



Journal Homepage: www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/22185
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/22185>



RESEARCH ARTICLE

IMPACT DE LA FERTILISATION PAR MICRODOSE DE NPK SUR LES PROPRIETES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES D'UN SOL SABLEUX SOUS CULTURE DE SESAME (SESAMUM INDICUM L.) AU NIGER

Housseini Malam Laminou Rabi¹, Addam Kiari Saidou² and Sene Awa Latyr¹

1. Universite Cheick Anta Diop de Dakar.

2. Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN).

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 14 September 2025

Final Accepted: 16 October 2025

Published: November 2025

Key words:-

Sandy soil, Sesame, Microdosing, Soil fertility, pH, Microbial biomass, Nutrient balance, Niger.

Abstract

Improving the productivity of sesame (*Sesamum indicum*L.) on the sandy soils of Niger often poor in essential nutrients is a major challenge for food security. The microdosing technology, designed to optimize productivity while minimizing fertilizer investment and natural resource degradation, was evaluated for its effects on soil properties. A field trial was conducted in 2012 in N'Dounga, in the Kollo department of Niger, comparing different NPK rates (0 g, 0.5 g, 1 g, and 1.5 g per hill) on two sesame varieties. This study focuses on the analysis of soil chemical and biological parameters before and after cultivation. The results showed a contrasting effect of microdosing: it significantly improved the chemical properties of the soil (increases in N, C, and K) but was associated with a decrease in pH, available phosphorus, and microbial biomass. This confirms that while microdosing enhances short-term nutrient availability, its exclusive use could, in the long term, lead to biological and chemical degradation of the soil. These findings highlight the importance of combining mineral fertilizers with organic amendments to ensure the long-term sustainability of soil fertility in the sandy soils of Niger.

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

Introduction:-

Le sesame (*Sesamum indicum* L.) est une culture oleagineuse d'une importance économique et nutritionnelle considérable à l'échelle mondiale (Zangui et Amoukou, 2025). Apprécié pour ses graines à haute teneur en huile, en protéines et en antioxydants, il fait l'objet d'un commerce international en pleine expansion. La production mondiale a d'ailleurs connu une augmentation de 26 % entre 2008 et 2017, passant de 5 015 600 t à 6 314 700 t (FAO, 2019). En 2021, la superficie mondiale cultivée s'élevait à près de 12,8 millions d'hectares pour une production de plus de 6,7 millions de tonnes (FAOSTAT, 2022). L'Afrique contribue de manière substantielle à cette production, avec environ 8,2 millions d'hectares émblavés pour 4 millions de tonnes (FAOSTAT, 2022). Les plus grands producteurs sont le Soudan avec une production de 736 400 t, le Nigeria avec 384 800 t et l'Ethiopie avec 262 100 t (FAO, 2019). Au Niger, le sesame occupe une place stratégique, se positionnant comme la deuxième culture oleagineuse la plus importante après l'arachide (Zangui et Amoukou, 2025). Il constitue à la fois une culture de rente essentielle et

un moyen de lutte contre l'insecurite alimentaire pour de nombreux menages ruraux (El Mokni et al., 2013). Sa culture, principalement concentree dans les regions de l'ouest (Tillaberi, Dosso), du centre (Maradi, Zinder) et de l'est (Diffa), a connu une expansion notableAinsi, ces dernières années(Zangui et Amoukou, 2025). Les statistiques de 2021 indiquent une superficie emblavee de 214 652 hectares pour une production de 104 088 tonnes(FAOSTAT, 2022).Malgre cette dynamique, les rendements moyens nationaux, de l'ordre de 485 kg/ha (FAOSTAT, 2022), restent bien en deçà du potentiel de la culture et des rendements observes dans des conditions optimisees (Boureima et Sani, 2021). Cette faible productivite constitue un frein majeur au developpement de la filière et à l'amelioration des revenus des producteurs, d'autant plus que la demande sur le marche international est de plus en plus forte (Zangui et Amoukou, 2025).Cette performance limitee est largement attribuable à un ensemble de contraintes structurelles qui caracterisent l'agriculture sahelienne.

