



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Utilisation du tourteau de neem (*Azadirachta indica*) et de la micro-dose d'engrais minéraux pour la production du maïs en zone Sud-soudanienne du Burkina Faso

Adama TRAORE*, P. Louis YAMEOGO, Da Isdine Aziz NAMBON, Karim TRAORÉ,
Pascal BAZONGO et Ouola TRAORE

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production (GRN/SP), INERA-Farako-Bâ, Laboratoire Sol-Eau-Plante (SEP). 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

*Corresponding author; E-mail: tr_adama@yahoo.fr; 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01 Burkina Faso.

RESUME

Les sols du Burkina Faso sont caractérisés par leur pauvreté en éléments nutritifs et en matière organique. Plusieurs sources de matière organique ont été étudiées mais très peu d'études se sont intéressées à l'utilisation du tourteau de neem (*Azadirachta indica*). Un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé comprenant 7 traitements a été mis en place au cours des saisons humide 2017 et 2018. Les traitements sont les fumures T0 : Sans apport de fertilisants ; T1 : NPK+urée 200 kg/ha + 100 kg/ha (dose vulgarisée) ; T2 : (Micro-dose = MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet (dose vulgarisée) ; T3 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 4g/poquet + urée 2 g/poquet ; T4 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet ; T5 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet ; T6 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquets. Les résultats indiquent des teneurs importantes en matière organiques et éléments nutritifs du TDN. Les meilleurs rendements de maïs ont été obtenus avec les traitements ayant reçu du TDN T5 et T6 avec respectivement 3,01 t/ha et 2,68 t/ha en grains de maïs et 3,73 t/ha et 3,58 t/ha de biomasse. Le TDN associé aux engrais minéraux permet d'améliorer la productivité du maïs au Burkina Faso.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés: Micro-dose engrais, tourteau de neem, rendement, maïs.

Use of the neem seed cake (*Azadirachta indica*) and the micro-dose of mineral fertilizers for the production of maize in the Sud-Soudanian zone of Burkina Faso

ABSTRACT

In Burkina Faso, several sources of organic matter were studied but very few were interested in the use of neem seed cake (*Azadirachta indica*). A completely randomized Fisher block device of 7 treatments was set up during the wet seasons of 2017 and 2018. Treatments are T0 : Without fertilizer; T1 : NPK + urea 200 kg/ha + 100 kg/ha (common dose); T2 : (Micro-dose = MD) NPK 4 g/pocket + urea 2 g/pocket (recommended dose); T3: TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 4 g/pocket + urea 2 g/pocket.; T4: TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 2 g/pocket + urea 2 g/pocket; T5: TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 4 g/pocket + urea 2 g/pocket; T6: TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 2

g/pocket + urea 2 g/pocket. The results indicate significant levels of organic matter and nutrients in TDN. The best yields of maize are obtained with the treatments that received TDN T5 and T6 with respectively 3.01 t/ha and 2.68 t/ha in maize grains and 3.73 t/ha and 3.58 t/ha respectively of biomass. TDN associated with mineral fertilizers improves maize productivity in Burkina Faso.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Keywords: Micro-dose fertilizer, neem cake, yield, corn.

INTRODUCTION

La culture du maïs jadis classée à la 3^{ème} place des céréales les plus produites au Burkina Faso est en train de se hisser depuis 2011 à la seconde place après le sorgho (PAM, 2014). Cet engouement pour la culture du maïs tient du fait qu'il est relativement plus facile avec des potentiels de rendements plus élevés. En 2013, le rendement du maïs était de 1332 kg/ha, contre 1019 kg/ha pour le sorgho et 848 kg/ha pour le mil (MASA, 2014). Malgré des efforts, l'agriculture burkinabè, source d'emploi et de revenu pour près de 85% de la population (MAHRH, 2011) a toujours du mal à satisfaire les besoins alimentaires d'une population avec un taux d'accroissement élevé de 3% (PAM, 2014). Les causes de cette insécurité alimentaire sont d'une part liées aux pratiques agricoles inadaptées qui ont accéléré le processus de dégradation des sols et d'autres parts aux conditions pluviométriques de plus en plus incertaines. En effet, en dépit d'une pauvreté originelle des sols, l'agriculture burkinabè est à très faible utilisation d'engrais minéraux et organiques (Bationo et al., 2011). Selon NEPAD (2013), les doses d'engrais utilisées au Burkina Faso pour les terres cultivées sont évaluées à 9 kg/ha et seulement 21,6% des terres cultivées en 2010 bénéficiaient de la fumure organique à de très faibles quantités (MAFAP, 2013).

