

# **Impact De La Combinaison Regeneration Naturelle Assistee (Rna) Et Engrais En Microdose Sur La Productivite Du Mil (*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Br.) Au Niger**

***Abdou Maman Manssour,***

Département Production Durable des Cultures, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Tillabéri, Niger

***Laouali Abdoukadi,***

Département d'Agro-socio-économie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Niger

***Malam Bachir Abass Haboubacar,***

Département Production Durable des Cultures, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Niger

***Elhadji Seybou Djibo,***

Département Programmation, Etudes et Prospective, Haut-Commissariat à l'Initiative 3N

***Abdoukadi Ali,***

Département Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

***Alzouma Mayaki Zoubeirou,***

Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Doi:10.19044/esj.2020.v16n9p82

[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n9p82](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n9p82)

---

## **Résumé**

Cette étude a été conduite dans les sites de Dineye et Kassamma dans la région de Zinder au Niger. Elle a pour objectif de déterminer l'effet de la combinaison RNA et engrais en microdose sur la productivité du mil. Le dispositif expérimental utilisé est en bloc de Fisher avec dix (10) répétitions. Le facteur étudié est la fertilisation du sol avec quatre (4) traitements (T): T1 constitué uniquement de RNA servant de témoin ; T2 qui est la combinaison RNA et fumier en microdose; T3 qui est la combinaison RNA, fumier et engrais chimique (Azote Phosphore Potassium-NPK) en microdose et T4 qui est la combinaison RNA et NPK en microdose. Les paramètres de croissance à savoir la hauteur de plant, le nombre de feuilles ont été suivis par décade jusqu'à maturité. A la récolte, les composantes du rendement à savoir : la

biomasse sèche, le poids des épis et des grains ont été évalués. Les résultats de cette étude ont montré que la hauteur des plants, le nombre de feuilles ont été plus élevés avec T3. Quant aux rendements en tiges, épis et grains, ils ont été significativement plus élevés dans T3, suivi respectivement de T4, T2 et T1. Ces résultats montrent que la combinaison RNA, fumure organique et fumure minérale en microdose a permis d'augmenter le rendement du mil. Cette combinaison pourrait donc être vulgarisée au niveau des producteurs agricoles des zones pratiquant la RNA afin d'améliorer la productivité de leurs cultures.

---

**Mots clés :** RNA, Engrais, Microdose, Mil, Productivité, Niger

# **Impact of the Farmer-Managed Natural Regeneration (FMNR) and Microdose Fertilizer Combination on the Productivity of Millet (*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Br.) in Niger**

***Abdou Maman Manssour,***

Département Production Durable des Cultures, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Tillabéri, Niger

***Laouali Abdoukadi,***

Département d'Agro-socio-économie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Niger

***Malam Bachir Abass Haboubacar,***

Département Production Durable des Cultures, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Niger

***Elhadji Seybou Djibo,***

Département Programmation, Etudes et Prospective, Haut-Commissariat à l'Initiative 3N

***Abdoukadi Ali,***

Département Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

***Alzouma Mayaki Zoubeirou,***

Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

---

## **Abstract**

This study was conducted at the Dineye and Kassamma sites in the Zinder (Niger). Its objective is to determine the effect of the combination of FMNR and microdose fertilizers on millet productivity. The experimental device used is a Fisher block with ten (10) repetitions. The factor studied is soil fertilization with four (4) treatments (T): T1 consisting only of FMNR serving as a control; T2 which is a combination of FMNR and manure in microdose; T3 which is a combination of FMNR, manure and NPK in microdose and T4 which is a combination of FMNR and NPK in microdose. The growth parameters like height of the plant and the number of leaves were monitored per decade until maturity. At harvest, the yield components, namely: dry biomass, the weight of the ears and grains were evaluated. The results showed that height of the plants and the number of leaves were higher

with T3. As for yields of stems, ears and grains, they were significantly higher in T3, followed by T4, T2 and T1 respectively. These results show that the combination of FMNR, organic manure and mineral manure in microdose made it possible to increase the yield of millet. This combination could therefore be popularized among agricultural producers in areas practicing FMNR to improve the productivity of their crops.

