



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). Appréciée 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 emblavés 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'Éthiopie 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 (Tillabery, Dosso), du centre (Maradi, Zinder) et de l'est (Diffa), a connu une expansion notable. Ainsi, ces dernières années (Zangui et Amoukou, 2025). Les statistiques de 2021 indiquent une superficie emblavée de 214 652 hectares pour une production de 104 088 tonnes (FAOSTAT, 2022). Malgré 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 observés dans des conditions optimisées (Boureima et Sani, 2021). Cette faible productivité constitue un frein majeur au développement de la filière et à l'amélioration des revenus des producteurs, d'autant plus que la demande sur le marché international est de plus en plus forte (Zangui et Amoukou, 2025). Cette performance limitée est largement attribuable à un ensemble de contraintes structurelles qui caractérisent l'agriculture sahélienne.

Au premier rang de ces défis figure la pauvreté généralisée des sols. Les sols du Niger, en particulier dans les zones de culture pluviale, sont majoritairement connus pour leur extrême pauvreté en éléments nutritifs majeurs, notamment l'azote et le phosphore (Halidou, 2017). Cette faible fertilité naturelle est exacerbée par une forte pression démographique (Andres L. & Lebaillly P., 2013), des aléas climatiques marqués par une pluviométrie irrégulière (SwissAid, 2023) et une dégradation des ressources naturelles. L'amélioration de la production agricole au Niger passe donc inévitablement par une gestion améliorée de la fertilité des sols (Bationo et al., 2003). Dans le contexte nigérien où les amendements organiques nécessaires pour améliorer les rendements restent encore insuffisants, l'application judicieuse des engrais minéraux est le moyen le plus efficace pour améliorer les rendements des cultures (Bationo et al., 2003). Cependant, le coût élevé et la faible disponibilité des engrais représentent des obstacles majeurs pour les petits producteurs nigériens (Boureima et Sani, 2021). Le taux d'utilisation moyen, estimé 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 véritable contrainte à l'amélioration de la production. Dans ce contexte, la fertilisation par microdose, qui consiste à appliquer de faibles quantités d'engrais directement au niveau du poquet de semis, se présente comme une approche prometteuse. Cette technique permet de maximiser l'efficacité d'utilisation des nutriments par la plante tout en minimisant les coûts pour l'agriculteur. Des recherches ont été menées pour évaluer l'effet de cette technique sur la productivité du sésame. Cet article se focalise spécifiquement 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 sésame, afin de comprendre les implications de cette pratique pour la durabilité de la fertilité des sols au Niger.

Materiel et Methodes:-

Site Experimental:-

L'essai a été conduit en 2012 à la station de recherche de N'Dounga, relevant du Centre Régional de la Recherche Agronomique (CERRA) de Kollo, au Niger. Le département de Kollo, situé dans la région de Tillabery, se caractérise par un climat sahélien avec une pluviosité moyenne variant de 350 à 650 mm. Le site expérimental est un terrain plat avec une légère pente. Le sol du site est de texture sableuse, avec une composition granulométrique de 94 % de sables, 5,16 % de limons et 0,84 % d'argiles.

Dispositif Experimental et Traitements:-

Un dispositif en split plot à 4 répétitions a été utilisé, comprenant deux facteurs:

- la variété de sésame avec deux niveaux: améliorée 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 échantillons de sol ont été prélevés à une profondeur de 0-30 cm en début de campagne (avant semis) et en fin de campagne (après récolte).

- **Avant semis:** Échantillon composite obtenu à partir de trois prélèvements en zigzag dans chaque parcelle élémentaire.
- **Après récolte:** Échantillons composites formés à partir de trois prélèvements dans les poquets de chaque parcelle élémentaire. Seuls les 16 échantillons composites des parcelles cultivées avec la variété améliorée ont été analysés, en raison des contraintes de moyens.

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

Les methodes utilisees etaient:

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

Analyse des Donneess:-

Les donnees ont ete traitees avec le logiciel statistique GenStat 4ème edition version 10.3. L'analyse de variance et le test de la plus petite difference significative (ppds, au seuil de 5 %) ont ete utilises pour comparer les resultats. Des correlations ont ete etablies entre les variables.

Resultats:-

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

Les resultats de l'analyse des proprietes chimiques du sol avant semis sont presentes dans le tableau 1. Les donnees revèlent que le sol sur lequel a ete implante l'essai est basique avec un taux de matière organique de 2, 6 g.kg-1, un taux d'azote inferieur à 1 g.kg-1 et une teneur en biomasse microbienne tres faible de 0,08 mg-cco2/g de sol. On note une teneur en phosphore bray 1 elèvee de 21, 94 mg.kg-1 et une teneur satisfaisante en potassium assimilable de 74,1 mg.kg-1.

Tableau 1: Resultats 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 termedes Paramètres Chimiques et Biologiques du Sol après Culture:-

Lesdoses de NPK ont significativement affectes les parametres chimiques et biologiques du sol, à l'exception du phosphore assimilable (tableau 2).

