Type de fumure organique	pH eau	C. (%)	MO (%)	N-total (%)	C/N	P_total (mg/kg)	K_total (mg/kg)
Compost de <i>Loudetia</i> enrichie en BP	7,95 ^b	17,83 ^a	30,73 ^a	1,87 ^a	9,90 ^a	8150,61 ^a	8220,79 ^a
Fumure organique producteur	7,55 ^a	19,69 ^a	33,94 ^a	1,90 ^a	10,83 ^a	7809,95 ^a	7851,07 ^a
Probabilité (5%)	0,039	0,637	0,637	0,954	0,357	0,099	0,894
Signification	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AFNOR (2002)	-	-	> 5	> 0,25	< 20	>3000	> 10000
FAO (2005)	-	-	10-30	0,4-0,5	15-20	-	4000-23000

NB: Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher. C: carbone, MO: matière organique, N_total: azote total, C/N: rapport C/N, P_total: phosphore total, K_total: potassium total, BP: phosphate naturel du Burkina Faso, communément appelé Burkina phosphate

3.2 EFFETS DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS SUR L'HUMIDITÉ PONDERALE DU SOL

Le tableau III présente les résultats de l'effet des combinaisons de pratiques sur l'humidité pondérale du sol, à 45 et 80 Jours après semis (JAS) au cours des années 2022 et 2023. Il ressort de ces résultats que l'humidité pondérale du sol a été significativement influencée par les différents traitements au cours des deux années. Il faut noter que sur l'ensemble des deux périodes sur les deux années, les meilleurs taux d'humidité ont été obtenus avec le zaï mécanisé (T3 et T6), indépendamment du type de fumure organique. En effet, sous zaï mécanisé combiné avec le compost de *Loudetia* (T6) et sous zaï mécanisé combiné à la fumure organique des producteurs (T3), on enregistre des taux d'humidité de 14,39% et 14,72% et de 9,41% et 8,14% respectivement au 45 et 80 JAS en 2022. De même, en 2023, T3 et T6 ont permis d'obtenir les parcelles les plus humides avec respectivement des teneurs en eau de 13,39% et 6,72% et de 13,10% et de 7,34% au 45 et 80 JAS. Les plus faibles teneurs en eau du sol ont été observées sur le témoin absolu avec un semis direct sans apport de fumure organique (T0), et ce sur l'ensemble des périodes au cours des deux années, avec des teneurs de 11,17% et 6,37% en 2022 et de 9,35% et 5,16% en 2023 respectivement au 45 et 80 JAS. Il faut souligner que le zaï mécanisé avec apport de compost à base de *Loudetia togoensis* avec microdose (T6) et le zaï mécanisé avec apport de fumure organique des producteurs avec ajout de microdose (T3) ont permis une amélioration de l'humidité pondérale respectivement de 37,01 points de pourcentage et de 32,22 points de pourcentage comparativement au semis direct sans apport de fumure organique et minérale (T0) en 2022. De même, en 2023, cette tendance est observée avec ces mêmes traitements (T3 et T6).

Tableau 3. Variation de la teneur en eau du sol en fonction des traitements au 45 et 60 JAS en 2022 et 2023

Traitements	Humidité pondérale en 2022		Humidité pondérale en 2023	
	45 JAS	80 JAS	45 JAS	80 JAS
T0	11,17 ^a ±0,39	6,37 ^a ±0,20	9,35 ^a ±0,66	5,16 ^a ±0,21
T1	13,01 ^b ±0,37	7,52 ^{ab} ±0,31	11,02 ^b ±0,44	5,94 ^{ab} ±0,25
T2	12,40 ^{ab} ±0,56	7,50 ^{ab} ±0,36	10,40 ^{ab} ±0,49	5,68 ^a ±0,28
T3	14,72 ^c ±0,36	8,14 ^{ab} ±0,57	13,39 ^c ±0,55	6,72 ^{ab} ±0,57
T4	12,78 ^b ±0,52	7,44 ^{bc} ±0,84	10,87 ^{ab} ±0,64	6,08 ^{ab} ±0,80
T5	12,92 ^b ±0,58	7,74 ^{ab} ±0,68	11,20 ^b ±0,68	6,27 ^{ab} ±0,80
T6	14,39 ^c ±0,45	9,41 ^c ±0,51	13,10 ^c ±0,61	7,34 ^b ±0,68
Probabilité (5%)	< 0,0001	0,034	< 0,0001	0,01
Signification	S	S	S	S

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher. S: significatif. T0: semi direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant; T1: fumure organique des producteurs + zaï manuel + microdose; T2: fumure organique des producteurs + zaï manuel; T3: fumure organique des producteurs + zaï mécanique + microdose; T4: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel; T5: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel + microdose; T6: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï mécanique + microdose

