



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/21655

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/21655>



RESEARCH ARTICLE

EFFET DE LA BIOMASSE DE L'ARACHIDE ENFOUIE SUR LE RENDEMENT DU MAÏS VARIETE KK-GREEN DANS LA COMMUNE URBAINE DE FARANAH

Vamougne Kourouma¹, Lancine Sangare², Bandjou Samoura¹, Mamadou Malal Balde¹ et Mamadi Mariame Camara³

1. Departement Vulgarisation Agricole, Institut Supérieur Agronomique et Veterinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah, BP:131 Faranah, Republique de Guinee.
2. Departement Agro foresterie, Institut Supérieur Agronomique et Veterinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah, BP: 131 Faranah, Republique de Guinee.
3. Departement Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Veterinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah, BP: 131 Faranah, Republique de Guinee.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 18 June 2025

Final Accepted: 20 July 2025

Published: August 2025

Key words:-

Effet, Enfouissement,
Biomasse d'arachide, Legumineuse,
Rendement.

Abstract

Les cultures légumineuses constituent une alternative pour la gestion agroécologique de la fertilité des sols. L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'effet de la biomasse de l'arachide enfouie sur le rendement du maïs. Après la récolte, nous avons enfouie différente dose de biomasse de l'arachide en précédent cultural et laisser se décomposer après huit mois. Le dispositif expérimental était les blocs complets randomisés avec quatre traitements: Témoin = 0 t/ha, D1 = 10t/ha, D2 = 15t/ha et D3 = 20t/ha. Les résultats indiquent une différence significative ($p < 0,05$) pour la vitesse moyenne de croissance journalière, nombre moyen d'épis par plant, le nombre moyen graine par épi et le poids de mille graines. Cependant, la différence est non significative au niveau du nombre moyen de rangé par épis et le rendement. Le rendement a affiché un résultat statistiquement identique Témoin (2.09 t/ha), D1 (2.46 t/ha), D2 (2.74 t/ha) et D3 (2.87 t/ha). En plus, il montre une corrélation positive significative ($r = 0,994$) entre l'apport des doses croissantes de biomasse d'arachide. Par contre l'efficacité agronomique affiche une corrélation négative significative ($r = -0,998$) en suivant une tendance à la baisse au fur et à mesure que la dose de d'engrais augmente. Ces résultats démontrent que l'enfouissement de la biomasse d'arachide constitue une solution viable aux engrais de synthèse pour la transition d'une agriculture conventionnelle vers une agriculture durable.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction:-

Les légumineuses jouent un rôle fondamental dans les systèmes agricoles durables grâce à leur capacité unique de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Coulibaly et al., 2017). L'arachide (*Arachis hypogaea* L.), cultivée

Corresponding Author:- Vamougne Kourouma

Address:- Departement Vulgarisation Agricole, Institut Supérieur Agronomique et Veterinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah, BP:131 Faranah, Republique de Guinee.

principalement pour ses graines oléagineuses, génère des quantités importantes de biomasse végétative riche en azote qui, une fois enfouie dans le sol, peut considérablement améliorer la fertilité pour les cultures suivantes (Bado, 2002; Bangata et al., 2013).

Actuellement, le maïs (*Zea mays L.*), est la céréale la plus productive en termes de volume, et il est prévu qu'il devienne la culture la plus répandue et commercialisée dans les dix prochaines années (Erenstein et al., 2022). Il s'agit d'une culture polyvalente, largement employée comme nourriture animale à l'échelle mondiale. Elle est aussi une culture vivrière essentielle, surtout en Afrique subsaharienne et en Amérique latine, sans oublier ses autres applications non alimentaires (Ranum et al., 2014). Avec une demande croissante en alimentation humaine et animale, l'optimisation du rendement du maïs constitue un enjeu majeur de sécurité alimentaire (Chivasa et al., 2022; Wossen et al., 2023).

