

Productivité en eau du soja (*Glycine max*) sous application combinée de biochar et de fumier dans la commune de Parakou

[Water productivity of soybean (*Glycine max*) under combined application of biochar and manure in the commune of Parakou]

Pierre G. Tovihoudji, Berteulot L. S. Dossounon, and Sissou Zakari

University of Parakou, Faculty of Agronomy (UP, FA), Laboratory of Hydraulics and Environmental Modeling (HydroModE Lab), 03 PO Box 351 Parakou, Benin

Copyright © 2025 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: Numerous innovative climate-smart agricultural practices are being implemented across Africa, contributing to increased productivity and enhanced resilience. However, their efficiency remains relatively low at the continental and even regional levels. This study aims to assess the water use efficiency (WUE) of soybean (*Glycine max*) under the combined application of biochar and manure. A randomized complete block design (RCBD) with three replications was used for the experiment. The factor studied was organic amendment, with four levels: no amendment (T0), manure (T1), biochar (T2), and a combination of biochar and manure (T3). The methodology included rainfall and soil moisture measurements to monitor water availability in each experimental unit. Data on growth and yield parameters were collected. Analysis showed that manure, particularly when combined with biochar, significantly improved growth parameters. Furthermore, the biochar-manure treatment enhanced soybean grain yield by up to 37.34% compared to the control (i.e., 1642 kg/ha). It also resulted in the highest water use efficiency, with an improvement of up to 37.03%. Therefore, applying manure combined with biochar appears beneficial for soybean cultivation. The combination reduces nutrient loss by limiting leaching, thanks to the biochar's retention capacity. Further research involving different application rates of biochar and manure would help determine the optimal quantities for maximizing water use efficiency.

KEYWORDS: Biochar, Efficiency, Manure, Soybean, Parakou.

RESUME: De nombreuses pratiques agricoles climato-intelligentes innovantes sont mises en œuvre en Afrique et permettent d'augmenter la productivité et de développer la résilience, mais restent relativement non efficiente à l'échelle continentale ou même régionale. Cette étude tente d'évaluer l'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) du soja (*Glycine max*) sous application combinée de biochar et de fumier. A cet effet le dispositif expérimental utilisé a été un bloc aléatoire complet (BAC) avec trois répétitions. Le facteur étudié a été l'amendement organique avec quatre (04) niveaux: sans amendement organique (T0), fumier (T1), biochar (T2) et biochar combiné au fumier (T3). La méthodologie adoptée pour atteindre notre objectif a porté sur des mesures pluviométriques et d'humidités du sol pour voir l'évolution du stock en eau de chaque unité expérimentale. Les données sur les paramètres de croissance et les paramètres de rendement ont été collectés. D'après les analyses, le fumier et surtout le fumier combiné au biochar ont amélioré les paramètres de croissance. En outre, le traitement de fumier combiné au biochar a amélioré le rendement en grain du soja jusqu'à 37.34% comparativement à un sol sans amendement soit 1642 kg/ha. Le fumier combiné au biochar a été le traitement qui a permis une meilleure efficience d'utilisation de l'eau avec une amélioration jusqu'à 37.03%. Ainsi, l'application du fumier combiné au biochar semble nécessaire pour la culture du soja. Le Biochar combiné avec du fumier (source d'élément nutritif) réduit la perte de ces derniers en limitant le lessivage. Il serait intéressant d'appliquer différente quantité de biochar et de fumier afin de trouver la quantité optimale qui permettrait une meilleure efficience d'utilisation de l'eau.

MOTS-CLEFS: Biochar, efficience, fumier, soja, Parakou.

1 INTRODUCTION

Le changement climatique et le déclin de la matière organique du sol (MOS) contribuent à plusieurs processus de dégradation des sols, notamment l'érosion, le compactage, la salinisation, la carence en nutriments, la perte de biodiversité et la désertification, qui s'accompagnent tous d'une réduction de la fertilité des sols ([1]). Le biochar en tant qu'amendement de sol peut améliorer les propriétés physico-chimiques des sols dégradés ou appauvris en nutriments.

Selon ([2]) la production des cultures telles que le maïs, le mil, le sorgho, le riz, et le soja baissera avec les changements climatiques à l'horizon 2050. Il serait donc important de mettre en œuvre des politiques d'adaptation adéquates. L'utilisation des engrains organiques pourrait faciliter le développement des infrastructures d'irrigation pouvant permettre aux agriculteurs d'aller vers le contrôle partiel ou total de l'eau et de rendre la production végétale moins dépendante des conditions climatiques ([2]).