3.3 EFFETS DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT BIOMASSE ET LE POIDS MOYEN PANICULAIRE DU SORGHO

Les résultats sur l'effet des différents traitements sur la biomasse et le poids moyen des panicules sur le sorgho au cours des années 2022 et 2023 sont présentés dans le tableau IV. L'analyse de variance indique que le rendement biomasse et le poids moyen des panicules ont été significativement affectés par les différents traitements au cours des deux campagnes. Ces résultats indiquent que le zaï mécanisé avec apport de fumure organique du producteur et microdose (T3) a permis d'obtenir les meilleurs rendements biomasse et meilleurs poids moyens des panicules (PMP) sur l'ensemble des deux années avec en moyenne des rendements de 5444,03kg/ha et de 3194,69 kg/ha respectivement en 2022 et 2023 et des PMP de 24,61g et 22,18g respectivement en 2022 et 2023. Ce traitement est suivi du zaï mécanisé avec compost à base de *Loudetia togoensis* avec microdose pour la biomasse (T6= 3965,43 kg/ha et 2392,84 kg/ha en 2022 et 2023) et pour le PMP (T6 avec 23,20 g et 23,71 g respectivement en 2022 et 2023). Ce traitement est également suivi du zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia togoensis* avec microdose sur la biomasse (T5=4265,75kg/ha et 2144,00 kg/ha). Là aussi, les plus faibles productions de biomasse ont été observées avec le semis direct sans apport de fertilisant organique et minérale (T0), sur l'ensemble des deux années avec respectivement des rendements biomasse de 432,92 kg/ha et de 279,08 kg/ha. Ce même constat a été fait pour les poids moyens des panicules. Par ailleurs, on observe que le zaï manuel avec apport de fumure organique du producteur et microdose (T1) et le zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia togoensis* avec microdose (T5) ont permis des améliorations moyennes de la biomasse respectivement de 81,51% et de 96,96% comparativement au zaï manuel avec fumure organique du producteur sans microdose (T2) et zaï manuel avec compost de *Loudetia* sans microdose (T4). En outre, comparativement au zaï manuel avec fumure organique du producteur sans microdose (T2), le zaï manuel avec fumure organique du producteur avec microdose (T1) a permis d'obtenir la meilleure production de biomasse (3723,12 kg en 2022 et 1989,66 kg en 2023). Cette production de biomasse est encore importante avec le zaï mécanisé avec fumure organique du producteur avec microdose (T3) et zaï mécanisé avec compost de *Loudetia* avec microdose (T6).

Les meilleurs poids moyens des panicules ont été observés sur les parcelles sous zaï mécanisé avec apport de fumure organique du producteur plus la microdose (T3 avec 24,61g et 22,18 respectivement 2022 et 2023) et compost à base de *Loudetia* avec microdose (T6 avec 23,20 g et 23,71 g respectivement en 2022 et 2023).

Tableau 4. IV: variation du rendement biomasse et le poids moyen paniculaire en fonction des traitements en 2022 et 2023

Traitements	Biomasse_2022	Panicu_2022	Biomasse_2023	Panicu_2023
	Kg/ha	g	Kg/ha	g
T0	432,92 ^a ±69,20	9,84 ^a ±2,92	279,08 ^a ±85,23	8,51 ^a ±2,49
T1	3723,12 ^{cd} ±932,57	22,38 ^{cd} ±1,75	1989,66 ^{bc} ±265,2	17,77 ^{bcd} ±2,37
T2	2437,83 ^{bc} ±355,16	16,95 ^{bc} ±2,04	946,09 ^a ±175,2	17,58 ^{bc} ±2,81
T3	5444,03 ^e ±821,88	24,61 ^d ±1,48	3194,69 ^d ±654,9	22,18 ^{cd} ±1,01
T4	1909,81 ^{ab} ±382,63	16,38 ^b ±2,64	1257,03 ^{ab} ±409,3	12,24 ^{ab} ±1,46
T5	4265,75 ^{de} ±653,55	23,52 ^d ±1,60	2144,00 ^{bc} ±375,4	22,84 ^{cd} ±2,61
T6	3965,43 ^{cde} ±374,40	23,20 ^d ±0,61	2392,84 ^{cd} ±234,4	23,71 ^d ±1,17
Probabilité (5%)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Signification	S	S	S	S

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher. S: significatif. T0: semi direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant; T1: fumure organique des producteurs + zaï manuel + microdose; T2: fumure organique des producteurs + zaï manuel; T3: fumure organique des producteurs + zaï mécanique + microdose; T4: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel; T5: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel + microdose; T6: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï mécanique + microdose