Pour accroître le rendement, les producteurs utilisent les intrants chimiques. Cependant l'usage excessif des engrais chimiques à long terme ne peut assurer la sécurité des sols et d'une production de qualité acceptable. (Djiba et al., 2025; Samoura et al., 2022). L'utilisation de fertilisants azotés synthétiques, bien qu'efficace, pose des problèmes environnementaux considérables (Ladha et al., 2005; Vanlauwe, Coyne, et al., 2014)

Le maintien de la biomasse des légumineuses au sol peut favoriser l'agrégation et la stabilité structurale des sols agricoles. La biomasse des légumineuses se décompose facilement et restitue les éléments nutritifs au sol pour les autres cultures (Sanginga et al., 2002). L'incorporation de biomasse de légumineuses comme l'arachide offre une alternative durable pour maintenir et améliorer les rendements tout en préservant la qualité des sols (Metuzals, 2014; Vanlauwe, Wendt, et al., 2014). En plus, son utilisation permet aussi d'augmenter le revenu brut du paysan en réduisant les charges en engrais (Emmanuel et al., 2021).

Cette pratique s'appuie sur les processus naturels de minéralisation de l'azote organique et d'amélioration de la structure du sol. Ainsi, l'objectif de ce travail était d'évaluer l'effet de la biomasse de l'arachide enfouie sur le rendement du maïs variété (KK-Green).

Materiel et methods:-

Materiel:

Site expérimental et conditions expérimentales:

L'essai a été réalisé dans la commune urbaine de Faranah, au sein de la station de recherche du département d'Agriculture (longitude 10°44'38.9346 W, latitude 10°3'8.21304 N). Le site expérimental est caractérisé par un sol de texture sablo-argilo-limoneuse. Le pH (6,1), du sol indique une légère acidité. Par ailleurs, les teneurs des principaux éléments nutritifs assimilables sont très faibles: azote (N) à 0,17%, phosphore (P) à 0,41%, et potassium (K) à 0,31%. Le pourcentage de carbone organique est également faible, s'élevant à 1,98%.

Les données météorologiques relevées sur le site durant la période de l'essai indiquent une température moyenne de 26,51 °C, une pluviométrie totale de 1260,3 mm, une humidité relative moyenne de 81%, ainsi qu'une vitesse moyenne du vent de 11,25 m/s.

Matériel végétal:

Pour la réalisation de cet essai la variété de maïs hybride KK-Green un cycle végétatif de cent douze jours (112), une pureté et un pouvoir germinatif de 99 (%) a été utilisée.

Méthodes:

Traitement et dispositif expérimental:

Dans un système de rotation culturale, après la récolte de l'arachide, le dégoussage a été effectué directement, et sa biomasse verte a été directement enfouie et laisser se décomposer après huit mois comprenant les traitements suivants: Témoin = 0 T/ha, D1= Enfouissement de 10 T/ha soit 6kg de biomasse d'arachide par parcelle, D2 = Enfouissement 15 T/ha soit 9kg de biomasse d'arachide par parcelle, D3 = Enfouissement de 20 T/ha soit 12kg de biomasse d'arachide par parcelle. Dans un dispositif expérimental adopté des blocs complets randomisés, comprenant quatre répétitions et quatre traitements, soit un total de 18 parcelles élémentaires (Photo 1).



Photo1 : Aperçu du maïshybride KK-Green envegetation

Evaluations biometriques:

Les évaluations biométriques ont porté sur: La vitesse moyenne de croissance des plantes (en cm/jour), par mesure, et la formule utilisée est $\frac{\text{Hauteur finale} - \text{Hauteur initiale}}{\text{Nombre de jour}}$; la hauteur moyenne des plantes à la récolte (en cm), par mesure; le nombre moyen d'épis par plant, par comptage; le nombre moyen de rangés par épis, par comptage; le poids moyen de 1000 graines (en gramme) par pesage et le rendement (en tonne/ha), par pesage et extrapolation à l'hectare

Efficienc agronomique (AE) de la biomasse de l'arachide enfouie:

Elle est le rapport entre le rendement supplémentaire par rapport au traitement témoin obtenu grâce à la quantité d'engrais apportée (Dagbénonbakin et al., 2012). Elle est obtenue par la formule:

$$AE = \frac{\text{Rendement avec engrais} - \text{Rendement sans engrais}}{\text{Quantité d'élément nutritif apportée}}$$

Analyse statistique des données:

Les paramètres biométriques ont été traités à l'aide du logiciel SPSS24 par l'approche statistique (ANOVA). La comparaison des moyennes a été faite par le test Duncan au seuil de probabilité de 5 et de 1%. Le coefficient de corrélation de Pearson a été appliqué pour vérifier la relation entre les rendements moyens des graines de maïs, l'efficienc agronomique et les doses biomasse de l'arachide enfouie.