Au premier rang de ces defis figure la pauvrete generalisee des sols. Les sols du Niger, en particulier dans les zones de culture pluviale, sont majoritairement connus pour leur extrême pauvrete en elements nutritifs majeurs, notamment l'azote et le phosphore (Halidou, 2017). Cette faible fertilite naturelle est exacerbee par une forte pression demographique (Andres L. & Lebailly P., 2013), des aleas climatiques marques par une pluviometrie irregulière (SwissAid, 2023) et une degradation des ressources naturelles. L'amelioration de la production agricole au Niger passe donc inevitabellement par une gestion amelioree de la fertilite des sols (Bationo et al., 2003).Dans le contexte nigerien où les amendements organiques necessaires pour ameliorer les rendements restent encore insuffisants, l'application judicieuse des engrais mineraux est le moyen le plus efficace pour ameliorer les rendements des cultures (Bationo et al., 2003).Cependant, le coût eleve et la faible disponibilite des engrais representent des obstacles majeurs pour les petits producteurs nigeriens (Boureima et Sani, 2021). Le taux d'utilisation moyen, estime à environ 8 kg d'engrais par hectare et par an, est l'un des plus faibles au monde (Halidou, 2017), ce qui constitue une veritable contrainte à l'amelioration de la production. Dans ce contexte, la fertilisation par microdose, qui consiste à appliquer de faibles quantites d'engrais directement au niveau du poquet de semis, se presente comme une approche prometteuse. Cette technique permet de maximiser l'efficience d'utilisation des nutriments par la plante tout en minimisant les coûts pour l'agriculteur.Des recherches ont ete menees pour evaluer l'effet de cette technique sur la productivite du sesame. Cet article se focalise specifiquement sur l'évaluation des effets à court terme de la microdose sur la variation des paramètres chimiques et biologiques d'un sol sous culture de sesame, afin de comprendre les implications de cette pratique pour la durabilite de la fertilite des sols au Niger.

Materiel et Methodes:-

Site Experimental:-

L'essai a ete conduit en 2012 à la station de recherche de N'Dounga, relèvant du Centre Regional de la Recherche Agronomique (CERRA) de Kollo, au Niger. Le departement de Kollo, situe dans la region de Tillaberry, se caracterise par un climat sahelien avec une pluviosite moyenne variant de 350 à 650 mm. Le site experimental est un terrain plat avec une légère pente.Le sol du site est de texture sableuse, avec une composition granulometrique de 94 % de sables, 5,16 % de limons et 0,84 % d'argiles.

Dispositif Experimental et Traitements:-

Un dispositif en split plot à 4 repetitions a ete utilise, comprenant deux facteurs:

- la variete de sesame avec deux niveau: amelioree VSN et locale Kollo. et
- l'engrais NPK (15-15-15) avec quatre niveaux de dose:

M0 : Contrôle (0 g d'engrais par poquet)

M1 : 0,5 g de NPK par poquet (soit 32,5 kg.ha⁻¹)

M2 : 1 g de NPK par poquet (soit 65 kg.ha⁻¹)

M3 : 1,5 g de NPK par poquet (soit 97,5 kg.ha⁻¹)

Prelèvements et Analyses du Sol:-

Des echantillons de sol ont ete preleves à une profondeur de 0-30 cm en debut de campagne (avant semis) et en fin de campagne (après recolte).

- **Avant semis:** Echantillon composites obtenus à partir de trois prelevements en zigzag dans chaque parcelle elementaire.
- **Après recolte:** Echantillons composites formes à partir de trois prelevements dans les poquets de chaque parcelle elementaire. Seuls les 16 echantillons composites des parcelles cultivees avec la variete amelioree ont ete analyses, en raison des contraintes de moyens.

Les analyses de sol ont porté sur la composition physique (texture), chimique (pH, azote total, phosphore assimilable, potassium assimilable, carbone organique) et biologique (biomasse microbienne).

Les méthodes utilisées étaient:

- **pHeau:** pH-mètre électronique (rapport sol/solution 1/2,5).
- **Carbone total:** Méthode Walkley-Black.
- **Azote total:** Méthode Kjeldahl après minéralisation.
- **Phosphore assimilable:** Méthode de Bray 1 (spectrophotomètre à 880 nm).
- **Potassium assimilable:** Photomètre à flamme après agitation avec HCl et acide oxalique.
- **Biomasse microbienne:** Méthode fumigation-incubation de Jenkinson et Powlson (1976), avec mesure du CO₂ dégagé et estimation par la formule de Fardoux et al. (2000).
- **Granulométrie:** Méthode internationale adaptée à la pipette de Robinson Khôln.

Analyse des Données:-

Les données ont été traitées avec le logiciel statistique GenStat 4ème édition version 10.3. L'analyse de variance et le test de la plus petite différence significative (ppds, au seuil de 5 %) ont été utilisés pour comparer les résultats. Des corrélations ont été établies entre les variables.

