



Original Paper

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

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

Amélioration de la productivité du sorgho par l'introduction d'options technologiques de gestion intégrée de la fertilité des sols en zone Nord soudanienne du Burkina Faso

Jean OUEDRAOGO*, Idriss SERME, Mathias Bouinzemwendé POUYA,
Sogo Bassirou SANON, Korodjouma OUATTARA et François LOMPO

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique/Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (CNRST/INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso.

*Auteur correspondant ; E-mail: jeanouedraogo84@yahoo.fr; Tel. : (+226) 70 63 43 60

Received: 02-09-2020

Accepted: 27-12-2020

Published: 31-12-2020

RESUME

L'intensification agricole est une nécessité pour assurer la sécurité alimentaire dans les pays du sahel. Cette étude avait pour objectif d'évaluer les effets de paquets technologiques de gestion intégrée de la fertilité des sols sur la productivité du sorgho. Pour ce faire, un dispositif en blocs dispersés a été mis en place en milieu paysan où chaque producteur constituait une répétition. Les paquets technologiques se composent des formules de fumures et/ou des techniques de conservation des eaux et des sols (CES). Les engrais ont été apportés selon la technique de la microdose. Les résultats ont montré que les meilleurs rendements grains du sorgho ont été obtenus avec la technologie cordons pierreux + zaï + NPK + urée avec respectivement 1428,70 kg/ha en 2018 et 1158,40 kg/ha en 2019. Les gaps de rendement grains entre la pratique actuelle des producteurs sous cordons pierreux et les paquets technologiques ont varié de 5,66% à 44,45% en 2018 et de 25,15% à 53,80% en 2019. Dans le contexte de la variabilité et des changements climatiques, ces résultats montrent que la collecte et la valorisation de l'eau à la parcelle à travers les cordons pierreux et le zaï, associée à la microdose est une alternative viable et durable d'amélioration de la productivité agricole.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Gestion intégrée de la fertilité des sols, microdose, gap de rendement, sécurité alimentaire, Burkina Faso.

Improvement of sorghum productivity through introducing integrated soil fertility management options in the Northern sudanian zone of Burkina Faso

ABSTRACT

Agricultural intensification is a necessity to ensure food security in the Sahel countries. This study aimed at assessing the effects of technological packages of integrated soil fertility management on sorghum productivity. An experiment was set up in dispersed blocks design where each producer constituted a repetition. Fertilizers were applied using the microdose technique. The results showed that the best grain yields of sorghum are obtained with the technology combining stone bunds + zaï + NPK + urea with respectively 1428.70 kg / ha in 2018 and 1158.40 kg / ha in 2019. The grain yield gaps between the current farmers' practice under stone

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

8649-IJBSC

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.23>

bunds and ISFM packages varied from 5.66% to 44.45% in 2018 and from 25.15% to 53.80% in 2019. In the context of climate variability and climate change, these results show that water harvesting techniques such as stone bunds and the zaï, associated with microdose are viable and sustainable alternative for improving agricultural productivity.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Integrated soil fertility management, microdose, yield gap, food security, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le grand challenge pour les pays du sahel en général et le Burkina Faso en particulier est d'assurer dans le contexte de variabilité et des changements climatiques, la sécurité alimentaire d'une population en croissance. Ces changements climatiques sont perçus par les producteurs à travers plusieurs indicateurs comme la hausse des températures, l'irrégularité des précipitations, le décalage des dates de semis, la perturbation phénologique des plantes, la réduction des terres arables, entraînant une baisse de rendement (Bougma et al., 2018). En effet, selon Nelson et al. (2009), les populations du monde en développement, déjà vulnérables et exposées à l'insécurité alimentaire, seront vraisemblablement les plus gravement affectées par les changements climatiques. L'agriculture, restée en majorité pluviale, dispose alors de faibles moyens pour anticiper et enrayer les effets des fluctuations climatiques (Sultan et al., 2015); et est caractérisée par une faible utilisation de la matière organique et des engrais minéraux. Par ailleurs, la faible fertilité inhérente des sols couplée aux pratiques agricoles inadaptées constituent des facteurs aggravants. Ainsi, malgré la vulgarisation de variétés améliorées à haut rendement, la productivité agricole reste très faible au Burkina Faso.

Dans un tel contexte, une intensification des systèmes de production s'avère nécessaire. Elle passe, entre autres, par l'adoption de stratégies de résilience endogènes telles l'utilisation de variétés précoces, de nouvelles techniques culturales, les rotations et la diversification des cultures (Bougma et al., 2018; Doumbia et al., 2020). Ces stratégies s'inscrivent parfaitement dans la gestion intégrée de la fertilité des sols telle que définie par Vanlauwe et al. (2010). Selon Katengeza et al. (2019), l'utilisation de technologies de gestion intégrée de la fertilité des sols pourrait

permettre de protéger les producteurs contre les risques climatiques, de réduire les pertes de nutriments et d'améliorer la sécurité alimentaire. Pour Zougmore et al. (2014), les technologies telles que le zaï, les demi-lunes et les diguettes de pierre, associés à une application de matières organiques et d'engrais minéral sont des pratiques agricoles intelligentes face au climat qui pourraient être largement utilisées par les petits exploitants. En effet, plusieurs études ont montré l'effet positif de la gestion de l'eau notamment à travers le zaï, les cordons pierreux et les nutriments sur la productivité agricole (Bayen et al., 2011; Tall, 2015; Roose et al., 2017). Aussi, les travaux conduits par Saba et al. (2017) et Sissoko et al. (2018) ont-ils révélé l'impact positif de la microdose sur les rendements des cultures. Ainsi, des paquets technologiques de gestion intégrée de la fertilité des sols intégrant la collecte et la valorisation de l'eau de pluie à travers les cordons pierreux, le zaï et la microdose ont été développés dans le cadre de plusieurs travaux de recherche, des projets et programmes. C'est justement le point de mire de cette recherche qui à travers des tests de démonstration compte assurer le transfert de ces technologies éprouvées de gestion durable des terres et d'intensification agricole aux producteurs. L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet des technologies de gestion intégrée de la fertilité des sols sur les rendements du sorgho.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

L'étude a été conduite dans les régions du Centre Nord (entre 12°40' et 14° de latitude Nord et entre 0°15' et 1°55' de longitude Ouest) et du Plateau Central (entre 11°49' et 12°55' latitude Nord et entre 0°25' et 2°03' longitude Ouest). Le climat de ces deux régions est de type soudano-sahélien et est caractérisé

par la succession d'une saison sèche allant d'octobre à mai et d'une saison pluvieuse de juin à octobre. Dans la région du Centre Nord, la moyenne pluviométrique varie entre 514,64 mm et 671,31 mm d'eau par an. Pour le Plateau Central, elle est comprise entre 600 mm et 800 mm par an. La mauvaise répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace constitue une contrainte majeure aux productions agricoles. Ces contraintes sont accentuées par les ruissellements qui réduisent l'infiltration de l'eau et augmentent l'érosion. Les températures moyennes varient entre 17 °C enregistrés durant les mois de décembre et janvier et 40 °C durant les mois de mars et avril.