---

**Keywords:** FMNR, Fertilizer, Microdose, Millet, Productivity, Niger

## **Introduction**

Au Niger, l'agriculture constitue la principale activité économique du pays, employant plus de 80% de la population. Elle occupe le premier secteur de l'économie, et participe à plus de 23% à la formation du PIB (INS, 2019). Cette agriculture est essentiellement pluviale, dominée par les céréales (mil, sorgho) et les cultures de rente (arachide, niébé). Cependant, les sols destinés à l'agriculture pluviale sont à 85% dunaires, peu productifs, fragiles et très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne. A cela s'ajoute un climat très défavorable caractérisé par l'insuffisance et la mauvaise répartition spatiotemporelle des pluies (Ibrahim, 2010). Ce qui a pour conséquence, une dégradation des sols et une production agricole en déclin (Wezel, 2000). Pour inverser cette tendance, plusieurs pratiques ont été entreprises (Bodo et *al.*, 2019) mais souvent difficiles à mettre en œuvre par la population. Initialement, les agriculteurs faisaient recours aux paillis pour améliorer la fertilité de leurs sols, mais des quantités suffisantes sont rarement disponibles car les résidus de récolte sont aussi utilisés à d'autres fins telles que les matériaux de construction, combustible et fourrage pendant la saison sèche (Bationo & Mokwunye, 1991). Parmi ces pratiques figurent aussi l'épandage de fumier et/ou d'engrais car ils présentent des effets très bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (Vanlauwe & Giller, 2006). Cependant, les agriculteurs ne disposent pas de moyens financiers suffisants pour l'achat d'engrais ni de ressources en fumure organique en quantité pour mettre en œuvre ces pratiques (Bagayogo *et al.*, 2011 ; Wezel, 2000). Pour faire face à cela, l'utilisation des engrais à microdose s'avère nécessaire car elle est une technique peu coûteuse, facilement applicable par les producteurs. Elle consiste en des apports localisés de petites quantités d'engrais dans les poquets (Tabo et *al.*, 2005 ; Taonda et *al.*, 2008 ; Palé et *al.*, 2009). Des nombreuses études ont mis en évidence le rôle positif de la microdose dans la réduction des pertes diverses des nutriments (Demers, 2008), l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des nutriments par sa concentration au niveau du système racinaire (Palé et *al.*, 2009). Cela se traduit par une croissance rapide des racines et plantes (Aune et Bationo, 2008), l'amélioration des rendements (Hayashi et *al.*, 2008 ; Bagayoko et *al.*, 2011 ;

Traore *et al.*, 2012; Ibrahim *et al.*, 2015 ; Somda *et al.*, 2017) et du revenu de producteurs (Taonda *et al.*, 2008). En plus, d’autres pratiques ne nécessitant aucune sortie monétaire telles que l’intégration de la végétation ligneuse naturelle aux cultures constitueraient des alternatives plus en adéquation avec les conditions socio-économiques des paysans. L’intégration d’arbres dans les systèmes de cultures peut avoir des effets bénéfiques sur la fertilité des sols, la production des cultures et sur la biodiversité (Ouodiouma *et al.*, 2011 ; Masse *et al.*, 2013; Abdou *et al.*, 2013 ; Manssour *et al.*, 2014 et Dan Lamso *et al.*, 2015 ). Le présent article évalue l’effet de la combinaison arbres à travers la régénération naturelle assistée (RNA) et l’engrais (fumier et NPK) en microdose sur la productivité du mil.

## Matériel et méthodes

### Matériel

L’étude a été conduite en milieu paysan sur les sites de Dineye et Kassamma dans la région de Zinder au Niger (figure 1). Le climat de la zone d’étude est de type sahélien caractérisé par deux saisons : une saison sèche d’Octobre à Avril et une saison pluvieuse de mai à septembre avec une moyenne annuelle pluviométrique de 450mm. Le sol des sites est de type sableux peu évolué. Le matériel végétal utilisé est composé d’espèces ayant servi de RNA et d’une variété locale de mil appelée ‘Gamoji’.