3.4 EFFETS DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT GRAIN DU SORGHO

La figure 1 donne les résultats de l'effet des traitements sur le rendement grain du sorgho en 2022 et 2023. La mise en œuvre de ces traitements a permis d'enregistrer une différence significative sur le rendement grain du sorgho au cours des deux années. Les parcelles sous zaï mécanisé avec apport de fumure organique du producteur avec microdose (T3) et zaï mécanisé avec compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate avec microdose (T6) ont présenté les meilleurs rendements grain qui sont respectivement de 1533,67 kg/ha (T3) et 1417,90 kg/ha (T6) et de 1279 kg/ha (T3) et 1213,13 kg/ha (T6) respectivement en 2022 et 2023. Ces traitements sont suivis par le zaï manuel avec compost à base de *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate avec microdose (T5) présentant des rendements de 1034,04 kg/ha et 975,20 kg/ha respectivement en 2022 et 2023. En outre, le zaï manuel avec apport de compost à base *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate (BP) (T4) a permis d'obtenir une amélioration de 35,88% des rendements comparativement au zaï manuel avec apport de fumure organique producteur (T2). Par ailleurs, le zaï manuel avec apport de fumure organique du producteur avec microdose (T1=1015,99 kg en 2022 et 846,88 kg) ont présenté les meilleurs rendements comparativement au zaï manuel avec fumure organique producteur sans microdose (T2=732,63 kg en 2022 et 432,38 kg en 2023). Ce même constat est observé dans les parcelles avec zaï manuel avec apport de compost de *Loudetia* enrichi en BP avec microdose (T5=1034,04 kg en 2022 et 975,20 et 2023) comparativement aux parcelles avec zaï manuel avec apport de compost de *Loudetia* enrichi en BP sans microdose (T4=633,95 kg en 2022 et 641,85 kg en 2023). Ces rendements sont encore plus importants lorsque le zaï manuel est remplacé par le zaï mécanisé dans ces différentes combinaisons de pratique. En effet, le zaï mécanisé avec apport de fumure organique du producteur avec microdose (T3) et le zaï mécanisé avec compost de *Loudetia* enrichi en BP avec microdose ont présenté les meilleurs rendements grains sur l'ensemble des deux années.

Sur l'ensemble des deux années, les parcelles avec semis direct sans apport de fumure organique et minérale (T0) ont présenté les plus faibles rendements grains avec 143,03 kg/ha et 151,43 kg/ha respectivement en 2022 et 2023. Il est ressorti des résultats après deux années de mise en culture, que le zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate (T4) a permis d'obtenir une amélioration de 35,88% des rendements, comparativement au zaï manuel avec apport de fumure organique producteur (T2).

Les résultats ont montré que le zaï mécanisé indépendamment du type de fumure organique (T3 et T6) avec microdose, a permis une amélioration en moyenne de 40,09% du rendement grain comparativement au zaï manuel, indépendamment du type de fumure organique (T1 et T5) avec ajout de fumure minérale.

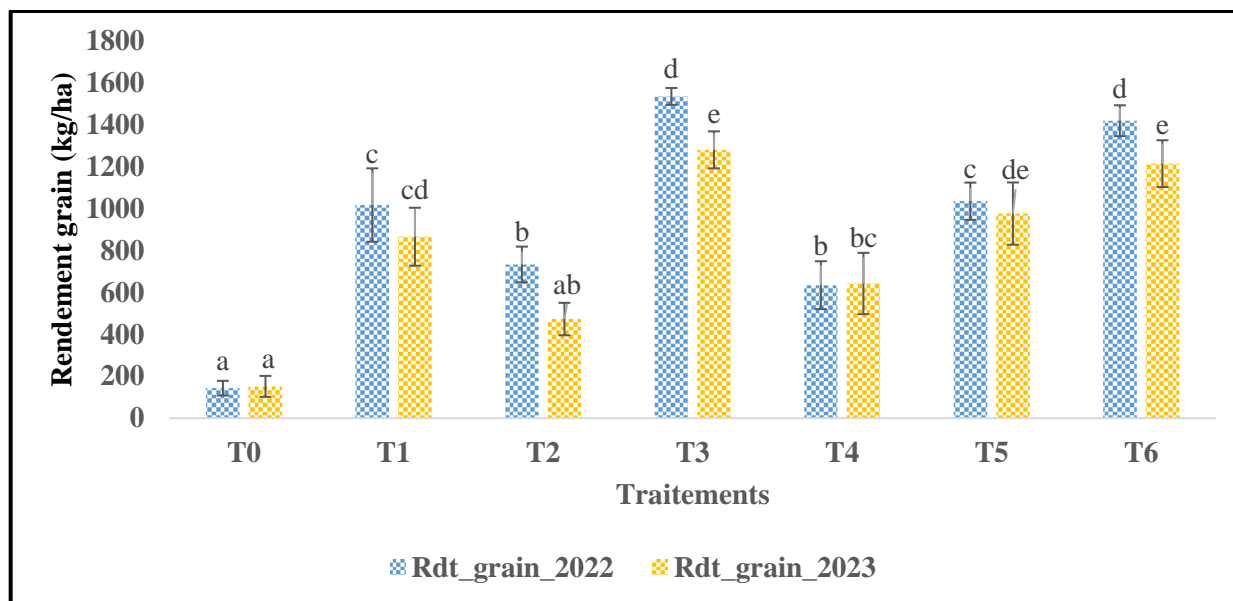


Fig. 1. Variation du rendement grain du sorgho en fonction des traitements en 2022 et 2023