Malgré les potentiels de rendements élevés des variétés améliorées de maïs, les rendements en milieu paysan sont largement en deçà. Les raisons sont principalement dues à une pauvreté des sols en éléments nutritifs et en matière organique (Sangaré et al., 2012). En effet malgré les exigences du maïs en éléments nutritifs, sa culture se fait généralement sans un respect des

recommandations en termes de doses de fertilisation d'engrais minéraux et organiques. En outre les résidus des récoltes devant être recyclés ne le sont pas, car exportés et utilisés la plus part du temps comme aliment bétail ou utilisés comme palissade ou bois de chauffe. Les sols présentent un bilan minéral négatif où les exportations dépassent les importations. Il est cependant admis que les meilleurs rendements de maïs sont obtenus avec l'apport combiné d'engrais organiques et inorganiques (Mubeen et al., 2013); les apports chimiques ne pouvant à eux seuls assurer une production durable (Koulibaly et al., 2010; Bationo et al., 2012). Segda et al., (2014) indiquent que les apports de matière organique permettent de maintenir ou de reconstituer la réserve en matière organique du sol. La matière organique améliore les propriétés physico-chimiques des sols ce qui induit des effets directs et indirects sur la croissance et le rendement des cultures (Lima et al., 2009; Faisal et al., 2017).

Plusieurs sources de matière organique ont été étudiées au Burkina Faso mais très peu de travaux se sont intéressés à l'utilisation du tourteau de neem (*Azadirachta indica*) sur son impact dans l'amélioration des rendements des cultures. La plupart des travaux jusqu'ici sur le neem se sont principalement intéressés à son utilisation insecticide, médicinale et cosmétique.

Cependant plusieurs auteurs (Hunsigi, 2001; Joshi and Prabhakara 2005; Ramanathan 2006) indiquent d'importantes teneurs en N, P et K dans le tourteau de neem à même d'améliorer la nutrition des plantes. Yusuf et al. (2011) et Rao et al. (2014) mentionnent des teneurs pouvant atteindre 3,7% en azote, 0,94% en phosphore et 1,19%, susceptibles d'améliorer les propriétés des

sols et nourrir adéquatement les plantes. C'est donc une excellente source de nutriments apportant des macros nutriments essentiels à la croissance des plantes (Garba et Oyinlola, 2014; Oyinlola et al., 2014). La présente étude a été initiée afin d'évaluer les effets des tourteaux de neem (TDN) sur les rendements du maïs dans la zone Ouest du Burkina Faso. Au vue des teneurs en éléments nutritifs du TDN et de la cherté des engrais minéraux inaccessibles à la plus part des producteurs burkinabè, la technologie microdose d'engrais minéraux a été utilisée. Cette technologie permet de réduire les doses recommandées de NPK et d'urée respectivement de 37,5 et 58,2% avec cependant des gains supplémentaires en grain de maïs.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Les travaux ont été conduits durant les saisons de pluies de 2017 et 2018 à la station de recherche agricole de Farako-Bâ dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Les coordonnées géographiques de la station de recherche de Farako-Bâ sont : longitude 4° 20' Ouest, latitude de 11° 6' Nord et altitude 405 m. Cette zone est caractérisée par deux saisons bien distinctes dont une courte saison des pluies ou hivernage de juin à septembre et une longue saison sèche d'octobre à mai. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 800 et 1100 mm (Guinko, 1984) avec une mauvaise répartition spatio-temporelle. Les quantités d'eau tombées au niveau de la station de Farako-Bâ en 2018 a été de 1303,7 mm en 70 jours de pluie. Les températures varient entre 17 °C et 37 °C durant la saison sèche et 10° C à 32 °C durant la saison des pluies. L'évapotranspiration est de 8,7 mm/jr de janvier à mars et 3,7 mm/jr de juillet à septembre. Les sols de type ferrugineux tropicaux lessivés à texture sablo-limoneuse sont pauvres en matière organique et en éléments nutritifs majeurs (N, P, K) (Bado, 2002).