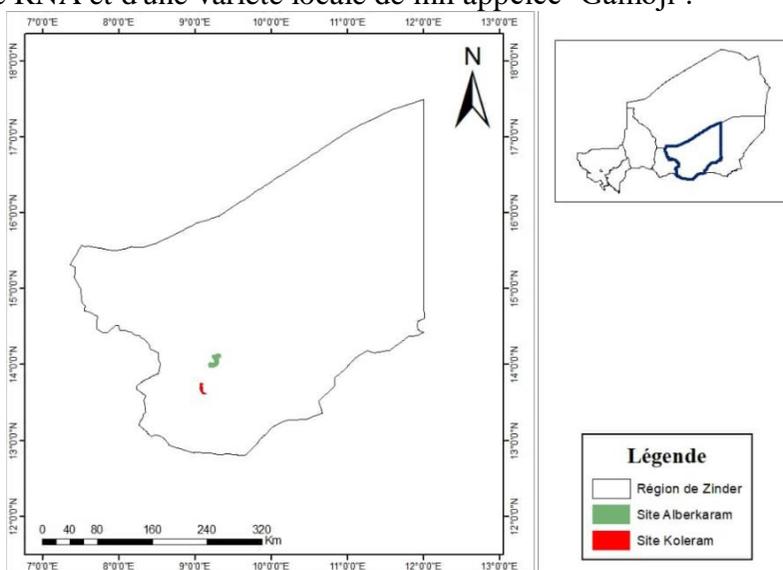


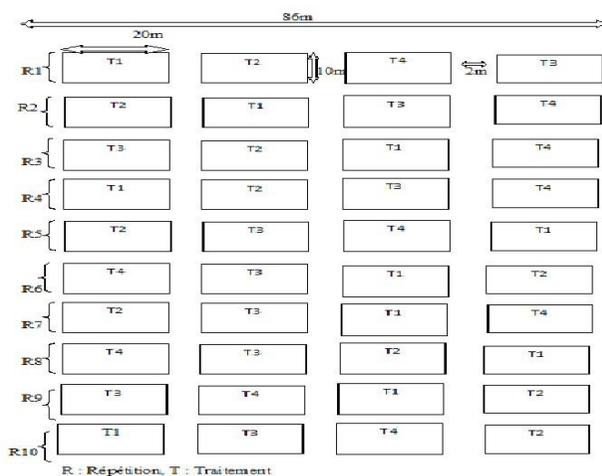
Figure n°1 : Carte de localisation des sites d’étude

### Méthodes

Dix (10) producteurs ont été choisis dont cinq (5) par site parmi ceux qui pratiquent la RNA dans leurs champs. Chaque producteur choisi met en place quatre (4) traitements à savoir : T1 avec RNA (Témoin) ; T2 avec RNA+ fumier par microdose; T3 avec RNA+ Fumier par microdose + NPK par

microdose et T4 avec RNA+ NPK par microdose. La quantité du fumier appliquée par microdose est de 200g par poquet et celle de l’engrais NPK correspond à la dose de 6 g par poquet.

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc de Fischer avec quatre traitements et dix répétitions (figure 2). Chaque parcelle a une longueur de 20 m et une largeur de 10 m soit une superficie de 200 m<sup>2</sup>. La disposition des parcelles élémentaires a été faite de manière aléatoire. Les variables concernant la croissance des plantes (la hauteur des plants et le nombre de feuilles) ont été mesurées par décade. Celles concernant le rendement ont été évaluées à la récolte à travers le poids de la biomasse sèche, le poids des épis et celui des graines.



**Figure n°2** : Schéma du dispositif expérimental

Les données recueillies ont été traitées à l’aide du logiciel Minitab. 16. Les graphiques et les figures ont été faits à l’aide du tableur EXCEL.