Resultats:-

Evaluation des paramètresbiometriques:

Les effets des différentes doses de biomasse de l'arachideenfouie sur les paramètresbiometriques se trouvent sur les figures 1 et 2

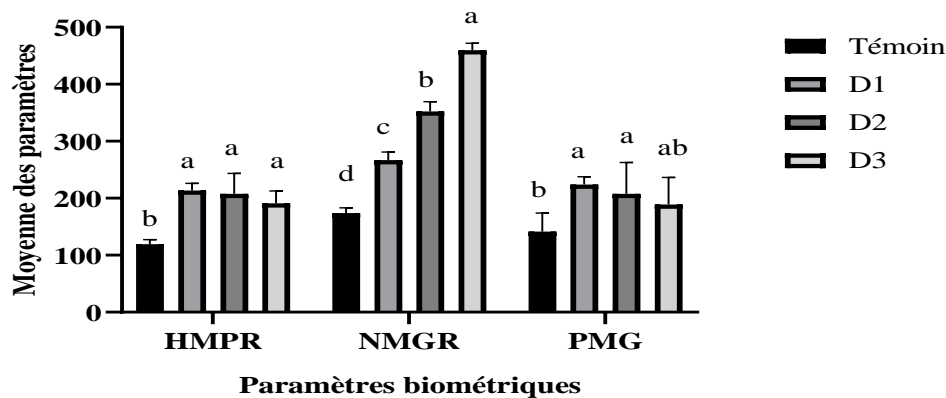


Figure 1: Hauteur moyenne des plants à la récolte (cm), nombre moyenne des graines par rangée et le poids de milles graines (g). a, b, c et d: les moyennes portant les lettres différentes pour différentes doses sont significatives au seuil de 5%.

Les résultats de la hauteur moyenne des plants à la récolte, le nombre moyen des graines par rangée et le poids de milles graines sont donnés sur la figure 1. La hauteur moyenne des plants à la récolte, les doses D1 (213,6 cm), D2 (207,6 cm) et D3 (190,85 cm) ont donné les plus hauts plants qui ont été statistiquement identiques ($p > 0,05$), contre le témoin (119,45 cm) a donné la plus petite hauteur.

La différence a été significative ($p > 0,05$) au niveau du nombre moyen des graines par rangée, la D3 (459,8) a été meilleure suivi de D2 et D1 qui ont affichés respectivement les valeurs 352,35 et 266,9; le plus faible nombre moyen des graines a été obtenu au niveau du Témoin (173,95).

Pour le poids moyen de mille graines, les résultats ne montrent aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les différentes doses de biomasse de l'arachide enfouie D1 (223,75 g), D2 (207,51 g) et D3 (189,07 g) par rapport au Témoin (141,32 g).

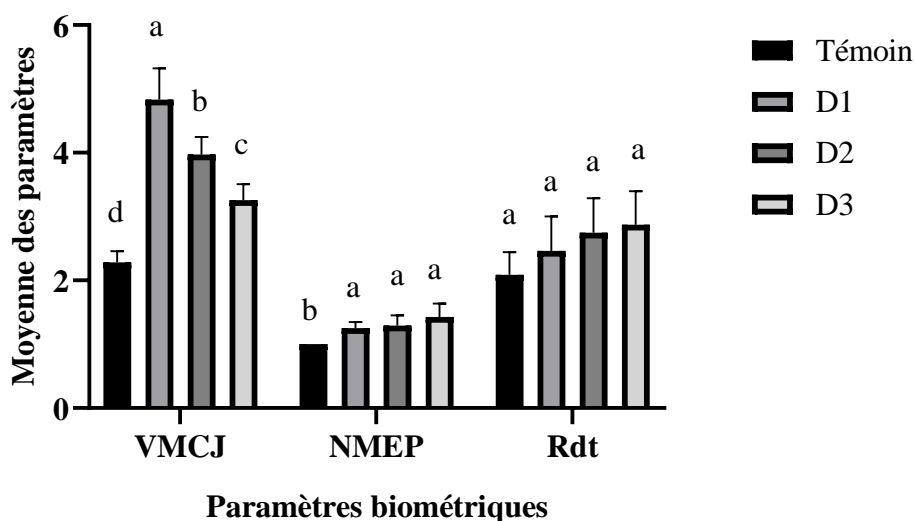


Figure 2: Vitesse moyenne de croissance journalière (cm), nombre moyen d'épis par plant et rendement moyen (t/ha). a, b, c et d: les moyennes portant les lettres différentes pour différentes doses sont significatives au seuil de 5%.