Matériel végétal

La variété Kapèlga de Sorgho a été utilisée pour la conduite de cette étude. Il s'agit d'une variété ayant un cycle semis-maturité de 90-100 jours et dont le rendement potentiel est de 2,8 t/ha.

Fertilisants

Deux types de fertilisants ont été utilisés. La matière organique qui est du compost produit par les producteurs eux-mêmes et les engrais minéraux (le NPK 14-23-14-6S-1B et l'urée (46%)).

Choix des sites et des producteurs

L'étude a été conduite au cours de deux campagnes agricoles 2018 et 2019 dans les régions du Centre Nord et du Plateau Central. Elle a été conduite par 21 producteurs en 2018, et en 2019 par 27 producteurs. La mise en place de cordons pierreux et la disponibilité de la matière organique ont été les critères majeurs pour le choix des producteurs. Par ailleurs, la vulgarisation de nouvelles technologies s'appuie sur des producteurs dynamiques, innovants et favorables aux changements (Defoer, 2000). Les producteurs qui ont abrité les tests de démonstration ont été identifiés grâce à la contribution des agents de vulgarisation.

Dispositif expérimental

Le dispositif est un ensemble de blocs dispersés. Il est constitué de quatre (04) parcelles élémentaires. Chaque parcelle

élémentaire a une superficie de 300 m² (15 m x 20 m). Les parcelles élémentaires sont séparées par une allée de 1 m. Un producteur constitue une répétition. Le système de transfert de technologies décrit par Defoer (2000) a été utilisé. Ainsi, des paquets technologiques combinant le zaï, les engrais minéraux et les variétés améliorées associés aux cordons pierreux ont été développés et ont été comparés avec la pratique du producteur. Toutefois, la pratique du producteur représente sa pratique actuelle de conduite de la culture. Cette pratique est variable d'un producteur à l'autre. Dans la plupart des cas, les producteurs ne réalisent aucun de matière organique ni d'engrais minéraux. Une approche similaire avait été utilisée par Van Asten et al. (2003), où chaque producteur dispose de deux parcelles élémentaires et gère selon sa pratique ; la différence étant la fertilisation. L'objectif est de favoriser l'apprentissage d'une nouvelle technologie au producteur, tout en la comparaison avec sa pratique actuelle. Il s'agit :

- T1 : cordons pierreux + pratique du producteur ;
- T2 : cordons pierreux + zaï ;
- T3 : cordons pierreux + zaï + 50 kg / ha d'urée (apporté selon la technique de la microdose) ;
- T4 : cordons pierreux + zaï + 62,5 kg / ha de NPK et 50 kg / ha d'urée (tous les engrais sont apportés selon la technique de la microdose)

Conduite de la culture

Pour les paquets technologiques, les trous de zaï ont d'abord été creusés suivant des écartements de 80 cm entre les lignes et de 40 cm sur la ligne. Une poignée de matière organique soit environ 300 g a été appliquée par trou de zaï. Le semis du sorgho a été fait dans les trous de zaï à raison de 3 à 4 grains par poquet. Un démariage à 2 plants par poquet a été opéré au premier sarclage. Le NPK a été apporté 15 Jours Après Semis (JAS). L'urée a été apportée en début de montaison (30 – 35 JAS). Deux sarclages ont été réalisés avant l'apport des engrais. La parcelle du producteur a été gérée selon le producteur. Les rendements grains et pailles ont été évalués.

Analyses des données

Les rendements grains et pailles ont été soumis à une analyse de variance à l'aide du logiciel Statistic 10. La séparation des moyennes a été réalisée à l'aide du test de la plus petite différence significative au seuil de 5%. Les boxplots ont permis de mettre en évidence la variabilité des rendements en fonction des producteurs. La méthode d'analyse des écarts de rendement documentée par van Ittersum et al. (2013) a été adaptée. Ainsi, les écarts entre les rendements en fonction des technologies d'intensification et de gestion durable des sols et ceux de la pratique du producteur ont été déterminés. Cette méthode a permis d'apprécier l'écart relatif de production de la pratique actuelle par rapport aux paquets technologiques. Et pour ce faire, la formule suivante a été utilisée pour le calcul des gaps de rendement :

Gap de rendement

$$= \frac{\text{Rendement du traitement technologie} - \text{rendement de la pratique du producteur}}{\text{Rendement du traitement technologie}} \times 100$$

RESULTATS

Caractéristiques pluviométriques des campagnes agricoles 2018 et 2019

Les données pluviométriques montrent que 956,5 mm de pluie ont été enregistrés pour 45 jours de pluie en 2018 dans la région du Centre Nord (Figure 1). Le mois de septembre a été le plus pluvieux avec 306 mm en 12 jours de pluie. En 2019, un cumul pluviométrique de 586,3 mm a été enregistré en 33 jours de pluie. Le mois d'août a été le plus pluvieux avec 219 mm en 11 jours de pluie. Une baisse du cumul annuel de 38,70% a été observée en 2019 par rapport à 2018. Pour les mois de juillet et de septembre, des baisses respectives de la pluviométrie de 64,54% et 57,52% ont été observées entre 2018 et 2019. Cette situation va sans doute avoir une incidence sur la productivité agricole, en affectant particulièrement le développement, la floraison et la fructification du sorgho.