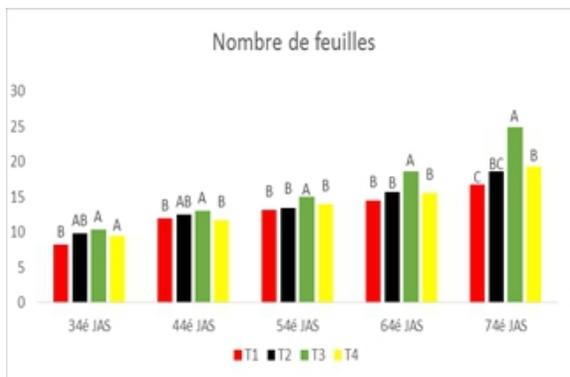
## Résultats et discussion

### Résultats

#### Indicateurs de croissance

##### Nombre des feuilles

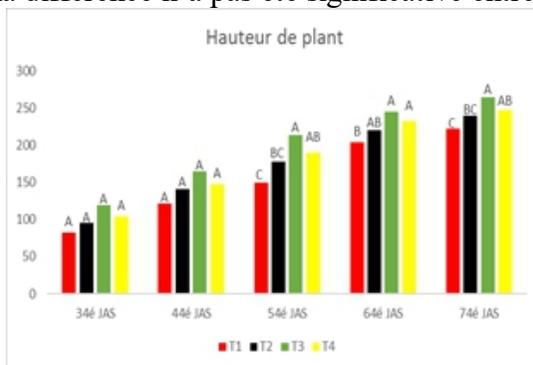
Les résultats montrent qu’à maturité (74 Jour Après Semi-JAS), le nombre de feuilles moyens des plants de mil a été plus élevé dans le traitement T3 (24,9) suivi respectivement de T4 (19,3), T2 (18,625) et T1 (16,8). Ces résultats ont été significativement différents sauf entre T4 et T2. Aussi, une variabilité dans le temps a été observée entre les traitements. En effet, tandis que la différence de nombres de feuilles entre les traitements T2, T3 et T4 n’a pris forme qu’au 44<sup>ème</sup> jour après semis, le plus grand nombre de feuilles a été observé au niveau de traitement T3 suivi de T2 et T4 avec les moyennes respectives 13, 12,5 et 11,7.



**Figure n°3 :** Evolution du nombre de feuilles au cours de la croissance du mil dans les différents traitements.

### Hauteur de plants

La figure 4 montre qu’à différents JAS, la tendance de la croissance des plants est en faveur de T3 suivi respectivement de T4, T2 et T1. En effet, à maturité (74 JAS), la hauteur moyenne des plants a été plus élevée au niveau de T3 (264,2cm) suivie respectivement de T4 (232,2cm) T2 (217,4cm) et T1 (204,18cm). L’analyse statistique révèle une différence significative entre T3 comparé à T2 et T1 mais non significative avec T4. Aussi, ces résultats ont montré qu’il existe de différence significative entre T4 et T1 mais pas entre T4 et T2. Enfin, la différence n’a pas été significative entre les T2 et T1.



*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% du test de Fisher.*

**Figure n°4:** Evolution de la hauteur des plants entre les différents traitements.

### Indicateurs des rendements

Le rendement du mil au niveau des différents traitements a été évalué à travers le poids de la biomasse sèche, le poids des épis et celui des graines (Tableau1).

**Tableau 1** : Rendement en biomasse sèche, épis et grains du mil.

Traitements	Rdt matière sèche (kg/ha)	Rdt épis (kg/ha)	Rdt grains (kg/ha)	Poids 1000grains (g)
T1	2860c	986c	575,1c	7,62b
T2	3210bc	1021bc	634,2bc	8,36ab
T3	4340a	1464a	726,6a	9,76a
T4	3780ab	1278ab	686,7ab	9,09ab

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% du test de Fisher.

L'analyse du tableau révèle que le meilleur rendement en biomasse sèche a été obtenu au niveau de T3 (4340kg) suivi respectivement de T4 (3780kg), T2 (3210kg) et T1 (2860kg). Ces résultats sont statistiquement différents entre T3 et T2, entre T3 et T1 mais non significatives entre T4 et T2 et entre T2 et T1. Concernant le rendement en épis, il est plus important au niveau de T3 (1464kg/ha) suivi respectivement de T4 (1278kg/ha), T2 (1021kg) et T1 (986kg). L'analyse de ces résultats indique une différence significative entre T3 comparé à T2 et T1 mais avec T4. De même pas de différence significative entre T2 et T1. Quant au rendement en grains, il est plus élevé au niveau du traitement T3 (726,6kg/ha) suivi de T4 (686,7 kg/ha), T2 (634,2 kg/ha) et T1 (575,1 kg/ha). Ces résultats sont statistiquement différents entre T3 et T2 et entre T3 et T1. Par contre, pas de différence significative en entre T3 et T4 et entre T2 et T1.