Résultats:-

Caractéristiques chimiques des sols de l'essai avant semis:-

Les résultats de l'analyse des propriétés chimiques du sol avant semis sont présentes dans le tableau 1. Les données révèlent que le sol sur lequel a été implanté l'essai est basique avec un taux de matière organique de 2,6 g.kg⁻¹, un taux d'azote inférieur à 1 g.kg⁻¹ et une teneur en biomasse microbienne très faible de 0,08 mg-CCO₂/g de sol. On note une teneur en phosphore bray 1 élevée de 21,94 mg.kg⁻¹ et une teneur satisfaisante en potassium assimilable de 74,1 mg.kg⁻¹.

Tableau 1: Résultats d'analyse chimique et biologique du sol (0-30 cm) avant semis

pHeau	7,7
Pass (mg.kg ⁻¹)	21,94
Corg (g.kg ⁻¹)	2,6
Ntotal (g.kg ⁻¹)	0,2
Kass (mg.kg ⁻¹)	74,1
BM (mg-CCO ₂ .g ⁻¹ de sol)	0,08

Pass: phosphore assimilable, **Kass:** potassium assimilable, **Ntotal:** Azote total, **Corg:** carbone organique, **BM:** biomasse microbienne.

Effets des Doses de NPK sur la variation à court terme des Paramètres Chimiques et Biologiques du Sol après Culture:-

Les doses de NPK ont significativement affecté les paramètres chimiques et biologiques du sol, à l'exception du phosphore assimilable (tableau 2).

Tableau 2: Paramètres chimiques et Biologiques du sol après culture

Doses NPK	pHeau	Pass mg/kg	Kass mg/kg	Ntotal g/kg	Corg g/kg	BM mgCCO ₂ g ⁻¹ de sol
M0	7,13a	11,85	70,2a	0,3a	2,6a	0,0718b
M1	7,17b	12,92	78b	0,4ab	4,5a	0,0588a
M2	7,19b	13,89	81,9c	0,6bc	6,7b	0,0703b
M3	7,24c	15,15	89,7d	0,8c	8,8c	0,0617a
Fpr	<.001	0,979	<.001	0,001	<.001	<.001
Signification	THS	NS	THS	HS	THS	THS

THS: très hautement significatif; **HS:** hautement significatif; **NS:** non significatif. Les chiffres suivis de même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents. **Pass:** phosphore assimilable, **Kass:** potassium assimilable, **Ntotal:** Azote total, **Corg:** carbone organique, **BM:** biomasse microbienne.

Le tableau 3 présente les variations à court terme des principaux paramètres chimiques et biologiques du sol après culture du sesame en fonction de quatre doses de fertilisation NPK appliquées par microdose (M0, M1, M2 et M3). Les valeurs indiquées dans ce tableau sont issues de la différence entre le sol après culture et le sol avant culture. Ces valeurs révèlent que les différentes doses de NPK appliquées par microdose ont induit des modifications notables des propriétés chimiques et biologiques du sol après culture du sesame.

Evolution du pH (pHeau): Le pH du sol diminue pour toutes les doses (de -0,46 à -0,57 par rapport à 7,7 initialement). Cela signifie une acidification progressive du sol, même si le sol reste légèrement basique (pH final entre 7,1 et 7,2). Cette baisse est plus marquée dans le témoin (M0) et est moins importante lorsque la dose de NPK augmente. La microdose de NPK n'acidifie donc pas fortement le sol, mais elle accentue légèrement la tendance naturelle à la baisse du pH observée après culture.

Phosphore assimilable (Pass): Les valeurs négatives (-10,09 à -6,79 mg/kg) de Pass indiquent une diminution du phosphore disponible dans le sol après culture, quelle que soit la dose. L'effet des doses n'est pas significatif statistiquement ($F_{pr} = 0,979$), donc le NPK n'a pas compensé la consommation de P. La perte est toutefois moins marquée à la dose la plus élevée (M3), traduisant une meilleure disponibilité relative du phosphore à dose plus forte de NPK.

Potassium assimilable (Kass): Contrairement au phosphore, le potassium augmente avec les doses croissantes de NPK de -3,9 (M0) à +15,6 mg·kg⁻¹ (M3). L'augmentation est statistiquement significative. Cela indique que la microdose de NPK (même faible) améliore la disponibilité du Kass. Cette évolution traduit une augmentation progressive du potassium disponible avec l'augmentation des doses d'engrais. La relation est clairement positive: plus la dose de NPK est élevée, plus la disponibilité en potassium augmente.

