

Optimisation agroécologique de la production du sorgho par l'association du biochar et des légumineuses dans l'Ouest burkinabè

Rakiswendé Eliakim Amos KOMBAMTANGA^{1*},
Seydou OUOBA², Pierre ELLSSEL³,
Kwame Agyei FRIMPONG⁴,
Mahamane LARWANOU⁵,
Edmond HIEN¹,
Paul WAGSTAFF⁶,
Désiré Jean Pascal LOMPO⁷

Résumé

Face à la croissance démographique et à la dégradation des sols cultivables, il devient impératif d'intensifier durablement la production agricole en améliorant la fertilité des sols par des méthodes accessibles et adaptées. Le biochar est un amendement agricole riche en carbone fabriqué par carbonisation de résidus végétaux peu ou pas utilisés. Le biochar contribue à la régénération des sols, toutefois sa teneur en azote est faible et donc insuffisante pour assurer de bons rendements culturels. La présente étude menée dans la commune rurale de Satiri (Burkina Faso), a pour objectif de déterminer le rendement du sorgho influencé par l'utilisation combinée du biochar et du niébé, une légumineuse fixatrice d'azote. Un dispositif en blocs simples complètement randomisés a été mis en place et consistait en une culture de sorgho en association avec le niébé soumis à deux traitements et répétés 30 fois : le traitement témoin sans apport de fertilisant (T0) et le traitement T1 soit avec application de Biochar (5 t.ha⁻¹ en 2 ans à raison de 2,5 t.ha⁻¹ par an). Les rendements du sorgho ont été déterminés à la récolte. Il ressort de cette étude que les rendements du sorgho ont varié significativement entre les deux traitements. L'application du biochar a induit un accroissement de rendement grain de l'ordre de 3 fois par rapport au témoin. L'utilisation combinée du biochar et du niébé améliore donc le rendement du sorgho. En définitif, la technologie du Biochar combinée aux légumineuses constitue une solution prometteuse pour améliorer la productivité des cultures.

Mots clés : Agroécologie ; fertilité des sols ; Biochar ; Sorgho ; légumineuses

¹ Université Joseph KI ZERBO, Burkina Faso

² Université Nazi BONI, Burkina Faso

³ Université de BOKU, Autriche

⁴ Université de Cape Coast, Ghana

⁵ Université Abdou MOUNMOUNI, Niger

⁶ Self Help Africa, Ireland

⁷ Université Daniel OUEZZIN COULIBALY, Burkina Faso

***Auteur correspondant**: Rakiswendé Eliakim Amos KOMBAMTANGA
amoskombamtanga36@gmail.com/70621694, ORCID : <https://orcid.org/0009-0008-9498-5635>

DOI : <https://doi.org/10.64707/revstsna.v45i01.2107>

Agroecological Optimization of Sorghum Production through the Integration of Biochar and Leguminous Crops in Western Burkina Faso

Abstract

Due to population growth and the degradation of arable land, it has become imperative to intensify agricultural production in a sustainable manner by improving soil fertility using accessible and appropriate methods. Biochar, a carbon-rich agricultural amendment, is produced by carbonizing plant residues that are not used or used minimally. While biochar contributes to soil regeneration, its low nitrogen content is insufficient to ensure good crop yields. This study, conducted in the rural district of Satiri in Burkina Faso, aims to determine the sorghum yield influenced by the combined use of biochar and cowpea, a nitrogen-fixing legume. A completely randomized block design was set up consisting of a sorghum crop combined with cowpea, which was subjected to two treatments repeated 30 times. The first treatment was a control without fertilizer (T0), and the second treatment was the application of biochar (5 t ha⁻¹ over two years at a rate of 2.5 t ha⁻¹ per year) (T1). Sorghum yields were determined at harvest. The results of this study show that sorghum yields varied significantly between the two treatments. Applying biochar increased grain yield by 3 times compared to the control. Combining biochar with cowpea improves sorghum yield. Biochar technology combined with legumes is ultimately a promising solution for improving crop productivity.

Keywords: Agroecology; Soil fertility; Biochar; Cereals; Legumes.