## Discussion

Les résultats de cette étude ont montré que le traitement T3 (combinaison RNA-fumier-NPK en microdose) a eu plus d'effets sur la hauteur des plants par rapport aux autres traitements. Ceci s'expliquerait par l'apport conjoint de ces deux fertilisants (fumier-NPK). Ces résultats sont conformes à ceux de Somda *et al.* (2017) pour qui, la combinaison fumure minérale et organique rend plus disponible les éléments de croissance des plants tel que le phosphore agissant sur la croissance des plants. L'écart de croissance entre T3 et les autres traitements pourrait aussi s'expliquer par l'effet des arbres présents dans les parcelles combiné à la fertilisation par microdose. En effet, les arbres contribuent à l'enrichissement du sol en matière organique et en éléments nutritifs suite à la chute des feuilles produisant ainsi de la litière. Ce qui conforme aux résultats de Abdoukadi et *al.*, (2019) et Manssour et *al.*, (2014), pour qui la croissance plus importante sous les arbres résulterait de l'effet de l'arbre. Aussi, cette croissance plus élevée au niveau de T3 résulterait de l'apport de la RNA sur le sol car selon Abdou et *al.*, (2013), les teneurs en éléments nutritifs du sol sont plus élevées sous les arbres. En outre, les racines mortes des arbres se décomposent et constituent

tout naturellement une part importante de la matière organique autour de ces ligneux. Quant à la microdose, sa performance serait liée à la concentration des nutriments au niveau des systèmes racinaires, ce qui améliorerait l'accessibilité et l'efficacité d'utilisation (Muehlig-Versen *et al.*, 2003) et réduirait les pertes. Selon Brück *et al.*, (2003), Hodge (2004), Vadez *et al.*, (2007) et Aune et Bationo (2008), la performance de la microdose s'expliquerait par le fait que la localisation des engrais dans l'horizon superficiel colonisé par les racines des plants engendre leur prolifération et leur croissance. Concernant la biomasse sèche, le meilleur rendement a été enregistré au niveau du traitement T3 comparativement aux autres traitements. Ces résultats s'expliqueraient par l'effet positif des fertilisants sur la culture du mil mais aussi de l'apport de la décomposition de la litière qui restitue la matière organique au sol du fait de la RNA.

Quant aux rendements en épis et grains, ils ont été plus importants en T3 comparativement à T4, T2 et T1. Ces rendements plus élevés au niveau de T3 s'expliqueraient par l'apport des fertilisants et de la RNA. L'accroissement des rendements observé serait dû à l'amélioration du statut nutritionnel du sol du fait des différents apports (engrais et RNA). En effet, la fumure organique améliore l'efficacité des engrais minéraux et que le rendement varie en fonction des doses d'engrais. Cette amélioration engendre une bonne nutrition des plants d'où l'augmentation des rendements. Ces résultats sont conformes à ceux de Saba, (2017) et Ouattara, (2007) dont les travaux ont montré que la plupart des sols réagissent positivement aux différentes pratiques d'amélioration de la fertilité. D'après Hamidou *et al.*, (2014) l'apport du fumier joue un rôle très important sur le recyclage des éléments nutritifs, la fertilité du sol, et l'amélioration de la production agricole. Aussi, les doses d'engrais minéraux produisent un effet spectaculaire sur les rendements des céréales (Hamidou *et al.*, (2014)). Aussi, les travaux d'Akanza *et al.*, (2014) ont montré que l'application conjointe de la fumure minérale et organique augmentent la production des cultures céréalières. Pour Camara *et al.*, (2017) et El Tahir *et al.*, (2009), l'impact de la RNA s'est traduit par une disponibilité de litière qui contribue à fertiliser le sol. Ce qui pourrait expliquer le meilleur rendement en épis et grains du fait de l'effet combiné fertilisants-RNA au niveau de T3 comparativement aux autres traitements.

## Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la performance de la combinaison régénération naturelle assistée (RNA) et engrais appliqué en microdose sur la productivité du mil. Les résultats ont montré que cette combinaison encore appelée option de gestion intégrée, permet une amélioration significative de rendement comparativement à l'application de ces pratiques (fumier/engrais/RNA) prises individuellement. Le traitement T3 qui est la

combinaison RNA, fumure organique et engrais minéral en microdose a donné les meilleurs rendements pour tous les paramètres évalués par rapport aux autres traitements. Cette option de gestion intégrée, au demeurant facile à être adoptée par les agriculteurs, représente une des meilleures options technologiques qui leur permettront l'utilisation durable et l'amélioration de la productivité de leurs terres.