Azote total (Nt) et Carbone organique (Corg): L'azote total et le carbone organique suivent la même tendance croissante, passant respectivement de 0,1 à 0,6 g·kg⁻¹ et de 0 à 6,2 g·kg⁻¹. Ces progressions parallèles de l'azote et du carbone traduisent une corrélation positive (figure 1) entre ces deux paramètres et montrent que la microdose contribue à stimuler la formation ou l'accumulation de matière organique dans le sol.

Biomasse microbienne (BM): La biomasse microbienne présente des valeurs négatives pour tous les traitements, indiquant une diminution de l'activité biologique après culture. La baisse est moins marquée pour le témoin M0 (-0,0082) et pour la dose M2 (-0,0097). Elle est plus forte pour les doses M1 et M3.

Tableau 3: Variation de la teneur en azote, en phosphore, en potassium, du pH et en matière organique dans le sol après culture du Sesame

Doses NPK	pHeau	Pass mg·kg ⁻¹	Kass mg·kg ⁻¹	Ntotal g·kg ⁻¹	Corg g·kg ⁻¹	BM mg·CCO ₂ g ⁻¹ de sol
M0	-0,57	-10,09	-3,9	0,1	0	-0,0082
M1	-0,53	-9,09	3,9	0,2	1,9	-0,0212
M2	-0,51	-8,05	7,8	0,4	4,1	-0,0097
M3	-0,46	-6,79	15,6	0,6	6,2	-0,0183

Pass: phosphore assimilable, **Kass:** potassium assimilable, **Ntotal:** Azote total, **Corg:** carbone organique, **BM:** biomasse microbienne.