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher. S: significatif. **T0**: semi direct sans préparation du sol + sans apport de fertilisant; **T1**: fumure organique des producteurs + zaï manuel + microdose; **T2**: fumure organique des producteurs + zaï manuel; **T3**: fumure organique des producteurs + zaï mécanique + microdose; **T4**: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel; **T5**: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï manuel + microdose; **T6**: compost à base de *Loudetia togoensis* + zaï mécanique + microdose, Rdt-grain: rendement grain

4 DISCUSSION

4.1 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES FUMURES ORGANIQUES UTILISEES

Les résultats ont montré que le pH du compost à base de *Loudetia togoensis* a été plus élevé que celui de la fumure organique du producteur. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'adjonction de la cendre de bois au cours du processus de compostage. En effet, lors du compostage, le potassium forme avec d'autres éléments un composé (bicarbonate de potassium, bichromate de potassium) très basique affectant le pH des composts [23]. Ces résultats sont en accord avec ceux [24] qui ont montré que le pH des composts mûrs varie entre 7 et 9, alors que celui des composts immatures serait acide (entre 5 et 6). Cela dénote que les différentes fumures organiques utilisées dans cette étude, ont atteint la phase de maturité. Les résultats ont également montré que les teneurs en phosphore total ont été meilleures dans le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate. En effet, lors du processus de compostage, les acides humiques peuvent former des complexes avec le phosphore et le calcium, et créer un puits entraînant une augmentation de la dissolution du phosphate naturel [25]. Ces résultats sont similaires à ceux de [8], [26] qui soulignent également que la préparation du compost avec les phosphates naturels permet une augmentation considérable de la teneur en phosphore. Toutefois, bien que statistiquement homogènes, les teneurs en potassium total ont été meilleures dans le compost à base de *Loudetia togoensis*. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'adjonction du Burkina phosphate et de la cendre de bois lors du processus de compostage. En effet, le Burkina phosphate et la cendre de bois, après dégradation par les microorganismes auraient permis d'augmenter les teneurs en P et K du compost [27]. Ces teneurs élevées en P pourraient contribuer à rehausser le niveau du sol en phosphore. En effet, les sols du Burkina Faso sont déficitaires en azote et en phosphore avec des teneurs en azote total inférieures à 0,06% pour 75% des sols et des teneurs en P_2O_5 inférieures à 0,06% pour 95% des sols [28]. En effet, le phosphore est considéré comme un des facteurs limitants pour la croissance des plantes en Afrique subsaharienne; et singulièrement au Burkina Faso [26].

4.2 EFFETS DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR L'HUMIDITE PONDERALE DU SOL EN 2022 ET 2023

Nos résultats ont montré que l'humidité du sol a été significativement influencée par les différents pratiques agroécologiques co-construites. En effet, le zaï mécanisé avec la fumure organique du producteur avec microdose (T3), et le zaï mécanisé avec compost à base de *Loudetia* avec microdose (T6), ont permis d'obtenir les meilleures teneurs en eau du sol. Ces résultats pourraient s'expliquer par les effets conjugués du zaï mécanisé et de l'apport de fumure organique. En effet, la dent IR 12, en brisant le sol crée des fissures qui permettent l'infiltration de l'eau entraînant ainsi l'amélioration de l'humidité du sol. En plus, l'augmentation de la rugosité de la surface du champ, favorisée par le passage croisé de la dent de travail du sol en sec, permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capturer au fond des cuvettes les débris organiques et les particules fines, et de protéger les jeunes plantules [6]. Ces résultats sont

en accords avec ceux obtenus par [6]. Ainsi, le zaï mécanisé favorise un bon statut hydrique du sol au profit des cultures. Par ailleurs, [29] ont montré que le stress hydrique est un facteur qui a provoqué une réduction du nombre des épis produits par les plants de sorgho stressés. En plus de l'action du zaï mécanisé, s'ajoute l'effet de la fumure organique sur les teneurs en eau. Cela a été confirmé par nos résultats qui ont montré que les traitements ayant reçu de la fumure organique indépendamment du type de zaï, ont enregistré des meilleurs taux d'humidité comparativement au témoin absolu sans apport de fumure. Ces résultats pourraient être expliqués par l'effet de la matière organique qui contribue à l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol. En effet, l'humus joue un rôle de liant entre les constituants du sol et améliore ainsi la capacité de rétention en eau du sol [30]. Nos résultats corroborent ceux de [31], qui avaient trouvé que l'apport de compost sous association sorgho - niébé avait permis d'améliorer l'humidité du sol. Ainsi nous pouvons affirmer que l'amélioration du taux d'humidité du sol pourrait être due à l'effet combiné du zaï mécanisé et l'apport de fumure organique. Ces résultats ont été obtenus par [32], qui avaient montré qu'en combinant le zaï et l'apport de compost, on obtenait de meilleurs teneurs en eau du sol.