Les données pluviométriques montrent que 881,5mm de pluie ont été enregistrés pour 64 jours de pluie en 2018 dans la région du Plateau Central (Figure 2). Le mois de juillet a été le plus pluvieux avec 240,5 mm en 18 jours de pluie. En 2019, un cumul pluviométrique de

788,2 mm a été enregistré en 54 jours de pluie (Figure 2). Le mois de juillet reste le plus pluvieux avec 241,6 mm en 11 jours de pluie. Une baisse du cumul annuel de 10,58% a été observée en 2019 par rapport à 2018. Une baisse de la pluviométrie de 52,34% a été observée en septembre entre 2018 et 2019. Cette situation va sans doute avoir une incidence sur la productivité agricole, car il s'agit de la période de floraison et de fructification du sorgho.

Variabilité du rendement grains en fonction des producteurs

Les résultats ont montré qu'en 2018, la réponse du sorgho grain au niveau des différentes technologies a varié d'un producteur à un autre (Figure 3). En effet, pour la pratique du producteur sous cordons pierreux, les rendements ont varié de 130 kg/ha à 2166,7 kg/ha. Pour la technologie cordons pierreux + zaï, les rendements grains ont varié de 173,3 kg/ha à 1640 kg/ha en fonction des producteurs. Enfin, ils ont varié respectivement de 151,7 kg/ha à 2100 kg et de 225 kg/ha à 2500 kg/ha pour les technologies cordons pierreux + zaï + urée et Cordons pierreux + zaï + NPK + urée.

En 2019, une forte variabilité du rendement grains a été observée en fonction des producteurs (Figure 4). Pour la pratique du producteur sous cordons pierreux, les rendements ont varié de 86,67 kg/ha à 1600 kg/ha. Avec l'option technologique cordons pierreux + zaï, le rendement grain a varié entre 116,7 kg/ha et 1700 kg/ha. Quant à l'option technologique cordons pierreux + zaï + urée, il a engendré une variation de rendement grain de 166,7 kg/ha à 1833,3 kg/ha. Enfin, les rendements grains ont varié entre 236,7 kg/ha à 2500 kg/ha avec l'option technologique cordons pierreux + zaï + NPK + urée.

Variabilité du rendement paille en fonction des producteurs

La Figure 5 présente la variabilité du rendement paille selon les producteurs en 2018. Les résultats ont montré que pour les cordons pierreux + pratique du producteur, les rendements paille ont varié de 483,3 kg/ha à 4200 kg/ha. L'option technologique cordons pierreux + zaï a enregistré des rendements

paille variant entre 686,7 kg/ha et 5066,7 kg/ha. Quant à l'option technologique cordons pierreux + zaï + urée, les rendements paille observés ont varié entre 566,7 kg/ha et 5800 kg/ha. Enfin, des rendements paille de 758,3 kg/ha à 7950 kg/ha ont été observés sur les parcelles aménagées en cordons pierreux + zaï + NPK + urée.

En 2019, les résultats ont également montré une variabilité du rendement paille en fonction des options technologiques et au sein des producteurs testeurs d'un paquet technologique donné (Figure 6). Pour la pratique du producteur sous cordons pierreux, les rendements paille ont varié entre 259,7kg/ha et 4583,3 kg/ha. La technologie cordons pierreux + zaï a enregistré des rendements variant entre 222,3 kg/ha et 5833,3 kg/ha. Enfin, les rendements paille ont varié respectivement de 373,3 kg/ha à 5766,7 kg et de 516,7 kg/ha à 6000 kg/ha pour les options technologiques cordons pierreux + zaï + urée et cordons pierreux + zaï + NPK + urée.

Effet des technologies sur le rendement grains du sorgho

Les résultats ont montré qu'en 2018, les options technologiques ont induit des différences significatives de rendements. En effet, les meilleurs rendements ont été obtenus avec la technologie composée de Zaï + NPK + urée avec un rendement grains 1428,70 kg/ha. Elle est suivie de la technologie Zaï + urée (1063,10 kg/ha). Ces options technologiques diffèrent significativement entre elles et diffèrent aussi des autres traitements. Aucune différence significative n'a été révélée entre le zaï et la pratique du producteur. Toutes les options technologiques ont entraîné une augmentation du rendement grains par rapport à la pratique du producteur (Tableau 1). En effet, avec leur pratique actuelle, les producteurs ont un gap de rendement grains respectivement de 5,66%, 25,35% et 44,45% par rapport aux technologies zaï, zaï + urée et zaï + NPK + urée (Tableau 2).

En 2019, les rendements varient de 535,20 kg/ha avec la pratique du producteur à 1158,40 avec le paquet technologique zaï +

NPK + urée (Tableau 1). La plus forte production en grains a été obtenue sur les parcelles aménagées en zaï + NPK + urée avec 1158,40 kg / ha. Ce traitement était statistiquement différent des autres traitements. Par ailleurs, les technologies zaï + urée (870,90 kg/ha) et zaï (715 kg/ha) étaient aussi significativement différentes de la pratique du producteur. Les gaps de rendement grain entre la pratique du producteur et les différentes technologies ont été plus élevés en 2019 par rapport à 2018. Ils ont été respectivement de 25,15%, 38,55% et 53,80% par rapport aux technologies zaï, zaï + urée et zaï + NPK + urée (Tableau 2).

Effet des technologies sur le rendement paille du sorgho

Les résultats ont montré qu'en 2018, le rendement paille, le plus élevé a été observé avec le paquet technologique zaï + NPK + urée avec 3729,90 kg/ha. Cette technologie est suivie par zaï + urée (3054,90 kg/ha). Le plus faible rendement paille a été observé avec la pratique du producteur (2173,50 kg/ha). La séparation des moyennes a montré que tous les paquets technologiques étaient statistiquement différents entre eux et avec la pratique du producteur (Tableau 3). Par rapport aux différents paquets technologiques, la pratique du producteur a enregistré un gap de rendement de rendement paille variant entre 16,65% pour la technologie zaï à 41,73% pour la technologie zaï + NPK + urée (Tableau 4).

En 2019, les plus forts rendements paille ont été obtenus avec les technologies zaï + NPK + urée (3118,20 kg/ha) et zaï + urée avec 2617,60 kg/ha (Tableau 3). Ces deux technologies diffèrent des autres, mais également entre elles. Le plus faible rendement paille a été obtenu avec la pratique du producteur (1901,30 kg/ha), qui ne diffère pas de la technologie zaï. Les gaps de rendement paille engendrés par la pratique du producteur par rapport aux technologies ont été de 39,03% par la technologie zaï + NPK + urée, 27,36% pour la technologie zaï + urée et de 14,63% pour le zaï (Tableau 4).