Matériel végétal

Le matériel végétal était composé de la variété de maïs Barka. C'est une variété de

maïs mise au point par l'Institut de recherche INERA/Burkina Faso. Elle est de couleur blanche avec un cycle semi maturité moyen de 84 jours. Elle est relativement plus résistante à la sécheresse avec un rendement potentiel de 5,5 t/ha.

Fumure minérale

La fumure minérale utilisée est l'engrais composé NPK de la formulation 14-23-14+6S+1B et de l'urée simple dosant 46% N. Ce sont les engrais les plus couramment utilisés au Burkina Faso.

Fumure organique

La fumure organique utilisée a été le tourteau de *Azadirachta indica* ou tourteau de neem (TDN). Le TDN a été obtenu après extraction sous presse de l'huile de la graine de neem. Le Tableau 1 donne la composition chimique du TDN utilisé.

Méthodes

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher complètement randomisé en 4 répétitions. Chaque répétition ou bloc était constitué de 07 parcelles élémentaires (PE) représentant les traitements. Les blocs étaient séparés d'une distance de 1 m et les parcelles élémentaires ou traitements au sein du même bloc étaient distantes de 0,5 m. La parcelle expérimentale avaient une superficie de 38 m x 19 m, soit un total de 722 m². Les parcelles élémentaires avaient des écartements de 5 m x 4 m, soit 20 m².

Semis du maïs et application des fertilisants

Le maïs a été semé après le labour des parcelles à la traction bovine aux écartements de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets. Deux (02) plants ont été laissés par poquet après démariage.

Les fumures

Le tourteau de neem (TDN) a été apporté en fumure de fond aux semis selon les doses dans les parcelles élémentaires (PE) de 20 m². Le NPK a été apporté 15 jours après semis (JAS) selon les doses par PE. L'urée a été apportée à 30 JAS pour tous les traitements recevant cet engrais. En micro-

dose (MD), l'engrais minéral a été appliqué selon la quantité dans des poquets à côté des plants et ensuite refermé. Les doses vulgarisées pour le maïs étaient de 4 g/poquet et 2 g/poquet respectivement pour le NPK à la dose de 125 kg/ha et l'urée à la dose de 65,5 kg/ha.

Les différents traitements sont les suivants :

- T0 : Sans apport de fertilisants
- T1 : NPK+urée 200 kg/ha + 100 kg/ha (Dose vulgarisée)
- T2 : (Micro-dose = MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet (dose vulgarisée)
- T3 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet
- T4 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet
- T5 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet
- T6 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03. Les moyennes ont été séparées par la méthode de Newman-Keuls au seuil de confiance de 95%. Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne ± écart type.

RESULTATS

Caractéristiques chimiques des sols

Les résultats de l'analyse chimique des sols d'étude avant la mise en place de l'essai sont mentionnés dans le Tableau 2. Les sols du site présentent un pH bas et avec de très faibles teneurs en matière organique, en carbone et en azote. On constate des valeurs

relativement élevées en P total et K total avec cependant des valeurs disponibles très faibles qui sont respectivement de 21,82 pour le P disponible et de 131,64 pour le K disponible.

Effets des fumures sur le rendement grain du maïs

Le Tableau 3 présente le rendement du maïs en fonction des fumures. Il ressort de l'analyse statistique des différences hautement significatives entre les fumures. La forte dose de TDN de 4 t/ha en T5 enregistre les rendements grains de maïs les plus élevés (3017 kg/ha) par rapport à son homologue T6. Le traitement T3 avec 2 t/ha de TDN se classe en troisième position devant les fumures à base de TDN T4 et de la fumure minérale vulgarisée T1 qui sont statistiquement équivalentes entre elles. Sans apport de fertilisants, le traitement T0 enregistre le plus faible rendement de maïs de 185 kg/ha.