Les résultats de la vitesse moyenne de croissance journalière, le nombre moyen d'épis par plant et le rendement moyen se trouvent sur la Figure 2. La différence a été significative ($p > 0,05$) au niveau de la vitesse moyenne de croissance journalière. Pour vitesse moyenne de croissance journalière, D1 (4,83 cm) a enregistré une bonne croissance journalière, suivi de D2 (3,97 cm) et D3 (3,25 cm), tandis que le témoin (T) a donné présente la plus faible valeur (2,28 cm).

Au niveau du nombre moyen d'épis par plant, les doses D1 (1,25), D2 (1,29) et D3 (1,42) respectivement ont donné un nombre moyen d'épis élevé et le plus faible rendement a été fourni par le Témoin (1).

Le rendement moyen, les résultats ne montrent pas de différence significative ($p > 0,05$) entre différentes doses de biomasse de l'arachide enfouie D1 (2,46 t/ha), D2 (2,74 t/ha), D3 (2,87 t/ha), comparées au témoin (2,09 t/ha).

Corrélation entre des doses de biomasse d'arachide enfouie et le rendement:

La figure 3 montre une corrélation positive significative ($r = 0,994$; $p = 0,01$) du rendement moyen de maïs en fonction des doses croissantes de biomasse d'arachide enfouie. Le témoin (2,1 t/ha) a enregistré le rendement le plus faible due à une faible fertilité initiale du sol. Cependant, les différentes doses de biomasse enfouie D1 (2,46 t/ha),

D2 (2,74 t/ha) et D3 (2,87) ont amélioré progressive le rendement rapport au témoin. Cette fluctuation de rendement est due à la différence de doses appliquées.

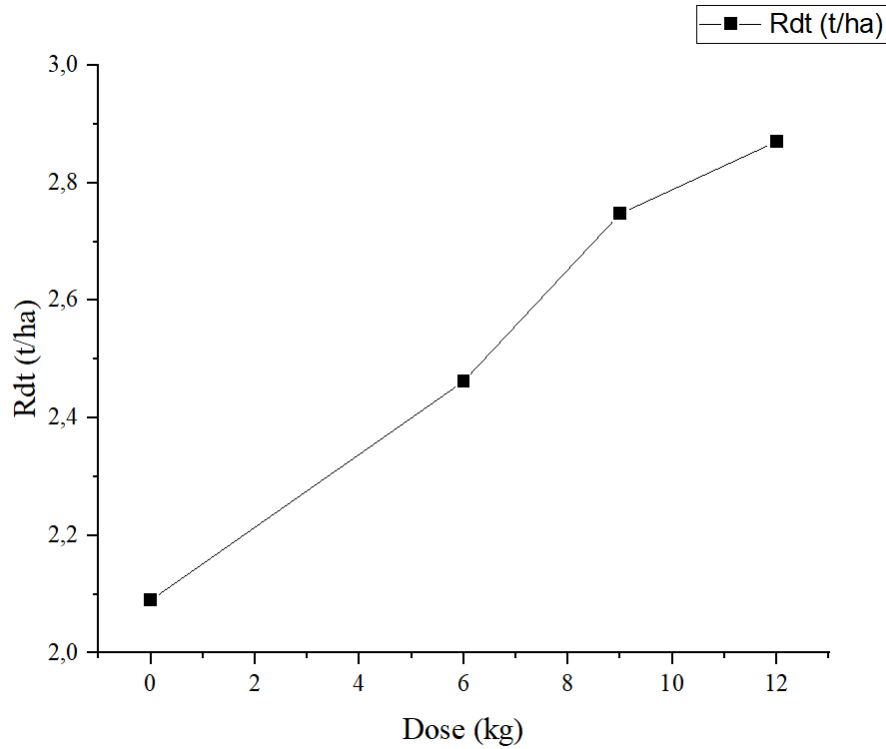


Figure 3: Corrélation entre des doses de biomasse d'arachide enfouie et le rendement; Légende: Rendement (t/ha)