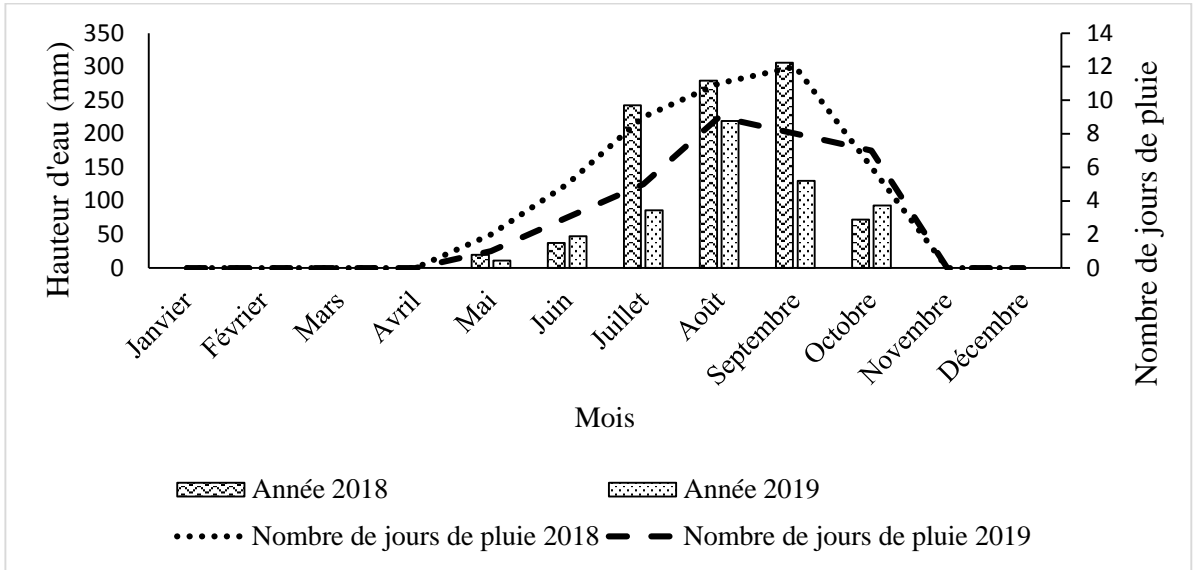


Figure 1 : Pluviométrie mensuelle et nombre de jours de pluie dans la région du Centre Nord (Kaya).
 Source : Direction Régionale de l’Agriculture et des Aménagements Hydro agricoles du Centre Nord.

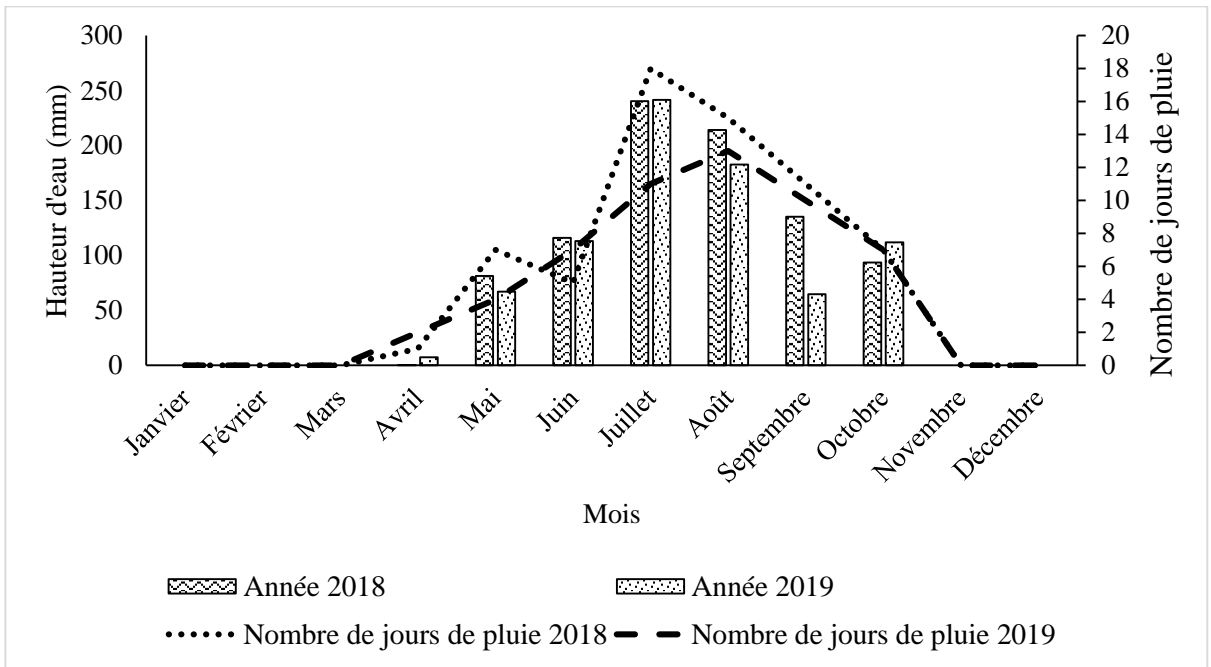
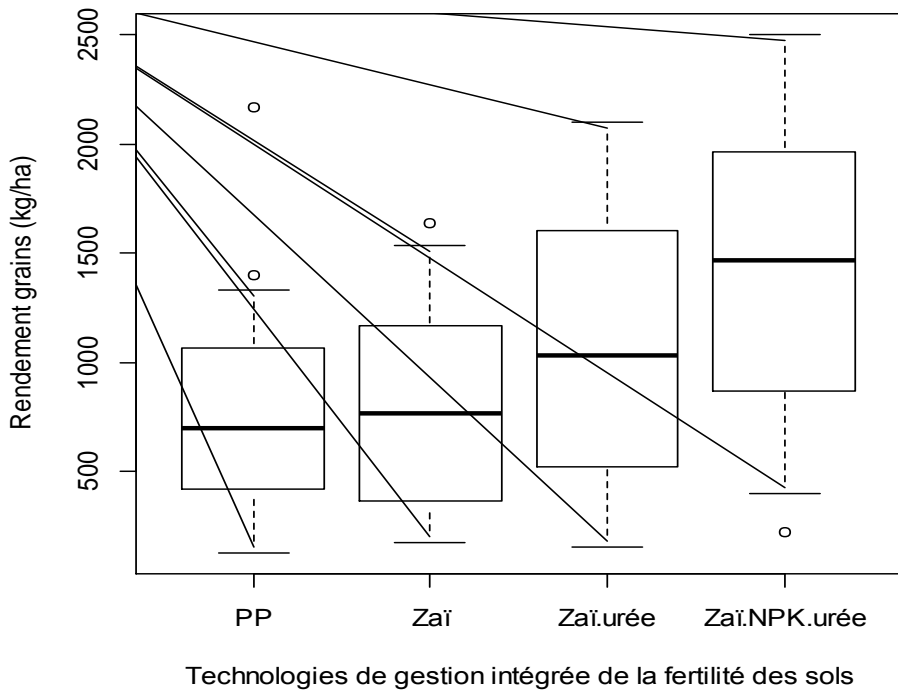
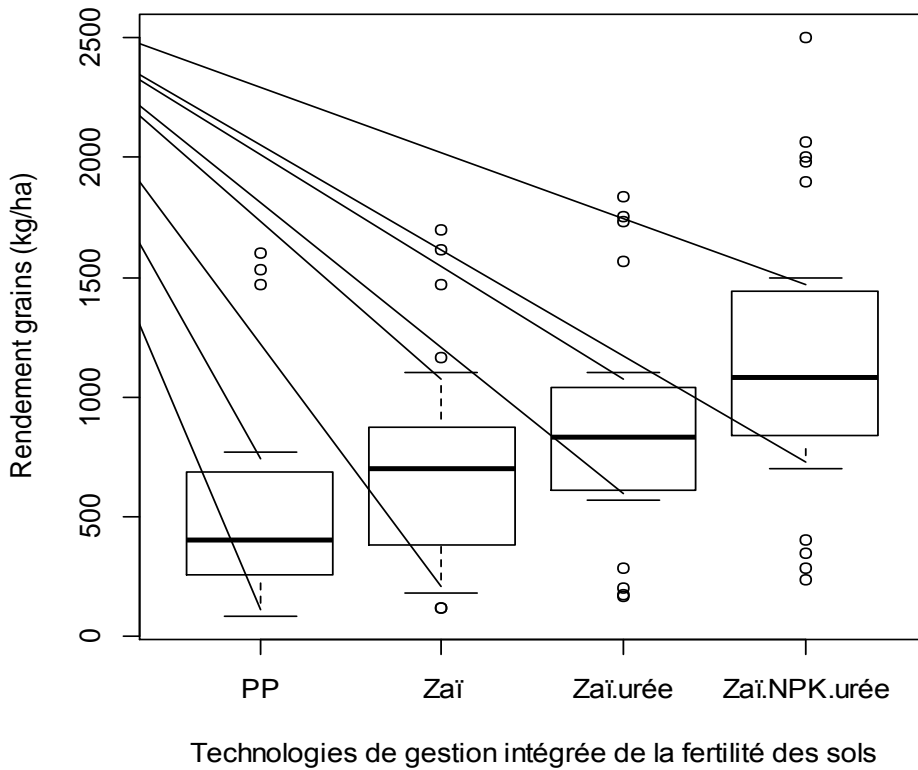