Effets des fumures sur le rendement biomasse aérienne du maïs

L'analyse des résultats de la biomasse sèche du maïs (Tableau 4) montre des différences hautement significatives entre les fumures. Les meilleures quantités de biomasse sont obtenues avec les fumures T6 et T5 à forte dose de TDN de 4 t/ha. Elles sont ensuite suivies des fumures à base de TDN 2 t/ha T3 et T4 et de la fumure minérale vulgarisée T1 qui sont statistiquement équivalents entre elles. La micro-dose arrive en 5^{ème} position sur l'ensemble des sept (07) fumures testées avec une biomasse moyenne de 2149 kg/ha ne dépassant que le traitement sans apport de fertilisant qui enregistre la plus faible quantité de biomasse de 630 kg/ha.

Tableau 1 : Composition chimique du tourteau de neem (TDN).

Teneurs						
	C %	M.O (%)	N (%)	C/N	P_total (%)	K_total (%)
TDN	44,59	76,87	2,65	16,82	0,27	1,91

M.O : Matière organique ; N : Azote ; C : Carbone ; P : Phosphore ; K : Potassium

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques du sol d'étude avant la mise en place du maïs.

pHeau	C (%)	MO (%)	N-total (%)	C/N	P_total (mg/kg)	P_Ass (mg/kg)	K_total (mg/kg)	K_dispo (mg/kg)
5,61	0,33	0,58	0,03	11,63	102,93	21,82	1125,46	131,64

MO : Matière organique ; N : Azote ; C : Carbone ; P : Phosphore ; K : Potassium ; dispo : Disponible ; Ass : Assimilable.

Tableau 3 : Effets des fumures sur le rendement du maïs.

Traitements	Rendements (kg/ha)
T0 : Sans apport de fertilisants	185 ^f ±72
T1 : NPK+urée 200 kg/ha + 100 kg/ha (dose vulgarisée)	1813 ^d ±122
T2 : (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet (dose vulgarisée)	1290 ^e ±224
T3 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet	2193 ^c ±305
T4 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet	1728 ^d ±346
T5 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet	3017 ^a ±316
T6 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet	2682 ^b ±361
Probabilité	<0,001
Signification	HS

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le Test de Newman et Keuls. HS : hautement significatif ; MD=Micro-dose.

Tableau 4 : Effets des fumures sur la biomasse du maïs.

Traitements	Rendements (kg/ha)
T0 : Sans apport de fertilisants	630 ^d ±137
T1 : NPK+urée 200 kg/ha + 100 kg/ha (dose vulgarisée)	2722 ^b ±127
T2 : (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet (dose vulgarisée)	2149 ^c ±187
T3 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet	2778 ^b ±410
T4 : TDN (2 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet	2588 ^b ±367
T5 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 4 g/poquet + urée 2 g/poquet	3738 ^a ±315
T6 : TDN (4 t/ha) + (MD) NPK 2 g/poquet + urée 2 g/poquet	3581 ^a ±320
Probabilité	<0,001
Signification	HS

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le Test de Newman et Keuls. HS : hautement significatif ; MD=Micro-dose.

DISCUSSION

Les sols du site d'étude sont acides et pauvres en matière organique et en éléments minéraux majeurs N, P et K. Ces sols comme la plupart des sols de la région sont mis en culture depuis de nombreuses années sans une véritable stratégie de maintien ou d'amélioration de leur fertilité. Avec de telles utilisations des terres, les teneurs en éléments minéraux et aux autres paramètres chimiques ne peuvent que diminuer au fil des années. Ces résultats confirment ceux obtenus par de nombreux auteurs sur les mêmes sites qui montrent la baisse de la fertilité des sols à l'image de la majorité des sols du Burkina Faso (Traoré et al., 2015 ; Da, 2019). Les teneurs observées des paramètres mesurés sont faibles malgré la jachère observée et se situent en dessous des seuils critiques ne donnant aucune chance aux cultures d'avoir de bons rendements sans apport d'aucun fertilisant chimique minéral ou organique. Avec des teneurs relativement élevées aux éléments totaux en P et K, les sols du site en contiennent de très peu en assimilable, qui diminuent rapidement après la mise en culture malgré des teneurs totaux (phosphore et potassium) élevées. Ceci indiquerait des sols à fort pouvoir fixateur en se référant au pH bas et aux faibles teneurs en matière organique et en carbone constatés sur le site. Ces résultats confirment ceux obtenus par Ouattara (2007) ; Kouyaté et al. (2007) qui caractérisent les sols du Burkina Faso par leur pauvreté quasi générale en éléments nutritifs.