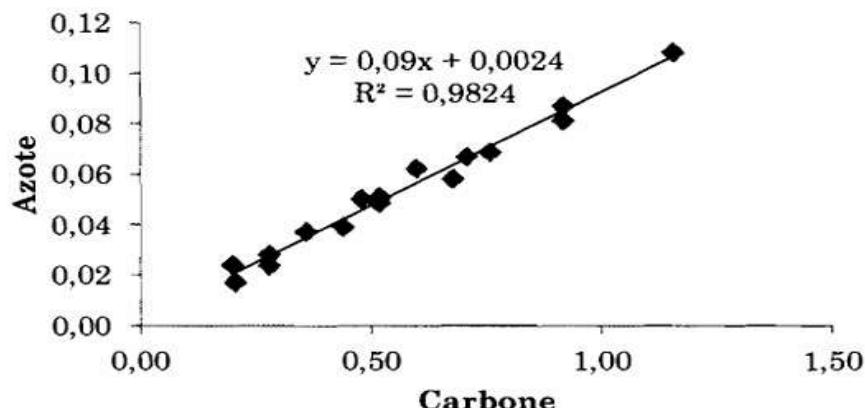


Figure 1: Relation entre l'azote total et le carbone organique

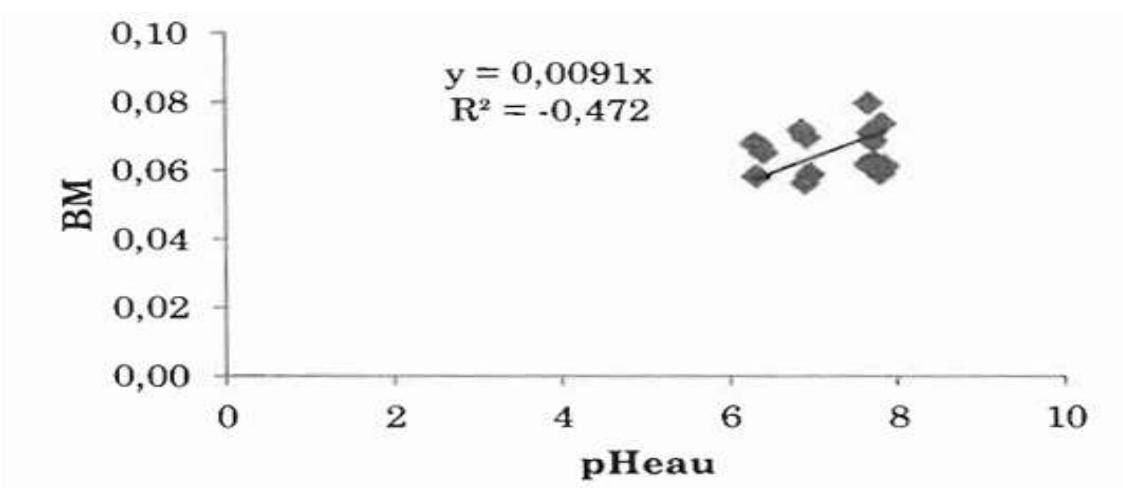


Figure 2: Correlation entre pH et biomasse microbienne

Discussion:-

Les résultats de cette étude sur l'effet à court terme de la microdose sur les propriétés du sol révèlent des dynamiques complexes. La baisse du pH du sol observée après l'application d'engrais NPK corrobore les résultats de Saragoni et al., 1992 et Kaho et al., 2011, qui ont également rapporté une diminution du pH suite à l'apport de NPK et d'uree. Uyo et al., 2000 ont fait un constat similaire d'acidification des sols au Nigeria. Cette acidification s'explique par la nitrification et par la libération d'ions hydrogène lors de l'absorption de l'ammonium issu des engrains azotes. Elle est aussi souvent expliquée par l'antagonisme potassium-azote dans les Ferralsols. Etant donné que le pH initial du sol était basique (7,7), cette tendance à l'acidification, bien que les pH finaux restent supérieure à 7,13, est un indicateur de l'impact des engrains minéraux.

La diminution du phosphore assimilable dans le sol pour tous les traitements est également en accord avec Kaho et al., 2011. Cette baisse peut s'expliquer par la texture sableuse du sol (94% de sables) du site. Les sols sableux fixent très peu de P car ils manquent d'oxydes de fer et d'aluminium. Le P disponible est donc rapidement capté par la plante ou perdu. Elle peut aussi s'expliquer par une retrogradation du phosphore sous des formes moins disponibles à pH élevé. En effet, lorsque le pH dépasse 7, le phosphore tend à se fixer sous forme de composés calciques peu solubles, ce qui limite sa disponibilité malgré l'apport de NPK. L'augmentation significative du potassium assimilable indique que la microdose de NPK (même faible) améliore la disponibilité du K, probablement grâce à une moindre absorption du K par les plantes. Dans un sol sableux, l'eau disponible se perd rapidement, la plante absorbe donc moins de K, ce qui explique des reliquats importants dans le sol. La baisse de la biomasse microbienne est également une observation notable, qui pourrait être liée à la diminution du pH, comme le suggère la corrélation

negative identifiee entre ces deux paramètres (figure 2). Les microorganismes du sol, essentiels pour les cycles nutritifs, sont sensibles aux variations de pH. Les microorganismes du sol etant sensibles aux variations de pH et aux conditions nutritionnelles, cette diminution suggère que l'apport d'engrais mineraux, bien qu'enrichissant le sol en elements chimiques, a pu perturber l'équilibre biologique du milieu.

Contrairement à certaines etudes sur des essais de longue duree qui montrent une diminution du carbone et de l'azote suite à l'apport de fertilisants mineraux (N'Dayegamiye et al., 1997; Sedogo, 1993; Lombo, 2009), notre etude a revele une augmentation positive des teneurs en carbone organique et azote total. Cette evolution pourrait s'expliquer d'une part par une stimulation de la biomasse racinaire et par une mineralisation plus ralente de la matiere organique, favorisant ainsi l'accumulation de ces deux elements dans le sol. D'autre part, elle pourrait resulter de l'effet combine du precedent cultural (notamment l'arachide et les apports d'ordures menagères) et des fertilisants mineraux. En effet, la persistance d'effets residuels des amendements organiques anterieurs, comme le soulignent Bationo et Mokwunye., 1992, contribuerait à renforcer la formation et la stabilisation de la matière organique, expliquant ainsi la hausse parallèle des teneurs en azote et en carbone dans le sol. La forte correlation positive entre le carbone organique et l'azote total est un indicateur de la synergie entre ces deux elements et de la qualite de la matière organique presente dans le sol.