Introduction

Le sorgho demeure incontestablement la culture la plus importante dans la production céréalière burkinabè tant par sa dimension géographique (la culture du sorgho se pratique dans toutes les régions agricoles du pays), sa quantité produite que par sa consommation (TROUCHE *et al.*, 2001; MARE, 2009; OUEDRAOGO *et al.*, 2024). Par ailleurs, le sorgho constitue une culture stratégique dans un contexte de changement climatique, grâce à son adaptabilité aux conditions sèches et aux sols moins fertiles (KHALIFA and ELTAHIR, 2023). Malgré leur position centrale dans la production agricole, les cultures céréalières notamment le sorgho, bénéficient de peu d'attention en matière de fertilisation (TRAORE, 2012). Pourtant, la faible efficience des ressources non renouvelables comme l'eau et l'azote, constitue un frein à un accroissement durable de la production des céréales (BEN ZEKRI MGHIRBI, 2017). Bien que l'efficacité agronomique des engrais minéraux sur les rendements des cultures ne soit plus à démontrer, ils sont faiblement utilisés sur les cultures vivrières à cause de leurs coûts élevés face aux faibles revenus des producteurs (BADO, 2002).

Ces dernières années, la redécouverte du biochar a suscité de perspectives intéressantes. Le biochar est perçu comme une alternative intéressante pour la valorisation des résidus culturels peu ou pas exploités pour améliorer durablement la qualité des sols et assurer la sécurité alimentaire, tout en protégeant l'environnement (LOMPO *et al.*, 2021). Dans un contexte de faible utilisation d'engrais minéral, une contrainte majeure dans l'utilisation du biochar serait liée à sa faible teneur en éléments nutritifs et particulièrement en azote assimilable par les cultures non fixatrices d'azote (SEKARAN *et al.*, 2022). En effet, toute l'azote contenue dans la biomasse originelle est soit piégé dans la structure aromatique ou volatilisé à moins d'avoir été fabriqué à basse température (ALLAIRE and LANGE, 2013). La pauvreté des sols en azote nécessite un apport extérieur d'azote pour les cultures comme les céréales qui ne peuvent pas assurer leur propre alimentation azotée par la fixation de l'azote atmosphérique (BADO, 2002). L'association traditionnelle au poquet, pratiquée principalement comme une stratégie de gestion des terres et d'adaptation aux aléas climatiques et biotiques (GANEME *et al.*, 2021), pourrait être un mécanisme localement développé pour suppléer au manque d'azote dans le biochar. Contrairement aux céréales, les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote de l'atmosphère grâce au processus de la fixation symbiotique (SCHNEIDER and BIARNES, 2021). Les cultures légumineuses constituent de ce fait une alternative durable pour améliorer la nutrition azotée des agrosystèmes à faible intrants (FUSTEC *et al.*, 2010; UDVARDI, *et al.*, 2024) et des céréales lorsqu'elles sont cultivées en association (ANZARA *et al.*, 2024). Ainsi, cultivées en association avec les légumineuses, les céréales pourraient profiter de l'azote contenu dans les composés organiques riches en azote apporté par les racines des légumineuses et minéralisé par les microorganismes du sol (BEDOUSSAC *et al.*, 2012). En outre, les légumineuses peuvent aussi contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique en réduisant la dépendance à l'égard des engrais synthétiques utilisés pour introduire artificiellement de l'azote dans le sol (ANZARA *et al.*, 2024). L'association du biochar avec des légumineuses fixatrices d'azote, comme le niébé (*Vigna unguiculata*), pourrait offrir une approche intéressante pour restaurer la fertilité des sols et accroître durablement les rendements céréaliers. Cependant, peu de travaux ont exploré cette approche combinée dans le contexte spécifique du Burkina Faso. La présente étude se propose donc de déterminer l'effet de l'association biochar-légumineuses sur la production du sorgho dans la commune rurale de Satiri. L'objectif est de déterminer le potentiel de cette

technologie agroécologique comme solution innovante et adaptée aux conditions locales pour renforcer la sécurité alimentaire.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

L'étude a été conduite dans les villages de Satiri et Bala dans la commune rurale de Satiri, région des Hauts-Bassins. La commune rurale de Satiri, située dans la province du Houet (Burkina Faso), s'étend entre les latitudes 11°20' et 11°30' Nord et les longitudes 4°00' et 4°05' Ouest (MAPLANDIA, s.d.). Le climat de la région est de type soudanien et est caractérisé principalement par la succession de deux saisons : la saison des pluies sur environ six mois (de mai à octobre) et la saison sèche qui va de novembre à avril. Dans la commune, la moyenne pluviométrique annuelle varie entre 800 mm et 1000 mm d'eau par an. En années exceptionnelles il a été observé une pluviométrie de plus de 1 000 millimètres d'eau (2003 avec 1309 mm, 2008 avec 2 270 mm) (PCD, 2019). La répartition inégale des pluies dans le temps et dans l'espace constitue une contrainte majeure aux productions agricoles. Les températures moyennes varient entre 16 °C et 38 °C (PCD, 2019). Les sols de la commune de Satiri sont à dominante ferrugineux tropicaux. Ils se caractérisent par une richesse en oxydes et en hydroxydes de fer et de manganèse, qui leur donne une couleur rouge ou ocre. Ils sont lessivés au niveau de la commune à cause de la pluviométrie relativement abondante (PCD, 2019).