Figure 2 : Pluviométrie mensuelle et nombre de jours de pluie dans la région du Plateau Central (Ziniaré).
 Source : Direction Régionale de l’Agriculture et des Aménagements Hydro agricoles du Plateau Central.



PP : Pratique du producteur, tous les traitements sont sous cordons pierreux.
Figure 3 : Variabilité du rendement grains du sorgho en 2018.



PP : Pratique du producteur, tous les traitements sont sous cordons pierreux.
Figure 4 : Variabilité du rendement grains du sorgho en 2019.

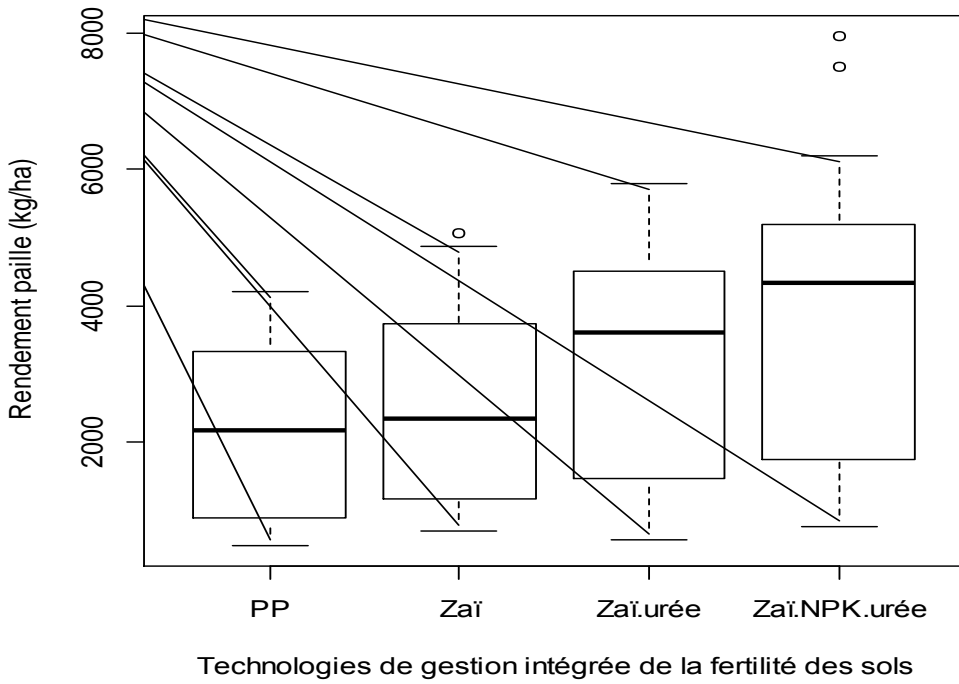


Figure 5 : Variabilité du rendement paille du sorgho en 2018.