Corrélation entre l'efficacité agronomique et des doses de biomasse d'arachide enfouie:

La figure 4 montre une corrélation négative significative ($r = -0,998$; $p = 0,05$) de l'efficacité agronomique (AE) au fur et mesure que des différentes doses de biomasse enfouie augmente. Le résultat montre que la dose D1 a enregistré l'AE (0,084), la plus élevée traduisant une meilleure utilisation des nutriments par la culture. Par contre, les doses D2 (0,073) et D3 (0,065), l'AE diminue progressivement.

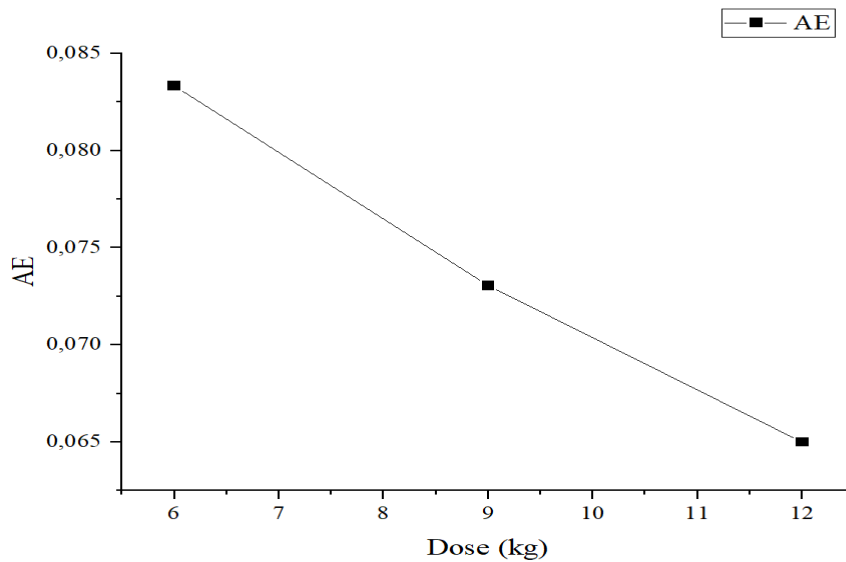


Figure 4 :Corrélation entre l'efficience agronomique et des doses de biomasse d'arachide enfouie ; Légende : Efficience Agronomique (AE)

Discussion:-

Effets des doses de biomasse d'arachide enfouie sur les paramètres biométriques:

Les résultats de cette étude montrent que l'enfouissement de la biomasse d'arachide a eu des effets significatifs sur la croissance et la productivité du maïs. En effet, les doses D1, D2 et D3 de biomasse enfouie ont amélioré les paramètres biométriques (hauteur des plants, nombre de graines par rangée, vitesse de croissance journalière et nombre d'épis par plant) par rapport au témoin. L'amélioration de la croissance végétative et du rendement observée avec les doses de biomasse s'explique par l'apport d'azote, de phosphore et d'autres éléments nutritifs contenus dans les résidus d'arachide, ainsi que par l'activation de la biomasse microbienne qui favorise la minéralisation (Zhou et al., 2023).

Ces résultats confirment que les résidus organiques issus des légumineuses constituent une source importante de nutriments et un levier d'amélioration de la fertilité des sols tropicaux pauvres (Palm et al., 2001). Le rendement moyen en grains n'a pas varié significativement, bien que des tendances positives aient été observées sous D1 et D2. Ces résultats rejoignent les travaux antérieurs qui montrent que l'utilisation seule de biomasse organique, bien qu'utile à la fertilité du sol, demeure insuffisante pour optimiser le rendement du maïs, sauf lorsqu'elle est combinée à de faibles doses d'engrais minéraux (Chivenge et al., 2011; Gram et al., 2020)

Corrélation entre des doses de biomasse d'arachide enfouie, le rendement et l'EA:

Toutefois, bien que le rendement ait augmenté de manière progressive avec les doses croissantes de biomasse d'arachide enfouie D1, D2, D3 par rapport au témoin. Cependant, l'efficience agronomique (EA) a suivi une tendance inverse, décroissant fortement au fur et à mesure que la dose augmentait de D1 à D3. Ces résultats sont en accord avec celles de Akassimadou et al. (2017) ; Emmanuel et al. (2021) qui ont démontré que l'efficience agronomique tend à diminuer à mesure que la quantité d'engrais s'accroît. Ce résultat traduit le principe de la loi des rendements décroissants selon lequel les gains marginaux liés aux apports supplémentaires de biomasse tendent à diminuer une fois les besoins nutritionnels de la culture est largement satisfaits (Cassman et al., 2002).

Des résultats similaires ont été rapportés dans plusieurs études. Bayu et al. (2006) ont montré que l'incorporation de biomasses de légumineuses (haricot, pois d'Angole) améliorerait significativement le rendement du maïs, mais que l'efficience d'utilisation de l'azote diminuait aux doses élevées. De même, Vanlauwe et al. (2010) ont observé qu'une combinaison modérée de biomasse organique et d'engrais minéraux optimise à la fois la productivité et l'efficience, tandis que les apports excessifs entraînent une faible utilisation des nutriments par la plante et des pertes par lessivage ou volatilisation. Cependant, l'efficience agronomique plus élevée à la dose D1 suggère que la plante utilise plus efficacement les nutriments disponibles lorsque l'apport est limité, alors qu'aux doses plus fortes, une partie des nutriments n'est pas valorisée par la culture (Vanlauwe et al., 2010).

Conclusion:-

L'étude menée sur l'effet de l'enfouissement de la biomasse d'arachide sur la croissance et la productivité du maïs a mis en évidence l'importance des résidus organiques de légumineuses comme levier d'amélioration de la fertilité des sols et de la performance culturale. Les résultats ont montré que les différentes doses de biomasse enfouie (D1, D2 et D3) ont significativement amélioré les paramètres biométriques (hauteur des plants, vitesse de croissance journalière, nombre de graines par rangée et nombre d'épis par plant) par rapport au témoin.

Toutefois, l'amélioration du rendement en grains est restée modeste et statistiquement non significative, bien qu'une tendance positive ait été observée sous D2 et D3. Par ailleurs, l'analyse de l'efficience agronomique (EA) a révélé une diminution progressive avec l'augmentation des doses de biomasse enfouie. La dose D1 s'est avérée la plus efficiente, ainsi, l'incorporation de biomasse d'arachide constitue une stratégie agroécologique pertinente pour améliorer la croissance du maïs et restaurer la fertilité des sols tropicaux pauvres.

Remerciements:-

Nos remerciements au Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MESRSI) de la République de Guinée et la Direction Générale de l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire

Valery Giscard d'Estaing de Faranah pour avoir financé cette étude dans le cadre du programme de la formation des formateurs.

Conflits d'intérêts:

Les auteurs affirment qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts à déclarer.