2.2. Matériel végétal

Deux types de matériel végétal ont servi au cours de l'expérimentation.

La variété *Kapèlga* de Sorgho a été utilisée pour la conduite de l'expérimentation. Il s'agit d'une variété ayant un cycle semis-maturité de 90-100 jours et dont le rendement potentiel est de 2,8 t/h (OUEDRAOGO *et al.*, 2020). La deuxième spéculation est le niébé de la variété *komcallé*. C'est une variété qui s'adapte à la sécheresse avec un cycle de 60 jours et un rendement de 750 (kg/ha) en milieu paysan et un potentiel de 1,8 t/ha (MASA, 2014).

2.3. Amendement utilisé

Le biochar utilisé dans cette étude est du biochar de tiges de cotonnier produit à l'aide de fours artisanaux à Satiri avec la participation de producteurs autochtones. Les tiges de cotonniers ont été collectées,

découpées et pyrolysées à une température comprise entre 650 et 700°C pendant vingt minutes en moyenne (LOMPO *et al*, 2020). Les caractéristiques du biochar sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques chimiques du biochar utilisé

pHeau	MO	CO	N-t	C/N	P-t	K-t	Na-t	Ca-t	Mg-t
		(%)					mg/kg		
10,15	74,66	43,31	0,68	64,08	4514,90	35965,94	8599,52	26636,44	7230,43
pH (potentiel d'Hydrogène), MO (Matière organique), CO (Carbone organique) N_t (Azote total) P_t (Phosphore total) Na_t (Sodium total) K_t (Potassium total), Ca_t (Calcium total), Mg_total (Magnésium total)									

2.4. Dispositif expérimental

L'étude a été réalisée par la mise en place d'un test agronomique en milieu paysan. Un dispositif en blocs simples éclatés et complètement randomisés a été mis en place chez 30 producteurs volontaires correspondant à 30 répétitions. Ce dispositif consistait en une culture de sorgho en association avec le niébé soumis à deux traitements : le traitement témoin sans apport de fertilisant (T0) et le traitement avec l'application de 2,5 t.ha⁻¹ de biochar (T1). Les parcelles élémentaires avaient chacune une superficie de 16 m² (4 m x 4 m) et elles étaient séparées par une allée de 1 m.

2.5. Conduite de l'expérimentation

Les opérations de préparation du sol ont consisté à un labour à plat d'une profondeur moyenne de 20 cm et à un nivelage des planches à l'aide de dabas. L'application du biochar à raison de 4 kg par planche de 16 m², soit 2,5 t.ha⁻¹ aux parcelles réservées à ce traitement a été effectuée une seule fois à la première année. Cette même quantité a été appliquée à la deuxième année. Le biochar a été enfoui manuellement à l'aide de dabas dans le sol à une profondeur d'environ 20 cm (GAURAV *et al.*, 2025). Les semis des graines de sorgho et de niébé ont été effectués dans le même poquet (GANEME *et al.*, 2021) et en ligne après l'application du biochar. Le démariage a consisté à laisser deux plants de niébé et deux plants de sorgho dans le même poquet. Le désherbage a été fait manuellement selon les pratiques des paysans et les densités des poquets de semis (0,8 m entre les lignes et 0,4 m entre les poquets sur les lignes) étaient de 33600 poquets ha⁻¹. Deux traitements à l'huile de neem (*Azadirachta indica*) ont été effectués pendant la floraison-fructification du niébé pour lutter contre les insectes ravageurs.

2.6. Paramètres déterminés

L'humidité, la température et la conductivité électrique du sol ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un humidimètre de sol portable de type Fieldscout intégrant les mesures de ces trois paramètres. Les mesures ont été faites au cours du cycle des cultures à 20 cm de profondeur du sol, correspondant à la couche d'application du biochar.