En ce qui concerne les rendements grains et biomasse sèche du maïs, nos résultats ont montré une grande variabilité avec des différences hautement significatives entre les fumures. La combinaison tourteau de neem (TDN) et engrais minéraux (NPK et urée) recommandée en micro-dose (MD) ont des impacts positifs tant sur le rendement grains que sur la biomasse du maïs.

Cette meilleure performance de la combinaison TDN+MD s'expliquerait par l'efficacité de la technologie MD à rendre les engrais minéraux plus efficaces et de l'amélioration des propriétés du sol par le TDN et son apport conséquent en éléments nutritifs. En effet, la technologie MD permet

de localiser les engrais minéraux au poquet au voisinage des racines. Cet apport localisé crée ainsi une zone de plus forte concentration qui rend plus aisée l'assimilation des éléments fertilisants en limitant les phénomènes de fixation par le sol du phosphore et réduisant les pertes du potassium (K) et de l'azote (N) par lixiviation (INERA, 2015). Cette technique permet donc de mieux valoriser les engrais minéraux en réduisant les pertes au maximum par rapport à un apport conventionnel majoritairement pratiqué par les agriculteurs Burkinabè. Dans cet apport conventionnel, l'engrais est apporté en surface sans une bonne couverture, l'exposant ainsi aux pertes par volatilisation ou par ruissellement. Aussi, avec des teneurs en éléments nutritifs élevées et dans son rôle d'amendement du sol, le TDN ainsi associé à la technologie MD ne pouvait qu'augmenter les chances des traitements bénéficiaires d'avoir des rendements meilleurs que dans les autres traitements sans apport de TDN. En effet, les impacts sur les propriétés et les éléments nutritifs du sol sont reconnus et font du TDN une excellente source de matière organique et de nutriments pour les plantes (Yusuf et al., 2011). Rao et al. (2014) indiquent des teneurs pouvant atteindre 3,7% en azote, 0,94% en phosphore et 1,19% en potassium. Utilisé en tant qu'amendement, le TDN enrichit non seulement le sol en matière organique (Aderni, 2006 ; Azim et al., 2011) et en éléments nutritifs mais diminue également les pertes d'azote en inhibant la nitrification (Lokanadhan et al., 2012). Son impact sur l'augmentation du pH_{eau} , l'azote et le carbone du sol ont également été mentionnés par Oyinlola et al. (2017).

Cette performance du TDN expliquerait les meilleurs résultats obtenus en termes de rendements grain et de biomasse dans les traitements avec le TDN dans notre étude. Des résultats similaires ont été obtenus par Oyinlola et al. (2017) et Garba and Oyinlola (2014) avec des augmentations de rendement sur la tomate et le maïs par l'application du TDN et même sur le riz en Inde par Shah et Kumar (2014) et Lokanadhan et al. (2012).

Ces résultats montrent la capacité du TDN à fournir aux plantes les éléments minéraux nécessaires à leur croissance.

En effet, si les engrais minéraux sont facilement solubles, leur bonne assimilation par les plantes dépend des bonnes propriétés physique, chimique et biologique des sols (Schoebitz and Vidal, 2016). L'association du TDN au NPK et/ou à l'urée a favorisé non seulement l'assimilation des engrais minéraux mais aussi a libéré les éléments nutritifs contenus dans le TDN générant cette bonne performance à la fumure T5 et T2. Selon Yan et Gong (2010), les fortes concentrations en éléments nutritifs du TDN et de son impact positif sur les propriétés chimiques expliqueraient cette performance sur l'augmentation des rendements des cultures tout en réduisant leur variabilité.