### References:

1. Abdou M.M., Zoubeirou A.M., Kadri A., Ambouta J.M.K., Dan Lamso N., 2013. Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gommeraies au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(6): 2328-2337.
2. Abdoulaye I., Mohamed, N., B., Badiori, O, Diakalia, S., Sabiou M., P.B. Irénikatché A., Derek, P., Anthony, K., et Saidou K., 2014. Le microdosage des engrais, une innovation qui profite aux femmes du Sahel. Recherche et changement. Fiche produite par WREN media en mars 2014. 4p.
3. Abdoukadi A., Aichatou A., Maman M.A., Issoufou H.B., Djibo E.S., Zoubeirou M.Z., 2019. Improvement of the productivity of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Intercropped with the Arabic gum tree (*Acacia senegal* (L.) Willd.) in agroforestry parkland in Niger. *Advances in Agricultural Science*, Vol. 7 (2019), Issue 01, pp. 74-84.
4. Akanza KP, Sanogo S, Kouakou CK, N'Da HA, Yao-Kouamé A. 2014. Effets de la fertilisation sur la fertilité des sols et les rendements: incidence sur le diagnostic des carences du sol. *Rev. Ivoir. Sci.Technol.*, 24: 299-315.
5. Aune BJ, Bationo A. 2008. Agricultural intensification in the Sahel. The ladder approach. *Agricultural Systems*, 98: 119-125.
6. Bagayoko M, Maman N, Palé S, Sirifi S, Taonda SJB, Traore S, Mason SC. 2011. Microdose and N and P fertilizer application rates for pearl millet in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 6(5): 1141 - 1150.
7. Bationo A., et Mokwunye U. A., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fert. Res.* 29: 117-125.
8. Bodo B. S., Ambouta J.M.K., ISSA O.M., Tidjani A.D., Morvan X., Conreux A., Marin B., Ponthieu M., Fronteau G., 2019. Effets de la mobilité de l'habitat dans les champs cultivés sur la qualité physico-chimique des sols dans l'Ouest nigérien, EWASH & TI Journal, 2019 Volume 3 Issue 1, pp 60-68.

9. Brück H, Sattelmacher B, Payne W. 2003. Varietal differences in shoot and rooting parameters of pearl millet on sandy soils in Niger. *Plant and Soil*, 251: 175.
10. Camara B. A., Drame M., Sanogo D., Ngom D., Badji M., Diop M., 2017 : la régénération naturelle assistée, perceptions paysannes et effets agro-écologiques sur le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) dans le bassin arachidier au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 112 : 11025-11034.
11. Centre régionale d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA), 2006. Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles sur les systèmes de production au Niger. Rapport de synthèse. Niamey, Niger, 56 p.
12. Dan Lamso N., Guero Y., Dan-Badjo A.T., Lamar R., Bationo B.A., Djamen P., Ambouta J.M.K., 2015. Effet des touffes de *Hyphaene thebaica* (Mart) sur la production du mil dans la région de Maradi (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (5), pp. 2477- 2487.
13. Demers I. 2008. Formes et disponibilité du phosphore de composts utilisés comme Amendements de sols agricoles. Mémoire Maître ès Sciences (M.Sc). Faculté des études supérieures/Université de Laval, 92p.
14. El Tahir B. A., Ahmed D. M., Ardo J., Gaafar A. M., Salih A. A., 2009. Changes in soil properties following conversion of *Acacia senegal* plantation to other land management systems in North Kordofan State, Sudan. *Journal of Arid Environments*, 73 (2009): 499–505.
15. Hamidou, Z., Sabiou, M., Nacro, H, B., Boubié, V, B., François, L., BATIONO A. 2014 : Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International journal of biological and chemical sciences* 8(4), 1620-1630.
16. Hayashi K, Abdoulaye T, Gerard B, Bationo A. 2008. Evaluation of application timing in fertilizer microdosing technology on millet production in Niger, West Africa. *Nutr Cycl Agroecosyst.*, 80: 257.
17. Hodge A. 2004. The plastic plant: rootresponses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytologist.*, 162: 9-24.
18. Ibrahim A, Abaidoo RC, Fatondji D, Opoku A. 2015. Hill placement of manure and fertilizer microdosing improves yield and water use efficiency in the Sahelian low input millet based cropping system. *Field Crops Research*, 180: 29-36.
19. Ibrahim M. B., 2010. Contribution à l'évaluation de la diversité de la durée des cycles de variétés précoces et tardives de mil issues de quatre localités du Niger. Mémoire de Master II, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, 41 p.