Ces résultats obtenus suggèrent que la technique du zaï mécanisé avec une faible pénibilité par rapport au zaï manuel, serait une alternative pour la gestion de la fertilité des sols. De même, le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en BP pourrait améliorer l'humidité du sol. Par ailleurs, l'efficacité du zaï mécanisé et de l'apport de fumure organique sur la gestion de la fertilité du sol est encore meilleure lorsqu'ils sont combinés. Cela suggère que le zaï mécanisé combiné à l'apport de compost à base de *Loudetia togoensis* ou de la fumure organique du producteur contribue efficacement à l'amélioration de la teneur en eau du sol, et par conséquent contribue à la résistance de la plante au stress hydrique. Par conséquent, *Loudetia* pourrait être une alternative pour le compostage pour la production de fumure organique dans un contexte de forte compétition sur les résidus de récolte.

4.3 EFFETS DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT GRAIN, BIOMASSE ET LE POIDS MOYEN PANICULAIRE DU SORGHO

L'évaluation des différents traitements co-construits sur le rendement grain, biomasse et le poids moyen des panicules, a permis d'observer que ces différents paramètres ont été significativement influencés. En effet, les parcelles sous zaï mécanisé combiné à l'apport de fumure organique du producteur avec microdose (T3) et sous zaï mécanisé combiné à l'apport de compost de *Loudetia togoensis* enrichi en BP avec microdose (T6), avec les meilleurs poids moyens des panicules, ont présenté les meilleurs rendements grain et biomasse. Ces résultats pourraient s'expliquer par les effets conjugués de l'amélioration de l'humidité du sol engendrée par le zaï mécanisé et les apports de fertilisants organo-minérale avec la microdose. En effet, nos résultats sur le taux d'humidité du sol ont montré que le zaï mécanisé avait permis d'obtenir les meilleurs teneurs en eau du sol. En outre, le zaï mécanisé selon [6], donnait une possibilité d'infiltration de l'eau plus importante que l'opération manuelle, du fait d'un émiettement plus important de la couche superficielle du sol, entraînant ainsi une diminution de la résistance du sol à la pénétration. Il s'en suit alors un bon développement du système racinaire, qui augmente le taux d'exploitation du sol. De ce fait, les nutriments du sol, même à un taux faible, sont alors rendus plus disponibles pour les plantes. Ces auteurs avaient montré que grâce à l'ameublissement du sol et à la profondeur du front d'humectation en début de cycle, le zaï mécanisé permettait la meilleure production de paille et de grains. De même, selon [33], le zaï mécanisé en améliorant les propriétés physico chimiques des sols, permet d'accroître l'alimentation en eau et en nutriments des plantes et d'améliorer la production de grains et de paille. Des résultats similaires ont été trouvés par [34], au Nord du Burkina, où le zaï mécanisé a permis d'augmenter considérablement le rendement en grain du sorgho et en paille. En plus de l'action du zaï mécanisé, s'ajoute l'effet de l'apport de fumure organo-minérale. En effet, la matière organique en se minéralisant entraîne une libération des éléments minéraux au profit de la plante. Ces résultats sont en accords avec ceux de [35], [36] qui ont indiqué que l'apport de la matière organique entraînait une amélioration du nombre d'épis total à l'hectare et une augmentation du poids de 1000 grains. En outre, plusieurs auteurs ont investigué sur l'effet améliorateur des fumures organo-minérales sur la production. [37] a montré que l'apport de matières organiques sous forme de fumier, de composts ou de pailles en association avec de l'engrais minéral, permettait un accroissement simultané de la productivité et la stabilité interannuelle des rendements. De même, [38] a montré que la fertilisation minérale apporte des éléments nutritifs dont le phosphore qui favorisent un développement racinaire, une floraison et une maturité précoce. Toutefois, le mode d'apport de la fumure minérale doit être économiquement rentable et écologiquement durable. Pour se faire, dans notre étude la fumure minérale a été apportée suivant l'approche microdose. La microdose est une technique permettant d'apporter de petites quantités d'engrais minéraux de manière localisée dans le poquet pour une gestion efficiente [39]. [40], [41] dans une étude, avaient montré que la microdose favoriserait une augmentation des rendements des cultures et accroîtrait les revenus des producteurs de 52 à 134 % par rapport à la pratique paysanne. Selon [42], [43], la performance de la microdose s'expliquerait par le fait que la localisation des engrais dans l'horizon superficiel colonisé par les racines des plants engendre leur prolifération et leur croissance, ceci permet aux plantes de mieux capter les nutriments et l'eau. Par ailleurs, l'effet de la fumure organo-minérale sur le rendement a été confirmé par nos résultats. En effet, comparativement au témoin absolu sans zaï ni fumure organo-minérale, l'ensemble des traitements avec apport de fumure organo-minérale ont présenté les meilleurs rendements grains et biomasse. Ainsi, les meilleures rendements grains, biomasse et poids moyens des panicules serait dû à l'effet conjugué du zaï mécanisé avec l'apport de fumure organique et minérale en localisé suivant la microdose. Les rendements grains obtenus avec ces deux combinaisons ci-dessus sont supérieurs à ceux obtenus avec zaï manuel combiné à l'apport de fumure organique du producteur et microdose (T1) et zaï manuel avec apport de compost de *Loudetia*