Le biochar est un produit riche en carbone obtenu de la décomposition thermale des matières organiques en absence d'oxygène [3]. En raison des avantages irremplaçables, tels qu'une grande surface spécifique, une forte capacité d'adsorption, une teneur et une stabilité élevées en carbone, une richesse de divers nutriments, le biochar est largement utilisé pour l'amélioration du sol et la production d'engrais à base de carbone ([4], [5]). Les résultats de certaines recherches indiquent des changements significatifs dans la qualité du sol, notamment des augmentations du pH, du carbone organique, des cations échangeables et de l'efficacité d'utilisation des engrais N ([6], [7]).

La présente étude sur le soja vise à déterminer l'efficience d'utilisation de l'eau du soja sous application combinée de biochar et de fumier dans la commune de Parakou en régime pluvial. De façon spécifique, il s'agit d'évaluer l'effet du fumier et du biochar sur quelques paramètres de croissance et de rendement du soja et d'évaluer l'effet du fumier et du biochar sur le stock en eau du sol et l'efficience d'utilisation de l'eau.

2 MATERIELS ET METHODES

La présente étude est réalisée au Bénin dans la commune de Parakou située dans la zone 2°42 longitudes Est et 9°18 latitude Nord (Fig.1). Le climat de type soudanien, est caractérisé par des fluctuations de température avec une pluviométrie moyenne de 1200 mm par an. Le dispositif expérimental a été un bloc aléatoire complet (BAC) avec trois répétitions. Le facteur étudié a été l'amendement organique avec quatre (04) niveaux: sans amendement organique (T0), fumier (T1), biochar (T2) et fumier combiné au biochar (T3). Les traitements ont été appliqués en poquet; 5 g de biochar par poquet soit 500 kg /ha, 10 g de Fumier par poquet soit 1 t /ha et la combinaison du biochar et du fumier (5g de biochar + 10g de Fumier).

La hauteur et le diamètre au canopée ont été pris sur cinq (05) poquets à deux (02) plants chacun considérés fixes par parcelle à une fréquence de 15 jours. La biomasse totale humide a été prise sur un poquet échantillonné au hasard sur chaque parcelle à chaque collecte. La récolte a été effectuée sur un carré de densité de 1m² installé sur les lignes au milieu de chaque unité expérimentale. Le rendement en grains a été donc estimé et exprimé en kg/ha.

Sur chaque parcelle l'humidité est prise au niveau de deux points considérés à 10 et 20 cm de profondeur. Le stock (St) en eau pour chaque traitement sur 0- 20 cm de profondeur est déterminé et a permis à estimer l'évapotranspiration réelle (ETR) de chaque parcelle. L'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) sous chaque traitement a été estimée avec la formule suivante: EUE (kg/ ha/mm) = Rendement en grain (kg/ ha) / Evapotranspiration réelle (mm)

Le modèle d'analyse de variance sous logiciel Statistical Package of Social Science (SPSS) 21 a été utilisé pour voir la différence entre les effets des traitements sur les paramètres de croissance et de rendement ainsi que sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le test de Tukey pour voir les liens de significativités entre les traitements.