Dans chaque parcelle élémentaire, la croissance du sorgho a été évaluée à travers la mesure des hauteurs et des diamètres au collet des plantes au 30^{ème} et 75^{ème} jour après semis (JAS). Les mesures des hauteurs ont porté sur les mêmes plantes choisies dans chaque poquet. Une plante par poquet a été mesurée du collet à la dernière feuille.

L'évaluation des nodules du niébé a eu lieu au stade floraison-fructification. Sur la deuxième ligne, les plantes de trois poquets choisis aléatoirement ont été prélevées dans tous les sites et le nombre de nodules a été déterminé par comptage.

Pour la récolte, un carré de rendement de 1,92 m² a été placé dans la partie médiane dans chaque parcelle élémentaire pour la détermination du nombre de pieds de sorgho, des rendements moyens en paille du sorgho et en fanes du niébé ainsi que les rendements grains du niébé et du sorgho.

2.7. Analyse de données

Le logiciel Excel a servi à la saisie des données collectées et à la réalisation du test de corrélation entre le rendement du sorgho et le nombre de nodules. L'analyse des données a été réalisée à l'aide d'un modèle linéaire mixte, considérant les traitements comme effets fixes et les producteurs comme effets aléatoires. Les calculs ont été effectués avec le logiciel version R 4.5.0 via l'interface Rcmdr, et les tests statistiques ont été interprétés au seuil de signification de 5 %.

3. Résultats

3.1. Variation des paramètres physico-chimiques en fonction des traitements

Les températures du sol étaient légèrement basses avec l'addition de biochar. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs des températures relevées dans les parcelles témoin et celles appliquées au biochar dans la profondeur de 20 cm du sol au

cours des deux périodes de mesures (période humide et de déficit hydrique).

Les résultats sur l’humidité du sol montrent des teneurs significativement différents au seuil de probabilité de 5% entre les traitements. Les parcelles traitées au biochar ont maintenu des teneurs en eau supérieures à celles du témoin, aussi bien en périodes humides qu’en périodes de déficit hydrique.

Concernant la conductivité électrique, les résultats (Tableau II) indiquent des valeurs extrêmement faibles de la conductivité électrique (CE) des sols étudiés. Pendant les périodes humides, aucune différence significative n’a été observée entre les traitements. Par contre en période de déficit hydrique, le biochar a induit une CE significativement plus élevée que le témoin sans pour autant atteindre le seuil dommageable pour la culture du sorgho (8000 mS/m).

Tableau II : Variation des paramètres physico-chimiques du sol en fonction des traitements

Périodes de mesure	Traitements	Températures (°C)	Humidité (%)	Conductivité électrique (mS/cm)
Périodes humides	T0 : Témoin	31,52 ± 0,28	35,83±0,70b	0,085±0,6
	T1 : Biochar	31,47±0,4	39,40±2,01a	0,034±077
Probabilités (5%)		0,90	0,001	0,51
Significativité		NS	HS	NS
Périodes de déficit hydrique	T0 : Témoin	36,21± 0,37	28,2±1,7b	0,0017±0,005b
	T1 : Biochar	36,18±0,35	30,2±0,7a	0,0184±006a
Probabilités (5%)		0,92	0,004	0,0067
Significativité		NS	S	HS

Les moyennes et les écarts types de la même colonne et affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; NS = non significatif ; S = significatif ; HS= hautement significatif.

4.2. Effets de l’association biochar-légumineuse sur les paramètres agromorphologiques du sorgho

4.2.1. Variation de la hauteur et du diamètre du sorgho en fonction des traitements

Les résultats montrent une différence significative entre les traitements pour les hauteurs et des diamètres des plants (p < 0,0001) au cours des deux périodes de mesure entre les traitements au seuil de

5 % (Tableau III). La hauteur et le diamètre les plus élevés des plants ont été obtenus avec le traitement au biochar. Les hauteurs ont évolué de 69,8 cm contre 46 cm au 30^èJAS et 142,1 cm contre 69,4 cm au 75^è JAS. Quant aux diamètres, ils ont augmenté de 0,62 cm contre 0,42 cm au 30^èJAS et 7,9 cm contre 4,4 cm au 75^è JAS.

Tableau III : Variations des hauteurs et diamètres des plants de sorgho en fonction des traitements au 30^è jour et au 75^è jour (JAS)

Traitements	Hauteurs (cm)		Diamètre (cm)	
	30 ^è (JAS)	75 ^è (JAS)	30 ^è (JAS)	75 ^è (JAS)
T0 : Témoin	46,9±3,8b	72,7±4,5b	0,42±0,3b	4,4±0,4b
T1 : Biochar	68,5±2a	139,3±8a	0,62 ± 0,04a	7,9±0,3a
Probabilité (5%)	0,001	0,001	0,001	0,001
Significativité	HS	HS	HS	HS

Les moyennes et les écarts types de la même colonne et affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; HS= hautement significatif.