avec microdose (T5). Cela dénote la forte contribution du zaï mécanisé dans l'amélioration des rendements obtenus avec les combinaisons zaï mécanisé indépendamment du type de fumure organique avec microdose (T3 et T6). Nos résultats sont en accord avec ceux de [44] qui avaient obtenus de meilleurs rendements grain en combinant le zaï avec l'apport de compost et fumier. Ces résultats impliquent que l'application du compost de *Loudetia togoensis* ou de la fumure organique du producteur sous zaï mécanisé avec une microdose de fumure minérale (T3 et T6) pourrait être une pratique de gestion durable de la fertilité du sol pour l'amélioration des rendements dans les zones de forte dégradation des sols caractérisées par un encroustement et dans un contexte marqué par la forte compétition sur les résidus de récolte.

Il est également ressorti des résultats, que l'apport de compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en phosphate naturel du Burkina sous zaï manuel avec microdose (T5), a présenté les meilleurs rendements grains en moyenne de 1034,04 kg/ha et 975,20 kg respectivement en 2022 et 2023 après les traitements T3 et T6. De même, le zaï manuel combiné avec l'apport de compost à base *Loudetia* enrichi en Burkina phosphate (T4) a permis d'obtenir une amélioration de 35,88% des rendements, comparativement au zaï manuel combiné avec apport de fumure organique du producteur (T2). Ces résultats suggèrent qu'en ajoutant du Burkina phosphate (BP) dans le compost combiné au zaï avec microdose, on améliore les rendements. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'effet du compost à base de *Loudetia togoensis* qui a été enrichi en phosphate naturel. En effet, plusieurs auteurs avaient démontré l'effet positif de l'utilisation du phosphocompost sur l'augmentation des rendements [45], [46], [47]. Ainsi, selon [46], [47], l'utilisation de composts préparés à partir de différents matériaux organiques avec les phosphates naturels, sont économiques, respectueux de l'environnement, et ont un potentiel pour améliorer les rendements des cultures et l'absorption de l'azote et phosphore par la plante. Dans notre étude, l'effet du phosphocompost a été confirmé par l'amélioration des rendements avec le zaï manuel avec apport de compost à base de *Loudetia* enrichi en phosphate naturel (T4= 641,85 kg/ha), comparativement au zaï manuel avec apport de fumure organique producteur sans adjonction de phosphate naturel (T2 = 472,38 kg/ha). Ainsi, le compost à base de *Loudetia togoensis* présentent de bonnes capacités fertilisantes pour améliorer le rendement des cultures. Par ailleurs, en combinant le zaï mécanisé et l'apport de compost enrichi en Burkina phosphate avec microdose, les rendements du sorgho ont été encore meilleurs. Ainsi, pour améliorer l'effet du compost de *Loudetia togoensis*, il serait important d'ajouter le Burkina phosphate pendant le processus de compostage. Cela permettra d'améliorer la valeur fertilisante du compost produit pour une efficacité en combinant ce compost avec le zaï mécanisé ou manuel avec la microdose.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de l'apport du compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina phosphate sous zaï mécanisé sur le taux d'humidité du sol et les paramètres de rendement du sorgho. Il ressort des résultats que le zaï mécanisé contribue à l'amélioration de l'humidité du sol et à l'amélioration du rendement et ses composantes. Son efficacité est améliorée en le combinant à l'application de fumure organique notamment le compost à base de *Loudetia togoensis* enrichi en Burkina Phosphate et avec une microdose de fumure minérale. Au regard de ces résultats, le zaï mécanisé combiné à l'apport de compost de *Loudetia togoensis* avec microdose pourrait être une alternative pour pallier la pénibilité du zaï manuel et la faible utilisation de la fumure organique qui est due à la forte compétition sur les résidus de récolte tout en améliorant la fertilité physique du sol ainsi que le rendement agricole. Toutefois, il est important d'adjoindre le Burkina phosphate pour l'amélioration de la valeur fertilisante de la fumure organique produite et contribuer à la réduction des dépenses d'achat d'engrais minéraux.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été rendue possible par le financement du projet FAIR-Sahel. Nous tenons à remercier ce projet pour cet appui financier. De même, notre remerciement va l'endroit de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) pour l'appui technique.