Conclusion

De nos travaux, nous retenons que le tourteau de neem ou TDN contient des teneurs en éléments nutritifs qui influencent positivement sur la productivité du maïs. Son association avec la fertilisation minérale permet d'augmenter les rendements du maïs. La production de maïs est optimale en condition d'association du TDN à la dose de 4 t/ha à la fertilisation minérale en micro-dose de 4 g/poquet de NPK et de 2 g/poquet d'urée. Cette fumure a ainsi permis d'atteindre le rendement le plus élevé de la variété de maïs Barka de 3,07 t/ha soit 166% d'augmentation par rapport à la fertilisation minérale vulgarisée. L'association du TDN aux engrais minéraux (NPK et urée) se présente donc comme une alternative pour palier à la cherté des engrais minéraux et à une meilleure productivité des sols dégradés au Burkina Faso.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AT : Conduite de l'étude sur le terrain, collecte des données, analyses statistiques des données et rédaction du manuscrit. PLY : Suivi de l'expérimentation, et rédaction du

manuscrit. DIAN : Suivi de l'expérimentation, et rédaction du manuscrit. PB : Suivi de l'expérimentation, et rédaction du manuscrit. KT : Suivi de l'étude et correction du manuscrit. OT : Suivi de l'étude et correction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs traduisent également leur gratitude :

- Au Programme GRN/SP de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/ Station de Recherches de Farako-Bâ pour son soutien multiforme à la réalisation de cette étude.
- A la Société BioTradeMark SARL/Burkina pour la fourniture du tourteau de neem (TDN).

REFERENCES

- Aderni ND. 2006. Mixed paper mill sludge effects on corn yield, nitrogen efficiency and soil properties. *Agronomy Journal*, **198**: 1471–1478. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0339>.
- Azim K, Ferji Z, Kenny L. 2011. Nematicidal and Fertilizing Impact of argan, castor and neem seed cake on organic cucurbits (cucumber and melon) grown under greenhouse in Agadir Region (Southwestern Morocco). Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre 2011.
- Bado B V. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso, Thèse de doctorat, Université de Laval Québec, Canada, 148 p.
- Bationo A, Waswa B, Abdou A, Bado BV, Bonzi M, Iwuafor E, Kibunja C, Kihara J, Mucheru M, Mugendi D, Mugwe J, Mwale C, Okeyo J, Olle A, Roing K, Sedogo M. 2012. Overview of long term experiments in Africa. In *Lessons Learned from Long-term Soil Fertility Management Experiments in Africa*, Bationo A, Waswa B, Kihara J, Adolwa I, Vanlauwe B, Koala S (Eds). Springer:

- New York, London; 1-26. DOI: 10.1007/978-94-007-2938-4_1
- Bationo A, Waswa B, Okeyo JM, Maina F, Kihara J, Mokwunye U. 2011. *Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Management* (1st Edn). Springer; 246p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1536-3>.
- Da IAN, Traoré K, Traoré A, Bazongo P, Traoré O, Nacro HB. 2019. Évolution des propriétés d'un sol ferrugineux tropical soumis à différentes options de fertilisations dans un système de culture à base de coton dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* **15**(1) : 391–402.
- Faisal M, Imran K, Umair A, Tanvir S, Sabir H, Muhammad S, Muhammad A, Sami U. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2017, **17**(1): 22-32. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-95162017005000002>.
- Garba J, Oyinlola EY. 2014. Neem seed cake and inorganic fertilizer amendments for sustained productivity of maize (zea mays) on Nigerian savanna Alfisols. *Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, **2**(8): 146-155. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf01063333>.
- Guinko S. 1984. Végétation de la Haute-Volta, Thèse de doctorat, Sciences naturelles, Université de Bordeaux III. France, tome 2, 394 p. + annexes.
- Hunsgi G. 2001. Sugarcane in agriculture and industry. In soils under Mediterranean environmental conditions. *Soil Biol. Biochem.*, **26**: 1185–1191.
- INERA. 2015. Guide de formation en technique de microdose. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Burkina Faso, 40 p.
- Joshi M, Prabhakara S. 2005. Sustainability through organic farming, pp 194-195.
- Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D, Zombré PN, Bondé D. 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, **28** : 184-189.
- Kouyaté AM, Van Damme P, Goyens S, De Neve S, Hofman G, 2007. Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *Tropicultura*, **25** (2): 65-69.
- Lima DLD, Santos SM, Scherer HW, Schneider RJ, Duarte AC, Santos EBH, Esteves VI. 2009. Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. *Geoderma*, **150**: 38-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.01.009>.
- Lokanadhan S, Muthukrishnan P, Jeyaraman S. 2012. Neem products and their agricultural applications. *JBiopest*, **5**(Supplementary): 72-76.
- Lompo F, Sédogo MP, Hien V. 1995. Agronomic impact of Burkina phosphate and dolomite limestone. In *Use of Phosphate Rock for Sustainable Agriculture in West Africa*, Gerner H, Mokwunye AU (eds). Miscellaneous Fertilizers studies No. 11. Muscle Shoals: USA, IFDC Africa; 54-66.
- MAFAP. 2013. Revue des politiques agricoles et alimentaires au Burkina Faso, Monitoring African Food and Agricultural Policies, Rome, Italie, 234p.
- MAHRH. 2011. Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture, Burkina Faso, Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), Ouagadougou, Burkina Faso, 43 p.
- MASA. 2014. Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2013/2014, Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Burkina Faso, 77p.
- Mubeen K, Iqbal A, Hussain M, Zahoor F, Siddiqui MH, Mohsin U, Bakht HFSG, Hanif M. 2013. Impact of Nitrogen and Phosphorus on the Growth, Yield and Quality of Maize (*Zea mays* L.) Fodder in Pakistan. *Philipp. J. Crop Sci.*, **38** (2) : 43-46.