4.2.2. Variation du rendement grain du sorgho en fonction des traitements

Les résultats montrent une différence significative entre les traitements ($p < 0,05$) pour ce qui concerne le rendement grain (Tableau IV). Le traitement au biochar (T1) a enregistré les rendements grain le plus élevé avec 328,5, kg.ha⁻¹ contre 120,1 kg.ha⁻¹ pour le témoin.

Tableau IV : Variation du rendement grain en fonction des traitements

Traitements	Rendement grain (Kg/ha)		
	Sorgho	Niébé grain	Sorgho+Niébé
T0 : Témoin	120,1 ± 8b	290,5±43b	410,6±96b
T1 : Biochar	328,5 ± 6 a	576,9±48a	905,4±79a
Probabilité (5%)	0,001	0,001	0,001
Significativité	HS	HS	HS

Les moyennes et les écarts types de la même colonne et affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; HS= hautement significatif.

4.2.3. Variation du rendement de la paille du sorgho et la fane du niébé en fonction des traitements

Similairement au rendement grain, les résultats de la biomasse paille du sorgho et fanes du niébé enregistrées avec le traitement au biochar ont été significativement plus élevées au seuil de 5% par rapport au

témoin. La somme algébrique des biomasses produites sous le traitement au biochar a été supérieure à celle du témoin (Tableau V).

Tableau V : Variation de la biomasse aérienne en fonction des traitements

Rendement biomasse (Kg/ha)			
Traitements	Sorgho	Niébé	Sorgho+Niébé
T0 : Témoin	290,5±43b	1928,1±31,7b	3005,5±441,8b
T1 : Biochar	3926,7±362 ,5a	3333,2±29a	7259,8±443,9a
Probabilité (5%)	0,001	0,001	0,001
Significativité	HS	HS	HS

Les moyennes et les écarts types de la même colonne et affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% ; HS= hautement significatif.

4.2.3. Variation du nombre de nodules du niébé par plant en fonction des traitements

Les résultats ont montré une variation significative sur le nombre de nodules au stade floraison (Figure 1). Le biochar a induit une augmentation de 13% du nombre de nodules par rapport au témoin sans fertilisation. Toutefois, l’analyse de la corrélation entre nombre de nodule et rendement du sorgho grain montre que le nombre de nodules du niébé n’est pas corrélé au rendement grain du sorgho.

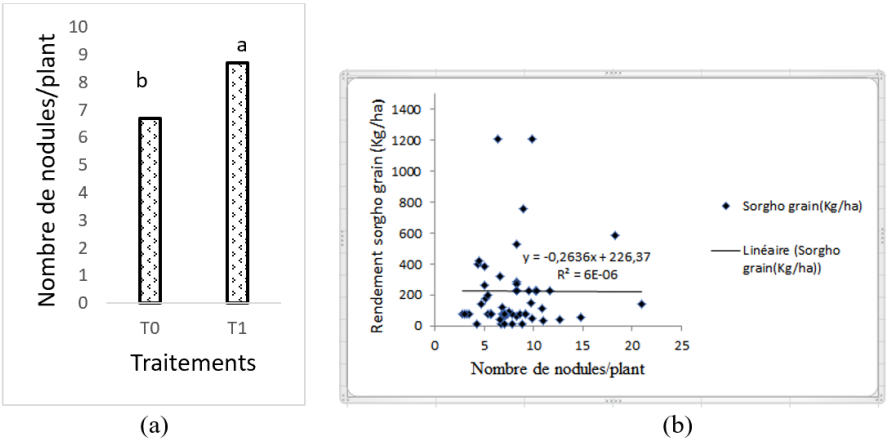


Figure 1 : Variation du nombre de nodules du niébé par plant en fonction des traitements (a) et corrélation entre nombre de nodule et rendement grain du sorgho (b) (T0 = Témoin ; T1 = Biochar)