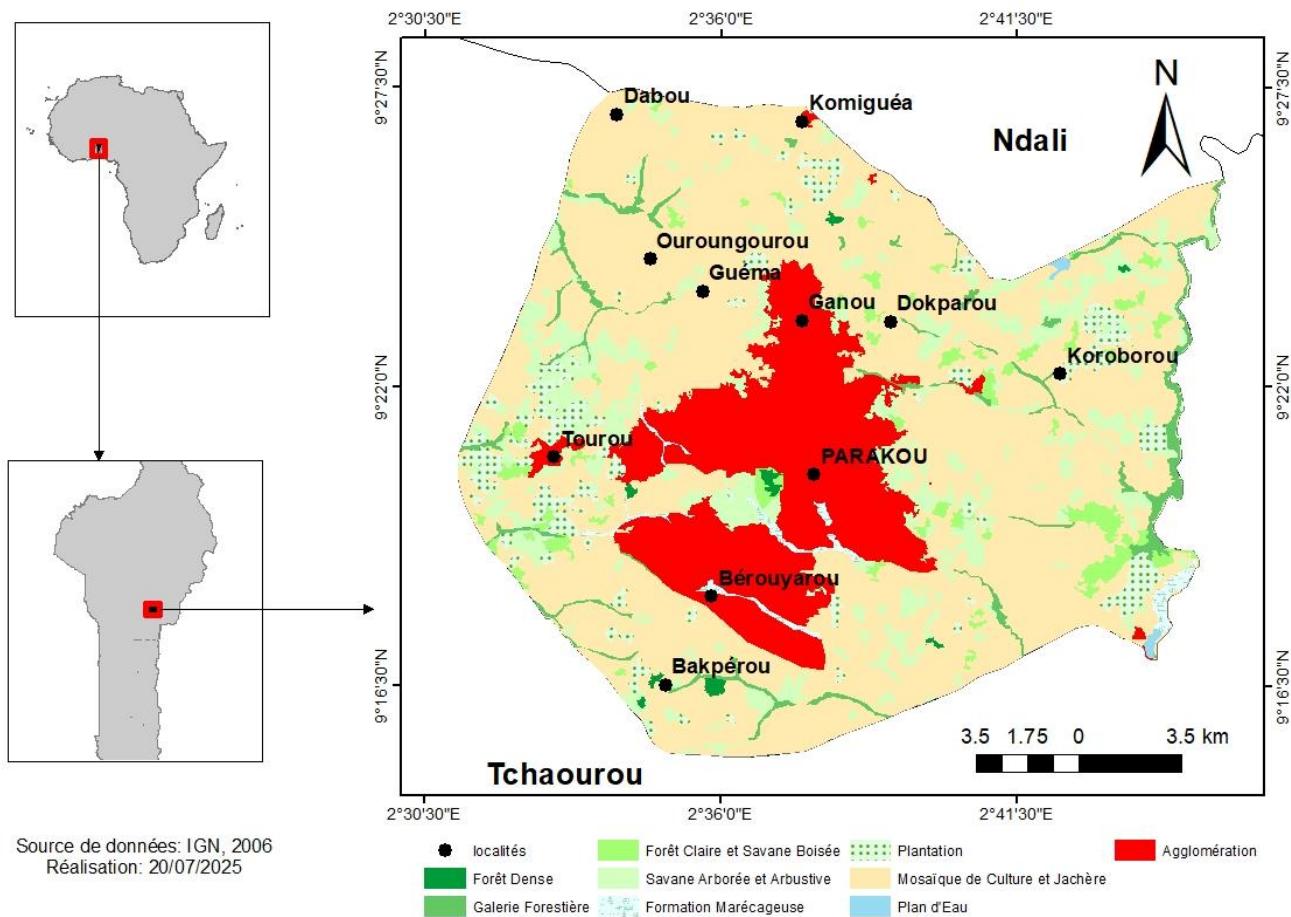


Fig. 1. Carte géographique de la commune de Parakou

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE ET DE RENDEMENT DU SOJA.

L'analyse statistique effectuée révèle que les traitements appliqués pour la culture du soja ne sont pas significativement différents l'un de l'autre en termes d'amélioration de la biomasse humide racinaire et de la biomasse totale des plants du soja ($p>0.05$) (fig1). Par contre la différence entre les traitements a été significative pour la croissance en hauteur et diamètre de la canopée des plants du soja à partir du 30 à 60 JAS et 45 à 90 JAS respectivement. Les hauteurs les plus élevées ont été observées dans les parcelles qui ont reçu le fumier combiné au biochar avec une hauteur moyenne de 56,6 cm au 45ème JAS et 86,3 cm au 60ème JAS suivi du traitement T2 avec une hauteur moyenne de 50.8cm au 45ème jour après semis et 78,8 cm au 60ème JAS. Les grands diamètres ont été observés dans les parcelles des traitements T3, T2, et T1 avec des diamètres moyens respectifs de 65,8 cm, 63,4 cm, 63,4 cm au 90ème JAS et les petits ont été observés dans la parcelle témoin T0 (Fig. 1). Ce résultat pourrait s'expliquer par l'application du biochar qui permet de limiter les pertes par lessivage fortifiant ainsi l'impact de l'apport de matière organique dans le sol ([8]). Les traitements ont un effet significatif au seuil de 5% sur le rendement en grain ($p < 0,05$) avec les rendements en grains les plus élevés dans les parcelles à T3 et dans les parcelles à T1 avec des moyennes respectives de 1642 kg/ha et 1453,6 kg/ha. Les faibles rendements moyens ont été observés dans les parcelles des traitements T2 et T0 avec des moyennes respectives de 1200,9 kg/ha et 1030,3 kg/ha (Tableau 1). Pour le rendement en fanes l'analyse révèle que les traitements ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ($p > 0,05$).