Tableau 2: Parametres chimiques et Biologiques du sol apres culture

Doses NPK	pHeau	Pass mg/kg	Kass mg/kg	Ntotal g/kg	Corg g/kg	BM mgCCO ₂ g-l 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 en N, P, K, matière organique, pH et biomasse microbienne 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 a contribué 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	BMmg-CCO2g-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.

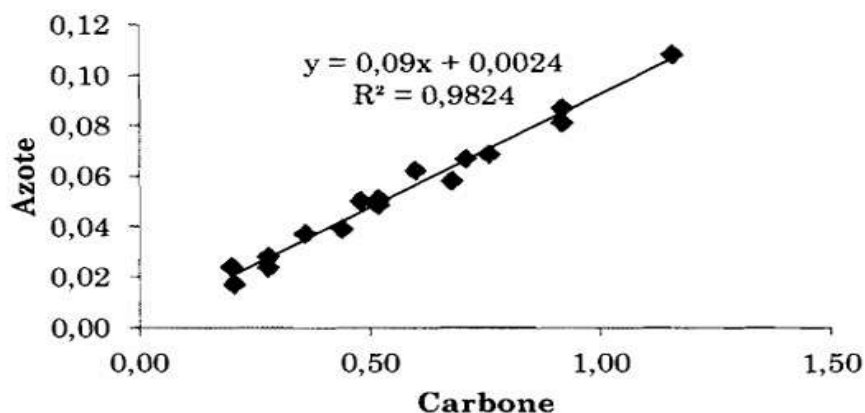


Figure 1: Relation entre l'azote total et le carbone organique

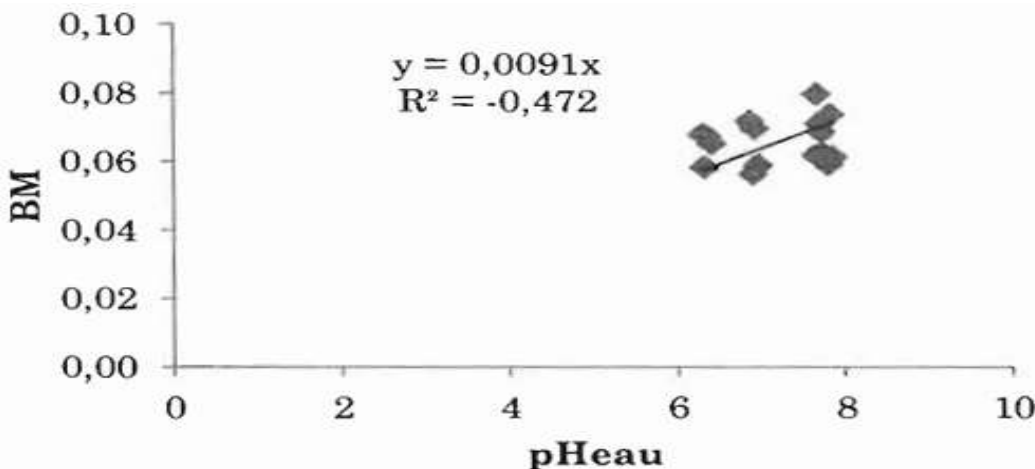


Figure 2: Correlation entre pH et biomasse microbienne

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'urée. 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 engrais azotés. Elle est aussi souvent expliquée par l'antagonisme potassium-azote dans les Ferralsols. Étant donné que le pH initial du sol était basique (7,7), cette tendance à l'acidification, bien que les pH finaux restent supérieurs à 7,13, est un indicateur de l'impact des engrais 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 identifiée 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 étant sensibles aux variations de pH et aux conditions nutritionnelles, cette diminution suggère que l'apport d'engrais minéraux, bien qu'enrichissant le sol en éléments chimiques, a pu perturber l'équilibre biologique du milieu.

Contrairement à certaines études sur des essais de longue durée qui montrent une diminution du carbone et de l'azote suite à l'apport de fertilisants minéraux (N'Dayegamiye et al., 1997; Sedogo, 1993; Lompo, 2009), notre étude a révélé une augmentation positive des teneurs en carbone organique et azote total. Cette évolution pourrait s'expliquer d'une part par une stimulation de la biomasse racinaire et par une minéralisation plus ralentie de la matière organique, favorisant ainsi l'accumulation de ces deux éléments dans le sol. D'autre part, elle pourrait résulter de l'effet combiné du précédent cultural (notamment l'arachide et les apports d'ordures ménagères) et des fertilisants minéraux. En effet, la persistance d'effets résiduels des amendements organiques antérieurs, 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 corrélation positive entre le carbone organique et l'azote total est un indicateur de la synergie entre ces deux éléments et de la qualité de la matière organique présente 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 engrais 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'Aguié au Niger: analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentialité. *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 sesame 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>
7. Halidou, Z., 2017. Contribution du niébe (*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 sahélo soudanienne au Niger. Thèse de doctorat, Université Nazi Boni (UNB), Burkina Faso, 154 p.
8. Kaho F., Yemefack M., Feujio P. T. et Tchanchaouang J.c., 2011. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *TROPICULTURA* 29 (1) 39-45.

- 9.Lompo 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 Cocody/UF, 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/JAnmPISci.v64-2.6>.