4. Discussion

L’analyse des paramètres physiques dans cette étude a révélé des effets contrastés selon les périodes de mesures des paramètres physico-

chimiques. La température n'a pas montré de différences significatives, que ce soit en période humide ou lors des poches de déficit hydrique. Ce qui impliquerait que le biochar n'a pas modifié de la température de façon notable. En revanche, l'humidité du sol a été significativement influencée, aussi bien en période humide que durant les épisodes de déficit hydrique. Ce qui confirme le rôle dans l'amélioration de la rétention en eau. Des études antérieures, notamment celles de SABA *et al.* (2022) et FRIMPONG *et al.* (2025) ont montré que l'application du biochar dans le sol induisait une meilleure conservation de l'humidité. De plus, la conductivité électrique n'a pas connu une variation significative en conditions humides mais s'est révélée significative en période de déficit hydrique. Ce qui indiquerait une meilleure disponibilité ionique lorsque les ressources hydriques sont limitées. Ces résultats soulignent que l'effet du biochar sur les propriétés physiques et chimiques mesurées est surtout perceptible dans les situations de stress hydrique, où il contribue à maintenir un environnement plus favorable à la croissance des plantes.

De ce fait, l'association du biochar au niébé répond aux effets attendus de cette association. En effet, en ne provoquant pas une augmentation de la température, en améliorant l'humidité et la conductivité du sol en conditions de stress hydrique, le biochar crée un milieu propice à l'activité symbiotique du niébé et à la fixation biologique de l'azote. De plus, le biochar apporte des éléments minéraux et favorise leur assimilation par les plants : son pH élevé (environ 10 pour le biochar de tiges de cotonnier utilisé dans cette étude) améliore celui du sol favorisant de ce fait une meilleure disponibilité des éléments nutritifs notamment le phosphore qui est immobilisé aux pH bas (ROS *et al.*, 2020). Cette synergie s'est traduite dans cette étude par une amélioration significative du rendement du sorgho, tant en grain qu'en biomasse et des rendements cumulés grains et biomasses du sorgho plus niébé, par rapport au témoin. Ainsi, outre son rôle physique sur la structure et la rétention d'eau, le biochar, combiné à la légumineuse fixatrice d'azote, contribue également à enrichir le sol en nutriments et à renforcer la résilience du système de culture face aux contraintes climatiques. Ces observations sont similaires à d'autres travaux qui soulignent d'une part le rôle du biochar et d'autre part celui des associations céréales-légumineuses dans l'amélioration de la fertilité des sols et la durabilité des systèmes de culture (BEDOUSSAC *et al.*, 2012; SIGUA *et al.*, 2015; ZONGO, 2017; DING *et al.*, 2019; LOMPO

et al., 2020; HALLIM MAJIDI, 2022; SABA *et al.*, 2022; ANZARA *et al.*, 2024; FRIMPONG *et al.*, 2025).

Contrairement aux résultats de SCHNEIDER and BIARNES (2021) qui ont souligné une corrélation entre un nombre élevé de nodosités et des rendements également élevés, l'analyse de la nodulation a montré que le nombre de nodules n'est pas corrélé au rendement du sorgho. Ce résultat suggérerait que la nodulation considérée comme indicateur quantitatif pour évaluer le sorgho, ne refléterait pas forcément son efficacité dans la fixation d'azote ni son transfert vers la culture associée. En effet, la contribution du niébé à l'amélioration des rendements du sorgho dans la combinaison biochar-niébé pourrait s'expliquer par la qualité et l'activité des nodules, ainsi que la dynamique temporelle de la minéralisation de l'azote qui joueraient un rôle déterminant.

En somme, l'association biochar-niébé constitue une stratégie prometteuse pour améliorer la productivité du sorgho en conditions de faible fertilisation.

Conclusion

Cette étude réalisée à l'Ouest du Burkina Faso nous a permis de tester l'usage du biochar de tiges de cotonnier combiné au niébé sur la qualité du sol et le rendement du sorgho. Les effets bénéfiques de la combinaison biochar-niébé s'est traduit à la fois par l'amélioration des propriétés physiques du sol, notamment la rétention en eau et la conductivité en période de déficit hydrique, et par la synergie avec la légumineuse fixatrice d'azote dans l'amélioration du rendement du sorgho. Toutefois, le nombre de nodules du niébé n'a pas été corrélé directement au rendement du sorgho, suggérant que la nodulation, en tant qu'indicateur quantitatif, ne reflète pas nécessairement l'efficacité de la fixation d'azote ni son transfert vers la culture associée. Ces résultats soulignent l'intérêt agronomique de l'association biochar-niébé pour renforcer la résilience des systèmes céréaliers, tout en invitant à des recherches complémentaires sur la qualité fonctionnelle des nodules et les mécanismes de transfert d'azote.