20. INS, 2019. Nouveau système SCN 2008 – Base 2015, Agrégats et tableaux de synthèse 2015-2018 : Méthodologie, principaux résultats et commentaires sur l'évolution récente de l'économie nigérienne. Niamey. Niger. 56 pages.
21. Manssour A.M., Zoubeirou A.M., Dan Lamso N., Ambouta J.M.K., 2014. Productivité de la culture du sorgho (*Sorghum bicolor*) dans un système agroforestier à base d'Acacia senegal (L.) Willd. au Niger. *Journal of Applied Biosciences* 82:7339–7346.
22. Masse D., Badiane Y.N., Hien E., Akpo L.E., Assigbetsé K., Bilgo A., Lardy L., 2013. L'agriculture africaine face aux changements globaux: recherches et innovations basées sur les sciences de l'écologie. *Comptes Rendus Biologies*, 336(5-6), pp. 289-294.
23. Muehlig-Versen B, Buerkert A, Bationo A, Roemheld V. 2003. Phosphorus placement on acid arenosols of the West African Sahel. *Exp. Agric.*, 39: 307-325.
24. Ouattara K. 2007. Improved soil and water conservatory managements for cotton maize rotation system in the western cotton area of Burkina Faso. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), SE90183, Umea, Sweden, 50 p.
25. Ouodiouma, S., Joseph, M. D., Antoine, K., Julles, B., Bréhima, K., 2011. Régénération naturelle assistée. Gestion des arbres champêtres au sahel. ICRAF, manuel technique N°16. Nairobi: World Agroforestry Centre .7-29.
26. Palé S, Mason SC, Taonda SJB. 2009. Water and fertilizer influence on yield of grainsorghum varieties produced in Burkina Faso. *S.Afr. J. Plant Soil*, 26 (2): 91-97.
27. République du Niger, Ministère du Développement Agricole, 2015. Annuaire statistique du Niger 2010-2014, Niamey. 188 p.
28. Saba F, Sibiri JBT, Idriss S, Alimata A. B, Augustin P S et Adama K, 2017. Effets de la microdose sur la production du niébé, du mil et du sorgho en fonction la toposéquence. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5): 2082-2092.
29. Somda BB, Ouattara B, Serme I, Pouya BM, Lompo F, Taonda SJB, Sedogo PM. 2017. Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudanohélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(2): 670-683.
30. Tabo R, Bationo A, Diallo MK, Hassane O, and Koala S. 2005. Fertilizer microdosing for the prosperity of small scale farmers in the Sahel. *FinalReport2001 -2004*, ICRISAT, Niamey, 28p.
31. Taonda SJB, Yagho E, Soubeiga J, Kabré A. 2008. Projet « Transfert de la technologie de fertilisation microdose et des variétés tolérantes à

- la sécheresse pour la prospérité des petits producteurs agricoles du Sahel ». Burkina Faso, Rapport final 2005-2008, 66p.
32. Traore M, Nacro BH, Tabo R, Nikiema A. Ousmane H. 2012. Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2):808-819.
  33. Vadez V, Krishnamurthy L, Kashiwagi J, Kholova J, Devi J, Sharma K, Bhatnagar-Mathur P, Hoisington D, Hash C, Bidinger F. 2007. Exploiting the functionality of root systems for dry, saline and nutrient deficient environments in a changing climate. *Journal of SAT Agricultural Research*, 4:1 –61.
  34. Vanlauwe B, Giller KE. 2006. Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116: 34–46.
  35. Wezel A., 2000. Scattered shrubs in pearl millet fields in semiarid Niger: Effect on millet production, *Agroforestry Systems* 48: 219-228.