Conclusion et Perspectives:-

L'étude a pour objectif de faire ressortir l'effet de la mise en culture sous microdose sur la variation à court terme des teneurs des principaux éléments chimiques du sol, du pH et de la biomasse microbienne. La variation du stock a été déterminée en fonction de la teneur de ces éléments dans le sol avant l'implantation de l'essai et à la fin de l'exploitation. Dans l'ensemble, ces résultats traduisent un effet contraste de la microdose. Si la microdose peut induire une augmentation des teneurs en azote total, carbone organique et potassium assimilable (potentiellement favorisée par un historique d'amendement organique), elle conduit également à une acidification du sol, une diminution du phosphore assimilable et de la biomasse microbienne. Cela confirme que, si la microdose optimise la disponibilité des nutriments à court terme, son utilisation exclusive pourrait, à long terme, conduire à un appauvrissement biologique et chimique du sol. Il est donc crucial de promouvoir une gestion intégrée de la fertilité des sols, combinant les apports d'engrais minéraux par microdose avec des amendements organiques. Cette approche permettrait non seulement de restituer les éléments exportés par la récolte, mais aussi d'atténuer l'acidification des sols due aux engrains minéraux et de soutenir la biomasse microbienne. Pour les perspectives de recherche, il serait utile de conduire d'autres études pour tester l'effet de la date d'apport de la microdose, l'accroissement des doses, et la fréquence des apports d'engrais, en particulier dans une optique de durabilité de la fertilité des sols sableux. Des études à long terme intégrant divers types d'amendements organiques et minéraux seraient également nécessaires pour mieux comprendre et gérer les dynamiques des nutriments et le pH du sol.

References bibliographiques:-

1. Andres. L. et Lebailly. P., 2013. Le sesame dans le département d'Aguie au Niger: analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentielité. *Tropicultura*, 2013, 31, 4, 238-246.
2. Bationo A. and Mokwunye A. D., 1992. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Soudanian zones of West Africa. *Fertilizer Research*. 29: 217- 225.
3. Bationo A., Mokwunye D., Vlek P. L. G., Koala S., Shapiro B. I., 2003. Soil Fertility Management for Sustainable Land Use in the West African Sudano-Sahelian Zone. [In] *Soil Fertility Management in Africa: A Regional Perspective* (ed. Gichuru M. P., Bationo A., Bekunda M. A., Goma H. C., Mafongoya P. L., Mugendi D. N., Murwira H. K., Nandwa S. M., Nyathi P., Swift M. I.). Academy Science Publishers, Nairobi, Ch. 8, p. 253-286.
4. Boureima. S. et Sani. M. A., 2021. Effets des apports d'engrais minéraux sur la croissance, la productivité et la rentabilité économique du sésame dans le centre sud du Niger. *Int. J. Adv. Res.* 9(10), 303-314.
5. El Mokni, R., D. Amari, et al., 2013. "Two varieties of Ophrys apifera (Orchidaceae) new to North Africa." *Journal Europäischer Orchideen* 45(1): 77.
6. FAO, 2022. FAO statistical databases and data sets. [http://faostat.fao.org/site/339/def aut.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/defaut.aspx)
7. Halidou, Z., 2017. Contribution du niebe (*Vigna unguiculata* L.) et des fumures organiques et minérales à la nutrition azotée et aux rendements du mil (*Pennisetum glaucum* L.) dans les systèmes de cultures en zone sahelo-soudanienne au Niger. Thèse de doctorat, Université Nazi Boni (UNB), Burkina Faso, 154 p.
8. Kaho F., Yemefack M., Feujo P. T. et Tchantchaouang J.c., 2011. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrains inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *TROPICULTURA* 29 (1) 39-45.

- 9.Lombo F., 2009. Effets induits des modes de gestion de la fertilité des sols sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso, université de CocodyUFR, 254p. Thèse de doctorat.
- 10.N'Dayegamiye A., Goulet M. et Laverdière M. R., 1997. Effet à long terme d'apports d'engrais minéraux et de fumier sur les teneurs en C et en N des fractions densimétriques et des agrégats du loam limoneux Le Bras. Cano J. Soil Sci. 77: 351-358
- 11.Saragoni H., Poss R., Marquette J., Latrille E., 1992. Fertilisation et succession des cultures vivrières au sud du Togo: synthèse d'une expérimentation de longue durée sur terre de barre. L'AGRONOMIE TROPICALE 1992, 46 - 2.
- 12.Sedogo P.M., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessives sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité, Université nationale de Côte d'Ivoire/faculté des sciences et technique, 353p. Thèse de doctorat.
- 13.Uyo. Y. E. O. et Elemo. K.A., 2000. Effect of inorganic fertilizer and foliage of Azadirachta and Parkia species on the productivity of early maize, Nigerian Journal of Soil Research, 17-22p.
- 14.Zangui. H. et Amoukou. A. I., 2025. Evaluation des caractéristiques agromorphologiques de huit (8) génotypes de sésame (*Sesamum indicum* L.) du Niger. Journal of Animal & Plant Sciences: ISSN 2071-7024, Vol.64(2) : 12113 -12129 <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v64-2.6>.