Remerciements

La réalisation de cette étude a été rendue possible grâce au soutien financier du projet SustInAfrica, que nous remercions vivement. Nous exprimons également notre gratitude aux autorités communales de Satiri, aux services techniques ainsi qu'aux agriculteurs de la commune

de Satiri pour leur disponibilité, leur collaboration et leur engagement tout au long de l'expérimentation.

Références bibliographiques

ALLAIRE, S. AND LANGE, S. (2013) "Le biochar dans les milieux poreux: une solution miracle en environnement?," *Vecteur Environnement*, 46(September), pp. 58–67.

ANZARA, G.R., ANGUI, C.V.M., N'DRI, K.E., AKAFFOU, D.S. and ZORO, B.I.A. (2024) "Evaluation agro-morphologique du cultivar précoce du niébé, *Vigna unguiculata* (L). walp. à différents niveaux de densité de semis," *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 43, pp. 88–99.

BADO, B.V. (2002) *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéens et soudanienne du Burkina Faso*. Université Laval.

BEDOUSSAC, L., BERNARD, L., BRAUMAN, A.A., COHAN, J.-P., GUENAELLE, C.-H., DESCLAUX, D., FUSTEC, J., HAEFLIGER, M., JOURNET, E.-P., LOPEZ RIDAURA, S. and AL, E. (2012) "Les cultures associées céréale / légumineuse : en agriculture 'bas intrants' dans le sud de la France, projet PerfCom - Peuplements Complexes Performants en agriculture à bas intrants," *Hal Open Science*, p. 28. Available at: <https://doi.org/11> <https://hal.inrae.fr/hal-02811413>.

DING, Y., GAO, X., QU, Z., JIA, Y., HU, M. and LI, C. (2019) "Effects of Biochar Application and Irrigation Methods on Soil Temperature in Farmland," *Water*, 11(499), p. 18. Available at: <https://doi.org/10.3390/w11030499>.

FRIMPONG, K.A., OWUSU, S., DARKO, R.O., HANYABUI, E., ABBEY, A.N.A. and TETTEH, D.A. (2025) "Effect of biochar application rates on soil properties and growth of *Amaranthus caudatus*," *Discover Agriculture*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00172-0>.

FUSTEC, J., LESUFFLEUR, F., MAHIEU, S. and CLIQUET, J.-B. (2010) "Nitrogen rhizodeposition of legumes . A review To cite this version : Nitrogen rhizodeposition of legumes . A review," *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), pp. 57–66.

GANEME, A., DOUZET, J.-M., TRAORE, S., DUSSEYRE, J., KABORE, R., TIROGO, H., NABALOUM, O., OUEDRAOGO, N.W.-

Z.S. and ADAM, M. (2021) “L ’ association sorgho / niébé au poquet , une pratique traditionnelle en zone soudano-sahélienne à faible rendement : état des lieux et pistes d ’ amélioration,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 31(4), pp. 836–848.

GAURAV, S., DIPTANU, B., MEHTA, C., PRASANN, K., NISHIHARA, E., INUBUSHI, K., SUDO, S., HAYASHIDA, S., PATRA, P., MINKINA, T. and RAJPUT, V. (2025) “Effects of biochar amendment at various soil depths on maize roots and growth indices,” *scientific reports*, 15(26310), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/doi:10.1038/s41598-025-09218-1>.

HALLIM MAJIDI, A. (2022) “Effect of Different Biochar Concentration on the Growth of Three Agricultural Plants in Afghanistan,” *Journal of Wastes and Biomass Management*, 4(1), pp. 01–07. Available at: <https://doi.org/10.26480/jwbm.01.2022.01.07>.

KHALIFA, M. and ELTAHIR, E.A.B. (2023) “Assessment of global sorghum production, tolerance, and climate risk,” *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7(June), pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1184373>.

LOMPO, D.J.-P., YE, L., OUEDRAOGO, S., SORI, S.I. and NACRO, H.B. (2020) “Production and Characterization of Crop Residues Derived Biochars for Soil Amendment and Carbon Sequestration,” *Journal of Agricultural Studies*, 9(1), pp. 130–145. Available at: <https://doi.org/10.5296/jas.v9i1.17890>.