References bibliographiques:-

1. Akassimadou, F. E., Hien, M. P., BouadouOi, F. B., Bolou Bi, E. B., Bongoua, J. A., Ettien, J.-B. D., & Yao-kouame, A. (2017). Efficiences Des Nutriments P Et K En Riziculture Irrigée Dans Un Bas-Fond Secondaire En Zone De Savane Guinéenne De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, ESJ, 13(36), 432. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p432>
2. Bado, B. V. (2002). Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanaise du Burkina Faso [Philosophiae Doctor (Ph. D.)]. Université Laval.
3. Bangata, B., Ngbolua, K., Mawa, M., Minengu, M., & Mobambo, K. (2013). Etude comparative de la nodulation et du rendement de quelques variétés d'arachide (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae) cultivées en conditions éco-climatiques de Kinshasa, République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3), 1034. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.11>
4. Bayu, W., Rethman, N. F. G., Hammes, P. S., & Alemu, G. (2006). Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2), 391-407. <https://doi.org/10.1080/01904160500320962>
5. Cassman, K. G., Dobermann, A. R., & Walters, D. T. (2002). Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(2), 132-140.
6. Chivasa, W., Worku, M., Teklewold, A., Setimela, P., Gethi, J., Magorokosho, C., Davis, N. J., & Prasanna, B. M. (2022). Maize varietal replacement in Eastern and Southern Africa: Bottlenecks, drivers and strategies for improvement. *Global Food Security*, 32, 100589. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100589>
7. Chivenge, P., Vanlauwe, B., & Six, J. (2011). Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis. *Plant and Soil*, 342(1-2), 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0626-5>
8. Coulibaly, K., Gomgnimbou, A. P. K., Traore, M., & Nacro, H. B. (2017). Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso. *Afrique science*, 13(6), 226-235.
9. Dagbenonbakin, G. D., Chougourou, C. D., Ahoyo Adjovi, N. R., Fayalo, G., Djenontin, J. P. A., & Igue, A. M. (2012). Effets agronomiques du compost et du N14P23K14S5B1 sur la production et les caractéristiques du rendement de coton-graine au Nord Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, 36-45.
10. Djiba, S., Clermont-Dauphin, C., Svistoonoff, S., Fall, S., Cournac, L., & Diarra, K. (2025). Comparaison de trois variétés d'arachide en zone sub-saharienne: Rendement, état sanitaire et interactions symbiotiques avec les organismes du sol. *Innovations Agronomiques*, 99, 177-191.
11. Emmanuel, N. K., Epse Abina, A. T. J., & Epse Kouakou, Y. A. N. (2021). Effets du Précédent Culturel de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et de la Fumure Minérale sur la Production du Coton (*Gossypium hirsutum* L.). *European Scientific Journal ESJ*, 17(34). <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p260>
12. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
13. Gram, G., Roobroeck, D., Pypers, P., Six, J., Merckx, R., & Vanlauwe, B. (2020). Combining organic and mineral fertilizers as a climate-smart integrated soil fertility management practice in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 15(9), e0239552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239552>
14. Ladha, J. K., Pathak, H., J. Krupnik, T., Six, J., & Van Kessel, C. (2005). Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects. In *Advances in Agronomy* (Vol. 87, p. 85-156). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)87003-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)87003-8)
15. Metuzals, J. (2014). Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems.
16. Palm, C. A., Gachengo, C. N., Delve, R. J., Cadisch, G., & Giller, K. E. (2001). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: Application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 27-42. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00267-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00267-X)

17. Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105-112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
18. Samoura, B., Balde, M. M., Kourouma, V., Barry, I., Sangare, L., Camara, M. M., & Diallo, S. B. (2022). Effets du compost enrichi de l'urine humaine sur le rendement de la pomme de terre (MANDOLA) dans la Commune Urbaine de Faranah/Republique de Guinee. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(2), 733-743. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.18>
19. Sanginga, N., Okogun, J., Vanlauwe, B., & Dashiell, K. (2002). The contribution of nitrogen by promiscuous soybeans to maize based cropping the moist savanna of Nigeria. *Plant and soil*, 241(2), 223-231. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/2c3e4907-8959-463c-9289-5487e7821175/content>
20. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K. E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokpehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K. D., Smaling, E. M. A., Woomer, P. L., & Sanginga, N. (2010). Integrated soil fertility management. *Outlook on Agriculture*, 39(1), 17-24.
21. Vanlauwe, B., Coyne, D., Gockowski, J., Hauser, S., Huising, J., Masso, C., Nziguheba, G., Schut, M., & Van Asten, P. (2014). Sustainable intensification and the African smallholder farmer. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.06.001>
22. Vanlauwe, B., Wendt, J., Giller, K. E., Corbeels, M., Gerard, B., & Nolte, C. (2014). A fourth principle is required to define Conservation Agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research*, 155, 10-13. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.002>
23. Wossen, T., Menkir, A., Alene, A., Abdoulaye, T., Ajala, S., Badu-Apraku, B., Gedil, M., Mengesha, W., & Meseke, S. (2023). Drivers of transformation of the maize sector in Nigeria. *Global Food Security*, 38, 100713. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100713>
24. Zhou, J., Hong, W., Feng, J., Song, L., Li, X., Xu, S., & Zhou, S. (2023). Effects of applying peanut shell and its biochar on the microbial activity and community structure of dryland red soil. *Heliyon*, 9(2), e12604. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12604>