REFERENCES

- [1] D. Da, H. Yacouba, et S. Yonkeu, « Unités morphopédologiques et gestion de la fertilité des sols dans le Centre-Nord du Burkina Faso par les populations locales », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 2, n° 3, p. 306-315, 2008.
- [2] K. Coulibaly, E. Vall, P. Autfray, H. Nacro, et M. Sedogo, « Effets de la culture permanente coton-maïs sur l'évolution d'indicateurs de fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 6, n° 3, p. 1069-1080, 2012.
- [3] A. I. Labiyi, A. Labiyi, H. Sigue, D. C. Ouattara, O. M. Traore, et D. Koura, « Effet des pratiques innovantes endogènes de gestion durable des terres sur la performance technico-économique du réseau de producteurs dans la commune de Mani au Burkina Faso Fertility management and soil conservation practices View project soil fertility », vol. 15, n° 1, p. 432-447, 2019, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.afriquescience.net>
- [4] A. F. B. Mbow, S. S. Diop, A. Tounkara, B. Gueye, et M. L. Seck, « Changements climatiques, entre résilience et résistance », *Agridape*, vol. 24, n° 4, p. 40, 2009.
- [5] R. Zougmore, K. Ouattara, A. Mando, et B. Ouattara, « Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso », vol. 15, n° 1, p. 41-48, 2004.

- [6] A. Barro, R. Zougmore, et J.-B. S. Taonda, « Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride », vol. 14, p. 549-559, 2005.
- [7] M. Malagnoux, « Restauration des terres arides dégradées pour la production agricole, forestière et pastorale grâce à une nouvelle technique mécanisée de récolte des eaux pluviales », *Futur. drylands, Proc. Int. Sci. Conf. Desertif. Drylands Res.*, p. 12, 2006, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.doc-developpement->
- [8] H. Sawadogo, L. Bock, D. Lacroix, et N. P. Zombre, « Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso) », *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 12, n° 3, p. 3-9, 2008.
- [9] MAAH, « Avant-Propos », Ouagadougou, 2018. [En ligne]. Disponible sur: https://www.agriculture.bf/upload/docs/application/pdf/2020-07/rapport_situation_ref_vf1_10_02_201919_version_finale_07082019.pdf
- [10] A. Dabre, E. Hien, D. Some, et J. J. Drevon, « Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 11, n° 1, p. 473, 2017.
- [11] B. Bacye, H. S. Kambire, et A. S. Some, « Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 13, n° 6, p. 2930, 2019.
- [12] S. Ouattara, « Pression des usages sur les résidus de récolte dans les villages environnants les zones pastorales : quels effets sur les conditions de vie des éleveurs de la zone pastorale de yalle au centre-ouest du Burkina Faso », Centre Régional AGRHYMET, 87 p. 2022.
- [13] J. Ouedraogo, « Impacts de la macrofaune et de modes de gestion de la fertilité des sols sur quelques propriétés du sol et le rendement des cultures en zone semi-aride. Soutenue », Université polytechnique de bobo-dioulasso, 89 p. 2015.
- [14] Jipad, « Actes de la journée des innovations pour une alimentation durable », p. 176, 2021.
- [15] E. Chia, « Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale », p. 233-240, 2004.
- [16] A. Ouedraogo, E. C. D. Da, et A. P. Ouoba, « Perception locale de l'évolution du milieu à Oula au Nord du Burkina Faso », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 11, n° 1, p. 144, 2017.
- [17] BUNASOLS, « Etude morpho-pédologiques des provinces du Passoré et du Sanguié. Echelle 1/100000e. Rapport technique ». p. 50, 2002.
- [18] Z. Segda, F. Lompo, C. S. M. Wopereis, et M. P. Sedogo, « Amélioration de la fertilité du sol par utilisation du compost en riziculture irriguée dans la vallée du Kou au Burkina Faso », *Agronomie Africaine*, vol. 13, n° 2, p. 45-58, 2001.
- [19] IFDC, « Recommandations 2018 d'engrais pour l'Afrique de l'Ouest ». IFDC, p. 42, 2018.
- [20] J. ALBERGEL et A. BERNARD, « Etude des paramètres hydrodynamiques des sols sous pluies simulées. Estimation du ruissellement sur le bassin versant de Kazanga. » ORSTOM Ouagadougou, p. 104, 1984.
- [21] AFNOR, « Norme NFU 44 095. Amendements organiques - Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux ». p. 22, 2002.
- [22] FAO, « Eaux, Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Documents de Travail Sur Les Terres et Les ». p. 1-48, 2005.
- [23] F. M. Steger, P. Frazier, S. Oishi, et M. Kaler, « The Meaning of Life Questionnaire : assessing then presence of and search for meaning in life », *J. Couns. Psychol.*, vol. 53, n° 1, p. 80-93, 2006.
- [24] R. Albrecht, « Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique », Université Paul Cezanne aix-Marseille III, France, 2007.
- [25] C. P. Singh et A. Amberger, « Humic substances in straw compost with rock phosphate », *Biol. Wastes*, vol. 31, n° 3, p. 165-174, janv. 1990.
- [26] F. Lompo, Z. Segda, Z. Gnankambary, et N. Ouandaogo, « Influence des phosphates naturels sur la qualité et la bio- dégradation d'un compost de pailles de maïs », *Tropicultura*, vol. 27, n° 2, p. 105-109, 2009.
- [27] I. M. Bikienga, « Les phosphates naturels du Burkina Faso : caractérisation, efficacité agronomique et intérêt économiques », in *Editions Techniques Professionnelles Groupe Horizon*, p. 290, 2011.
- [28] K. Traoré et A. M. Toé, « Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au burkina Faso », p. 99, 2008.
- [29] D. Josephine, N. Mberdoum Memti, et F. G. Sokoye, « Impact du stress hydrique sur la production d'une variété de sorgho (*Sorghum bicolor* [L], le S35 au Tchad. », *J. Anim. Plant Sci.*, vol. 45, n° 2, p. 7870-7883, 2020.
- [30] A. B. V. C. Zangre, « effets combines du travail du sol et des amendements, organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé dans la region de saria (zone centre du Burkina Faso) », Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, p. 97, 2000.
- [31] M. Koumbem *et al.*, « Effets du travail du sol et de la fertilisation organo-minérale sur l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du sorgho en culture associée avec le niébé Effects of tillage and organo-mineral fertilization on soil moisture and chlorophyll », vol. 16, n° October, p. 2396-2412, 2022.
- [32] A. Coulibaly, « Pratiques et indicateurs agroécologique des agroécosystèmes traditionnels et innovants de l'est du Burkina Faso : alternatives d'optimisation, thèse de doctorat, Sciences de la Terre. Université d'Orléans; Université Joseph Ki-Zerbo (Ouagadougou, Burkina Faso), p. 175, 2019.