LOMPO, D.J.P., YE, L., BALBONE, A. and IBRAHIMA SORI, S. (2021) “Effets combinés du biocharbon et du fumier sur les propriétés physico-chimiques d’un sol ferrugineux tropical sous culture de mil en zone semi-aride du Burkina Faso,” *Journal of Applied Biosciences*, 157, pp. 16172–16181. Available at: <https://doi.org/10.35759/jabs.157.3>.

MAPLANDIA (no date) *Satiri Map — Burkina Faso ou Satiri (département)*. Available at: <http://www.maplandia.com/burkina-faso/houet/satiri/satiri/%0A> (Accessed: January 13, 2026).

MARE, B. (2009) *Impact de l’utilisation du niébé et de divers amendements sous zaï sur les caractéristiques des sols dégradés: Conséquences pédo-socio économiques*. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

MASA (2014) *Catalogue national des espèces et variétés agricoles*. Ministère de l’Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Burkina Faso.

Ouagadougou (Burkina Faso).

OUEDRAOGO, B.I., BOUGMA, S. and SAWADOGO/COMPAORE, E. (2024) “Efficacité technique dans la production du sorgho au Burkina Faso,” *African Scientific Journal*, 03(27), pp. 1308–1326.

OUEDRAOGO, J., SERME, I., POUYA, M.B., SANON, S.B., OUATTARA, K. and LOMPO, F. (2020) “Improvement of sorghum productivity through introducing integrated soil fertility management options in the Northern sudanian zone of Burkina Faso,” *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(9), pp. 3262–3274. Available at: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.23>.

PCD (2019) *Plan communal de développement de la commune rurale de Satiri (2020-2024)*. Bobo-Dioulasso.

ROS, M.B.H., KOOPMANS, G.F., VAN GROENIGEN, K.J., ABALOS, D., OENEMA, O., VOS, H.M.J. and VAN GROENIGEN, J.W. (2020) “Towards optimal use of phosphorus fertiliser,” *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74736-z>.

SABA, F., SAWADOGO, H., CORNELIS, J.-T., OUEDRAOGO, A.-K., CISSE, D., COULIBALY, K. and NACRO, H.B. (2022) “Gestion Efficiente Des Nutriment Par L’Utilisation De Biochar Et Compost Dans Un Systeme Zai Au Centre-Nord Du Burkina Faso Efficient Management of Nutrient in Zai System Using Biochar and Compost in Central North Region of Burkina Faso,” *Agronomie Africaine*, 34(1), pp. 101–115.

SCHNEIDER, A. and BIARNES, V. (2021) “Légumineuses , une entrée d ’ azote dans les systèmes : comment ça marche et à quelles conditions ?,” *Terres Inovia*, p. 4.

SEKARAN, C., ELANGO VAN, R., RANGASAMI, S. and MURUGARAGAVAN, R. (2022) “The Pharma Innovation Journal 2022; 11(12): 243-246 Characteristics of biochar: A review,” *NAAS Ratvcing: 5.23 TPI*, 11(12), pp. 243–246.

SIGUA, G.C., STONE, K.C., HUNT, P.G., CANTRELL, K.B. and NOVAK, J.M. (2015) “Increasing biomass of winter wheat using sorghum biochars,” *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), pp. 739–748. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0253-2>.

TRAORE, M. (2012) *Impact des pratiques agricoles (rotation, fertilisation et labour) sur la dynamique de la microfaune et la*

macrofaune du sol sous culture de sorgho et de niébé au Centre Ouest du Burkina Faso. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

TROUCHE, G., DA, S., PALE, G., SOHORU, A., OUEDRAOGO, O. and DEN GOSSO, G. (2001) “Évaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina,” *In H. Hocdé, J. Lançon & G. Trouche (Eds.), Sélection participative (pp. 36–55). Montpellier, France : CIRAD., pp. 5–6.*

UDVARDI, M., MENS, C. and GRUNDY, E. (2024) “Genetics and Genomics of Symbiotic Nitrogen Fixation in Legumes: Past, Present and Future,” *European Review*, 32(4), pp. 383–397. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1062798724000309>.

BEN ZEKRI MGHIRBI, Y. (2017) *Analyse des compromis entre la production et l'efficacité de l'eau et de l'azote dans les systèmes céréaliers méditerranéens à base de blé dur* Yossier Ben Zekri Mghirbi To cite this version : HAL Id : tel-02008155 Délivré par l'Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques Montpellier SupAgro – France.

ZONGO, K.F. (2017) *Déterminants des performances des associations céréales-légumineuses dans les agro-écosystèmes soudano-sahéliens du Burkina Faso*, Thèse. l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO.