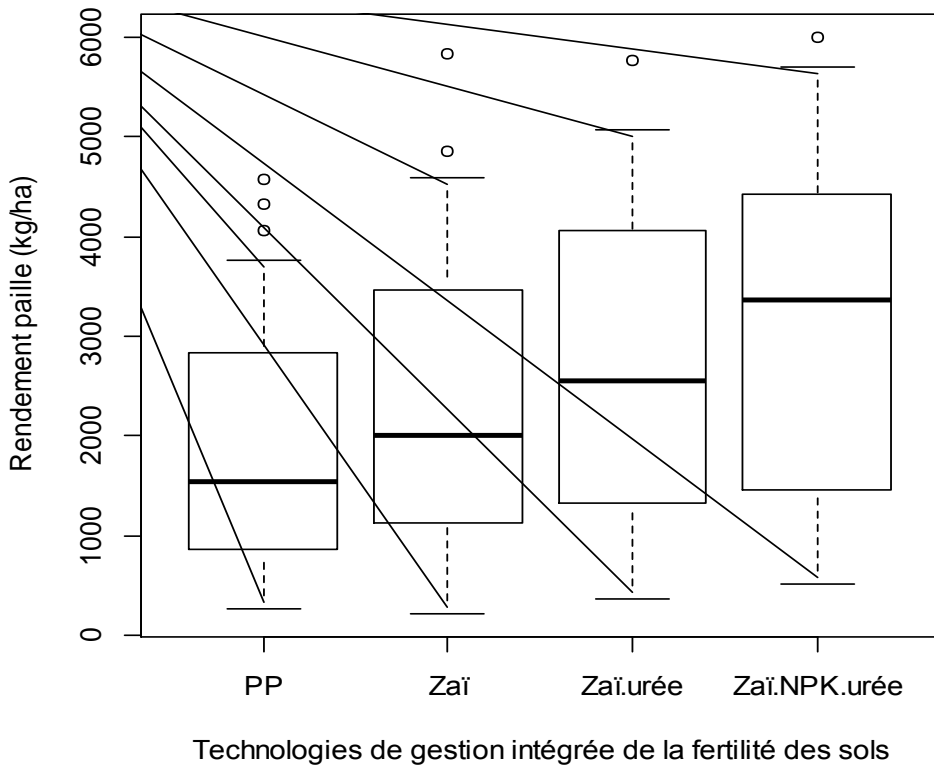


Figure 6 : Variabilité du rendement grains du sorgho en 2019.

Tableau 1 : Effet des technologies sur le rendement grains du sorgho.

Traitements	Rendement grain (kg/ha)	
	2018	2019
Cordons pierreux + pratique du producteur	793,60±100,53 ^c	535,20±63,75 ^d
Cordons pierreux + Zaï	841,20±100,53 ^c	715±63,75 ^c
Cordons pierreux + Zaï + urée	1063,10±100,53 ^b	870,90±63,75 ^b
Cordons pierreux + Zaï + NPK + urée	1428,70±100,53 ^a	1158,40±63,75 ^a
Probabilité	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS

± : Erreur standard de différence de 2 moyennes ; THS : Très Hautement Significative

Tableau 2 : GAP des rendements grains.

Technologies	GAP de rendement (%)	
	2018	2019
Cordons pierreux + Zaï	5,66	25,15
Cordons pierreux + Zaï + urée	25,35	38,55
Cordons pierreux + Zaï + NPK + urée	44,45	53,80

Tableau 3 : Effet des technologies sur le rendement paille du sorgho.

Traitements	Rendement paille (kg/ha)	
	2018	2019
Cordons pierreux + pratique du producteur	2173,50±175,7 ^d	1901,30±175,7 ^c
Cordons pierreux + Zaï	2607,60±175,7 ^c	2227±175,7 ^c
Cordons pierreux + Zaï + urée	3054,90±175,7 ^b	2617,60±175,7 ^b
Cordons pierreux + Zaï + NPK + urée	3729,90±175,7 ^a	3118,20±175,7 ^a
Probabilité	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS

± : Erreur standard de différence de 2 moyennes ; THS : Très Hautement Significative

Tableau 4 : GAP des rendements paille.

Technologies	GAP de rendement (%)	
	2018	2019
Cordons pierreux + Zaï	16,65	14,63
Cordons pierreux + Zaï + urée	28,85	27,36
Cordons pierreux + Zaï + NPK + urée	41,73	39,03

DISCUSSION

Les résultats ont montré que la productivité a été plus faible en 2019 par rapport à 2018, quel que soit le traitement. Ce résultat s'explique par la faible pluviométrie couplée aux poches de sécheresse observée en 2019. En effet, en 2019, une pluviométrie de 788,2 mm a été observée en 54 jours de pluie contre 881,5 mm en 64 jours de pluie en 2018 dans la région du Plateau Central. Les mêmes constats ont été faits dans la région du Centre Nord avec une pluviométrie de 586,3 mm observée en 33 jours de pluie contre 956,5 mm en 45 jours de pluie en 2018. Dans cette région, la pluviométrie a connu une baisse de 64,54% et de 57,52% respectivement en juillet et en septembre 2019 par rapport aux mêmes mois en 2018. Ce résultat montre clairement que l'agriculture pluviale est sujette aux variations climatiques et confirme que les observations de Sultan et al. (2015), selon lesquelles, les faibles moyens de l'agriculture pluviale pour anticiper et enrayer les effets des fluctuations climatiques s'illustrent par une corrélation forte entre la productivité et la pluviométrie. Ainsi, les déficits hydriques pendant les phases critiques notamment la floraison réduisent considérablement les rendements.

Une variabilité importante des rendements selon les producteurs a été observée. Ces résultats corroborent ceux de Nana (2016) qui avait observé une forte variabilité du rendement du maïs et du sorgho entre les producteurs. De faibles niveaux de rendement ont été observés avec la pratique du producteur. Ils pourraient s'expliquer par la faible fertilité des sols. Ces résultats corroborent ceux de Ouattara et al. (2006), Sawadogo et al. (2008), Koulibaly et al. (2010), Ouédraogo et al. (2014) et Ouattara et al. (2018) qui avaient montré que les rendements étaient faibles sans apport de fertilisants. Par ailleurs, la technologie zaï a donné des rendements significativement supérieurs à la pratique du producteur en 2019, mais pas en 2018. Ce résultat s'explique sans doute par une réduction de l'effet de l'irrégularité des pluies observée en 2019. En effet, le poquet de zaï permet la collecte et la valorisation des eaux de ruissellement (Zougmore et al., 2014 ; Shaxson et Roose, 2017). Fatondji et al. (2009) et Coulibaly (2015) ont également observé une

amélioration de l'humidité du sol grâce à la technique du zaï.