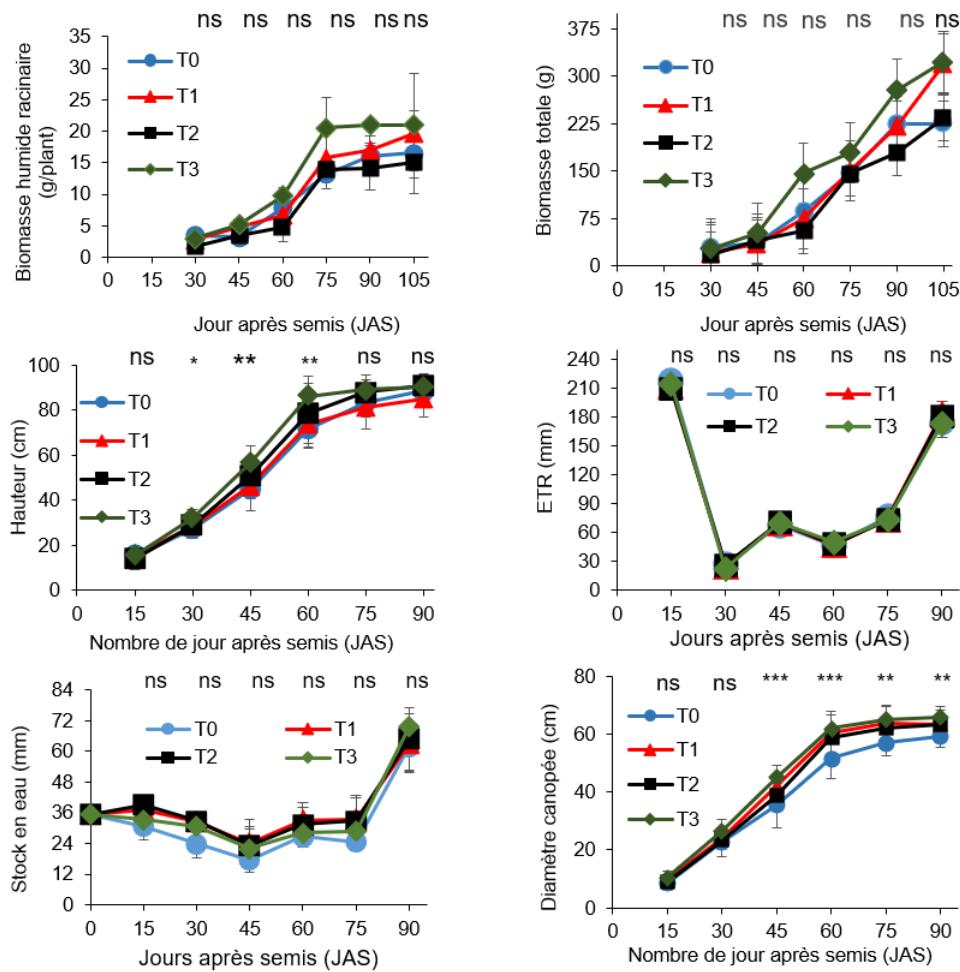


Fig. 2. Effet des traitements sur les paramètres de croissance du soja

Légende: sans fertilisation organique (T0), Fumier (T1), Biochar (T2) et Biochar combiné au fumier (T3), différence non significative au seuil de 5% (ns), différence significative au seuil de 5%, les barres d'erreur représentent les écarts types

3.2 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE STOCK EN EAU, LE RENDEMENT ET L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU

Sur le stock en eau du sol et l'Evapotranspiration, les traitements ne sont pas significativement différents ($p>0.05$). Ce qui n'est pas le cas selon ([8]) qui ont trouvé que l'addition du biochar au fumier permet non seulement de rendre disponible les éléments minéraux mais permet aussi une augmentation de la capacité de rétention en eau du sol. Le résultat trouvé pour notre cas serait à cause de la quantité de biochar et de fumier appliqués. Sur l'efficience d'utilisation de l'eau, les traitements ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ($p < 0,05$) avec les meilleures EUE dans les parcelles qui ont reçu le traitement de biochar combiné au fumier (2,7 kg/ha/mm) et dans les parcelles qui ont reçu uniquement de fumier (2,4 kg/ha/mm) (Tableau 1). Ce qui corrobore le résultat de ([8]) qui ont trouvé que le biochar associé avec la matière organique, source d'éléments nutritifs, il va permettre de limiter les pertes par lessivage fortifiant ainsi l'impact de l'apport de matière organique.

Tableau 1. Rendements en grains et en fanes et l'efficience d'utilisation de l'eau des quatre traitements

Traitements	Rendement grains (kg/ha)		Rendement fanes (kg/ha)		Efficience d'utilisation de l'eau (kg/ha/mm)	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
T0	1030,3a	158,6	1645,78a	143,36	1,7a	0,3
T1	1453,6bc	77,0	2385,2b	322,98	2,4bc	0,1
T2	1200,9ab	51,2	1944,4ab	257,86	2ab	0,0
T3	1642c	151,8	1840ab	317,60	2,7c	0,3
p-value	0,001		0,51		0,001	

Légende: sans fertilisation organique (T0), Fumier (T1), Biochar (T2) et Biochar combiné au fumier (T3)

4 CONCLUSION

Les amendements organiques testés sur les paramètres de croissance et rendement du soja et sur l'efficience d'utilisation de l'eau ont montré des améliorations significatives sur ces paramètres comparativement aux parcelles qui n'ont reçu aucun traitement. Toutes fois ces améliorations diffèrent selon le type de matière organique apportée au sol. Dans ce cas l'utilisation du fumier combiné au biochar semble très prometteuse à la vue des résultats obtenus pour ce traitement. Mais les rendements obtenus avec les différents traitements restent toujours inférieurs au rendement potentiel de la variété du soja qui est de 2,4 tonnes/ha. Pour lutter contre la baisse de la fertilité des terres et le changement climatique qui sont à la base de la baisse du rendement du soja dans la commune de Parakou, l'utilisation du fumier combiné au biochar serait une solution adéquate. De plus l'utilisation des matières organiques devra être intégrée dans les pratiques culturelles pour améliorer la fertilité des terres. Il reste à déterminer l'effet de ces différents traitements dans le temps sur la fertilité et la rétention en eau des terres. Il reste à déterminer également la quantité du fumier combiné au biochar qu'il faut apporter à l'hectare pour conserver la quantité d'eau maximale dans le sol et pour obtenir un meilleur rendement satisfaisant du soja sans pour autant compromettre la fertilité des terres.

REFERENCES

- [1] R. Lal, «Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture,» *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 70, no. 3, pp. 55A-62A, 2015.
- [2] I. Akponikpe et al., Etude de Vulnérabilité Sectorielle face aux changements climatiques au Bénin - Secteur Agriculture. 2019.
- [3] M. Zhang and Y. S. Ok, «Biochar soil amendment for sustainable agriculture with carbon and contaminant sequestration,» *Carbon Management*, vol. 5, no. 3, pp. 255–257, 2014.
- [4] A. El-Naggar et al., «Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects,» *Geoderma*, vol. 337, pp. 536–554, 2019.
- [5] C. Li, Y. Xiong, Z. Qu, X. Xu, Q. Huang, and G. Huang, «Impact of biochar addition on soil properties and water-fertilizer productivity of tomato in semi-arid region of Inner Mongolia, China,» *Geoderma*, vol. 331, pp. 100–108, 2018.
- [6] B. Glaser, J. Lehmann, and W. Zech, «Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal – a Review,» *Biology and Fertility of Soils*, vol. 35, pp. 219–230, 2002.
- [7] D. Laird, P. Fleming, B. Wang, R. Horton, and D. Karlen, «Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil,» *Geoderma*, vol. 158, no. 3–4, pp. 436–442, 2010.
- [8] W. Montaigne, H. DeBon, A.-M. Domenach, and J.-C. Roggy, «Gestion durable de la fertilité des sols par l'utilisation de matières organiques ; retours d'expérience en Guyane française. Innovations Agronomiques 64, 71-82,» 2018.