- [33] D. Clavel, A. Barro, T. Belay, L. R., et F. Maraux, « Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie, » *VertigO*, vol. 8, n° 3, p. 1-10, 2008.
- [34] A. Barro, S. Sankara, et P. C. Kodombo, « Effet du zaï et de la microdose sur la biomasse racinaire et le rendement en grains et en paille à Tangaye dans la région du Nord au Burkina Faso», *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.*, vol. 3, n° 5, p. 1913-1925, 2018.
- [35] B. Koulibaly, O. Traoré, D. Dakuo, et P. N. Zombré, « Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso», *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 13, n° 1, p. 103-111, 2009.
- [36] K. S. Diane, « Effet de techniques de CES sur les composantes du rendement du sorgho et les propriétés chimiques du sol à l' Ouest du Burkina Faso», p. 69, 2010.
- [37] E. Hien, « Dynamique du carbone dans un acrisol ferrique du Centre Ouest Burkina : influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique », Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, p 118, 2004.
- [38] B. Ouédraogo, « Effets des doses et périodes d'application de la fumure minérale sur les propriétés chimiques du sol et les performances du riz à la plaine rizicole de Karfiguéla au Burkina Faso.», Centre agricole polyvalent de Matourkou, Bobo Dioulasso, p 50, 2020.
- [39] R. Tabo, A. Bationo, K. D. Maimouna, O. Hassane, et S. Koala, « Fertilizer micro-dosing for the prosperity of small-scale farmers in the Sahel », *J. SAT Agric. Res.*, vol. 3, n° 1, p. 1-31, 2007.
- [40] F. Saba, S. Jean, B. Taonda, I. Serme, A. A. Bandaogo, et A. P. Sourwema, « Effets de la microdose sur la production du niébé, du mil et du sorgho en fonction la toposéquence Effects of fertilizer microdosing on cowpea, millet and sorghum production as a function of the toposequence», vol. 11, n° October, p. 2082-2092, 2017.
- [41] A. Tounkara, S. Sarr, C. A. B. Ngom, N. Ndiaye, et M. D. Faye, « La microdose, une technologie de fertilisation pour une gestion durable des terres et d' amélioration des rendements maraîchers dans le Bassin Arachidier au Sénégal», vol. 11, n° 1, p. 59-63, 2023.
- [42] A. Hodge, « The plastic plant: Root responses to heterogeneous supplies of nutrients », *New Phytol.*, vol. 162, n° 1, p. 9-24, 2004.
- [43] J. B. Aune et A. Bationo, « Agricultural intensification in the Sahel – The ladder approach», *Agric. Syst.*, vol. 98, n° 2, p. 119-125, sept. 2008.
- [44] D. Some, E. Hien, K. Assigbetse, J. J. Drevon, et D. Masse, « Legume and cereal cropping in zaï system with different organo-mineral amendments - productivity and impact on biological properties of degraded bare Alfisol in north Sudanian zone of Burkina Faso.», *Tropicultura*, vol. 34, n° 1. p. 56-68, 2016.
- [45] M. O. Akande, J. A. Adediran, et F. I. Oluwatoyinbo, « Effects of rock phosphate amended with poultry manure on soil available p and yield of maize and cowpea », *African J. Biotechnol.*, vol. 4, n° 5, p. 444-448, 2005.
- [46] M. Sharif *et al.*, « Effect of rock phosphate composted with organic materials on yield and phosphorus uptake of wheat and mung bean crops», *Pakistan J. Bot.*, vol. 45, n° 4, p. 1349-1356, 2013.
- [47] A. Ali *et al.*, « Effect of rock phosphate composted with organic materials on yield and phosphorus uptake of wheat and mung bean crops», *Pakistan J. Bot.*, vol. 45, n° 4, p. 1349-1356, 2014.