- NEPAD. 2013. Pratiques et options politiques pour améliorer l'élaboration et la mise en œuvre des programmes de subvention des engrais en Afrique subsaharienne. Analyse de Politiques Publiques, 93p.
- Ouattara K. 2007. Improved soil water conservatory managements for cotton-maize rotation system in the Western cotton area of Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Swedish University of Agriculture Sciences, UMEA. 50 p.
- Oyinlola EY, Magajil EA, Garba J, Mohammed KO. 2014. Effect of neem seed cake and inorganic fertilizer application on soil properties, and on growth, nutrient concentrations and uptake of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nigeria Journal of Soil and Environmental Research*, **12**: 91-100.
- Oyinlola EY, Paul OO, Uyovbisere EO. 2017. Effect of neem seed cake and inorganic fertilizer on yield of tomato and soil properties in northern guinea savanna of Nigeria. *European Journal of Agriculture and Forestry Research*, **5**(4): 1-15.
- PAM. 2014. Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition. PAM; 108 p.
- Radwanski SA, Wickens GE. 1981. Vegetative fallows and potential value of the neem tree in the tropics. *Econ. Bot.*, **35**: 398-414.
- Ramanathan KM. 2006. Organic farming for sustainability. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, **54**: 418-425.
- Rao UA, Murthy KMD, Sridhar TV, Krishnam Raju S, Lakshmi DA. 2014. Studies on performance of organic farming and chemical farming in rainy season rice. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, **4**: 202-206.
- Sangaré SK, Compaoré E, Buerkert A, Vanclooster M, Sedogo MP, Biélders CL. 2012. Field-scale analysis of water and nutrient use efficiency for vegetable production in a West African urban agricultural system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **92**(2): 207-224. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9484-2>.
- Schoebitz M, Vidal G. 2016. Microbial consortium and pig slurry to improve chemical properties of degraded soil and nutrient plant uptake. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **16**(1): 226-236. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-95162016005000018>.
- Segda Z, Bonzi M, Gnankambary Z, Lompo F, Sedogo PS. 2014. Influence of soil fertility management on organic carbon mineralization in irrigated rice. *J. Agric. Crop Res.*, **2**(2): 32-43.
- Shah AR, Kumar S. 2014. Integrated nutrient management in transplanted hybrid rice (*Oryza sativa* L.) & its effects on succeeding wheat (*Triticum aestivum*) crop. *Haryana J. Agron.*, **30**(1): 37-43.
- Traoré A, Traore K, Bado BV, Traore O, Nacro HB, Sedogo PM. 2015. Effet des précédents culturels et de différents niveaux d'azote sur la productivité du riz pluvial strict sur sols ferrugineux tropicaux de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **(9)**6: 2847-2858. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.25>.
- Yan X, Gong W. 2010. The role of chemical and organic fertilizers on yield, yield variability and carbon sequestration-results of a 19-year experiment. *Plant and Soil*, **331**(1-2): 471-480. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0268-7>.
- Yusuf AA, Iwuafu, ENO, Ladan Z, Agbaji AS, Abdusalam Z, Yusuf HA. 2011. Evaluation of neem based compound fertilizer for crop production in Samaru, moist savanna of Nigeria. *Journal of Agricultural Science & Technology*, **1**(2): 235-245.