La microdose d'engrais minéraux dans les poquets de zaï a entraîné une amélioration des rendements grains et paille du sorgho. Ces résultats corroborent ceux de Saba et al. (2017), Somda et al. (2017) et de Ouattara et al. (2018) qui ont obtenu des résultats similaires en utilisant la dose de 2g de NPK par poquet sur le sorgho. Cela s'expliquerait d'une part, par l'amélioration de la nutrition hydrique des cultures grâce à une amélioration de l'humidité du sol (Fatondji et al., 2009 ; Liniger et al., 2011 ; Zougmore et al., 2014 ; Coulibaly, 2015 ; Shaxson et Roose, 2017) ; et, d'autre part, par une meilleure nutrition minérale grâce aux nutriments apportés par les engrais (Tabo et al., 2009 ; Ouattara et al., 2018 ; Sawadogo et al., 2020). Plusieurs études avaient montré l'impact de la microdose dans l'amélioration des rendements (Woittiez et al., 2015 ; Saba et al., 2017 ; Sissoko et al., 2018 ; Demisie, 2018 ; Tovihoudji, 2018). Aussi, des résultats de plusieurs auteurs rapportés par Aune et al. (2017) ont-ils montré l'effet positif de la microdose sur le rendement du mil et du sorgho. Sissoko et Lebailly (2019) avaient également montré que des variables comme le microdosage d'engrais, les variétés améliorées, la fumure organique, les techniques de conservation des eaux et du sol étaient des déterminants positifs dans la production du mil et du sorgho.

Les gaps de rendements entre les technologies proposées et la pratique du producteur ont été plus élevés en 2019 (25,15% à 53,80%) par rapport à 2018 (5,66% à 44,45). Ces résultats confirment la corrélation entre la productivité agricole et la pluviométrie dans les régions du sahel. Par ailleurs, ils permettent de mettre en évidence l'importance du zaï en année de mauvaise pluviométrie ; ainsi que celle de la fertilisation minérale. Une adoption de ces paquets technologiques permettra aux producteurs de doubler leurs productions. Ces résultats suggèrent donc que les projets et programmes de la zone d'étude mettent l'accent sur la diffusion de ces technologies.

Conclusion

Les résultats ont montré que sur les sites aménagés en cordons pierreux, la combinaison

cordons pierreux + zaï + la microdose de NPK et d'urée permettait d'augmenter le rendement grains et paille du sorgho par rapport à la pratique actuelle des producteurs sous cordons pierreux. Ainsi, les gaps de rendements grains entre cette technologie et la pratique du producteur ont été de 44,45% en 2018 et 53,80% en 2019. Ces résultats montrent clairement que dans le contexte de la variabilité et de changements climatiques, la collecte et la valorisation de l'eau à la parcelle associée à la microdose représentent une opportunité d'intensification de la productivité agricole dans les zones Soudanienne et Sahélienne.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

JO et IS ont élaboré le protocole de l'expérimentation qui a été lu et validé par MBP, SBS, KO et FL. JO, IS et MBP ont procédé à l'analyse des données. L'article a été rédigé par JO. Tous les auteurs ont lu le manuscrit.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été conduite à grâce à la contribution financière du Projet d'Amélioration de la Productivité Agricole par la Conservation des Eaux et des Sols (PACES). Nos remerciements M. OUEDRAOGO Moctar et M. COULIBALY Dofinita et à l'ensemble des agents du ministère en charge de l'agriculture qui ont contribué à la collecte de données.

REFERENCES

Aune JB, Coulibaly A, Giller KE. 2017. Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, **37**(16): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0424-z>.

Bayen P, Traoré S, Bognounou F, Kaiser D, Thiombiano A. 2011. Effet du zaï amélioré sur la productivité du sorgho en zone sahélienne. *Vertigo*, **11**(3): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.11497>.

Bougma LA, Ouédraogo MH, Sawadogo N, Sawadogo M, Balma D, Vernooy R. 2018. Perceptions paysannes de l'impact du changement climatique sur le mil dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, **14**(4): 264 - 275.

Defoer T. 2000. Moving methodologies: Learning about integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands, p. 189.

Demisie W. 2018. Fertilizer microdosing technology in sorghum, millet and maize production at small-scale level in Africa: a review. *Int. J. Adv. Sci. Res. Dev.*, **05**(04): 39-49. DOI: <https://doi.org/10.26836/ijasrd/2018/v5/i4/50407>.

Doumbia S, Dembélé SG, Sissoko F, Samaké O, Sousa F, Cicek H, Adamtey N, Fliessbach A. 2020. Evaluation de la fertilité des sols et les rendements de cotonnier, maïs et sorgho à *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(7): 2583-2598. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.17>

Fatondji D, Bationo A, Tabo R, Jones JW, Adamou A, Hassane O. 2009. Water use and yield of millet under the zai system: understanding the processes using simulation. In *Increasing the Productivity and Sustainability of Rainfed Cropping Systems of Poor Smallholder Farmers*, Humphreys E, Bayot RS (Eds). Proceedings of the CGIAR Challenge Program on Water And Food International Workshop on Rainfed Cropping Systems, Tamale, Ghana, 22-25 September 2008. The CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo, Sri Lanka; 125-146.

Katengeza SP, Holdena ST, Fisher M. 2019. Use of Integrated Soil Fertility Management Technologies in Malawi: Impact of Dry Spells Exposure. *Ecol. Econ.*, **156**: 134-152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.018>.

Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D, Zombré PN, Bondé D. 2010. Effet de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et

- les bilans culturaux d'une rotation coton-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, **28**(3): 184-189. URL: <http://www.tropicultura.org/text/v28n3/184.pdf>
- Liniger HP, Studer RM, Hauert C, Gurtner M. 2011. *Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa*. TerrAfrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy.
- Nana G. 2016. Analyse de la variabilité spatiale des rendements du maïs (*Zea mays* L.) et du sorgho [*sorghum bicolor* (L.) moench] dans la province du Tuy, Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option : Agronomie. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, p. 69.
- Nelson GC, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, Zhu T, Ringler C, Msangi S, Palazzo A, Batka M, Magalhaes M, Valmonte-Santos R, Ewing M, Lee D. 2009. *Changement Climatique : Impact sur l'Agriculture et Coûts de l'Adaptation*. Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires IFPRI : Washington D.C.
- Ouattara B, Ouattara K, Serpentié G, Mando A, Sédogo MP, Bationo A. 2006. Intensity cultivation induced effects on soil organic carbon dynamic in the western cotton area of Burkina Faso. *Nutr Cycl Agroecosyst*, **76**: 331-339. DOI : 10.1007/s10705-006-9023-0
- Ouattara B, Somda BB, Sermé I, Traoré A, Peak D, Lompo F, Taonda SJB, Sedogo M.P, Bationo A. 2018. Improving Agronomic Efficiency of Mineral Fertilizers through Microdose on Sorghum in the Sub-arid Zone of Burkina Faso. In *Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems* (Volume 1), Bationo A, Ngaradoum D, Youl S, Lompo F, Fening JO (Eds). Springer ; 241-252.
- Ouédraogo J, Ouédraogo E, Nacro HB. 2014. Effet de l'interaction entre des modes de gestion de fertilité et la macrofaune sur la productivité du niébé et du sorgho en zone nord soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(1): 104-114. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.10>
- Roose E, Arabi M, Bourougaa A, Hamoudi A, Morsli B, Mededjel N, Mazour M, Brahamia K. 2017. Chapitre 33. La lutte antiérosive, la GCES et la restauration de la productivité de sols dans les montagnes du nord de l'Algérie. In *Restauration de la Productivité des Sols Tropicaux et Méditerranéens : Contribution à l'Agroécologie*, Roose E (Ed). IRD Éditions ; 429-446.
- Saba F, Taonda SJB, Sermé I, Bandaogo AA, Sourwema AP, Kabré A. 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. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.12>
- Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré NP. 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **12** (3) : 279-290. URL: <https://popups.uliege.be:443/1780-4507/index.php?id=2573>.
- Sawadogo J, Coulibaly PJA, Valea WC, Legma JB. 2020. Sustainable soil management for improving sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] production in West Africa, Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(7): 2373-2382. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.1>
- Shaxson TF, Roose E. 2017. Chapitre 4 : Une perspective écologique sur la restauration des sols dégradés. In *Restauration de la Productivité des Sols Tropicaux et Méditerranéens : Contribution à l'Agroécologie*, Roose E (Ed). IRD Éditions ; 65-74.
- Sissoko P, Berti F, Gry S, Lebailly P. 2018. Effets de l'adoption de la technique du microdosage d'engrais sur la disponibilité et l'accessibilité céréalière des

- exploitations agricoles à base de mil et de sorgho au Mali. *Agron. Afr.* **30** (2) : 193 – 204.
- Sissoko P, Lebailly P. 2019. Les déterminants des rendements du mil et du sorgho avec la technique du microdosage d'engrais. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, **7** (2): 213-222.
- Somda BB, Ouattara B, Serme I, Pouya MB, Lompo F, Taonda SJB, Sedogo PM. 2017. Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2) : 670-683. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.11>
- Sultan B, Roudier P, Traoré S. 2015. Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest. In *Les Sociétés Rurales Face aux Changements Climatiques et Environnementaux en Afrique de l'Ouest*, Sultan B, Lalou R, Sanni AM, Oumarou A, Soumaré MA (Eds). Marseille, IRD ; 209-225.
- Tabo R, Bationo A, Hassane O, Amadou B, Fosu M, Sawadogo-Kabore S, Fatondji D, Ouattara K, Abdou A, Koala S. 2009. Fertilizer microdosing for the prosperity of resource poor farmers: a success story. In *Increasing the Productivity and Sustainability of Rainfed Cropping Systems of Poor Smallholder Farmers*, Humphreys E, Bayot RS (Eds). Proceedings of the CGIAR Challenge Program on Water And Food International Workshop on Rainfed Cropping Systems, Tamale, Ghana, 22-25 September 2008. The CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo, Sri Lanka; 269-277.
- Tall MB. 2015. Zaï+fertilisant organique : Quel effet sur le niébé et le sol en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso? Master 2 : interactions microorganismes, hôtes, environnements. Université de Montpellier, Facultés de Sciences de Montpellier, UMR Eco&Sols, Écologie fonctionnelle et bio-géochimie des sols et agro-écosystèmes, Montpellier, p. 36.
- Tovihoudji GP. 2018. Improving maize productivity in northern Benin through localized placement of amendments and fertilizers. Thèse en cotutelle présentée en vue de l'obtention du grade de : Docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de l'UCL et Docteur en Sciences Agronomiques de l'UAC, p. 201.
- Van Asten PJA, Wopereis MCS, Haefele S, Ould Isselmou M, Kropff MJ. 2003. Explaining yield gaps on farmer-identified degraded and non-degraded soils in a Sahelian irrigated rice scheme. *Neth. J. Agric. Sci.*, **50** (3-4) : 277-296. DOI : [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(03\)80013-1](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(03)80013-1).
- Van Ittersum MK, Cassman KG, Grassini P, Wolf J, Tittonell P, Hochmand Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Res.*, **143** : 4–17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>.
- Vanlauwe B, Bationo A, Chianu J, Giller KE, Merckx R, Mkwunye U, Ohiokpehai O, Pypers P, Tabo R, Shepherd KD, Smaling EMA, Woomer PL, Sanginga N. 2010. Integrated soil fertility management: Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook Agric.*, **39**(1): 17–24. DOI: <https://doi.org/10.5367/000000010791169998>.
- Woittiez L, Descheemaeker K, Ken GE. 2015. Adoptability of sustainable intensification technologies in dryland smallholder farming systems of West Africa. Research Report no. 64. Patancheru 502 324. Telangana, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Zougmore R, Jalloh A, Tioro A. 2014. Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: a review of evidence and analysis of stone bunds and zaï techniques. *Agric. & Food Secur.* **3**(16) : 1-8. DOI : <https://doi.org/10.1186/2048-7010-3-16>.