



Original Paper

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

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

Pratiques paysannes de fertilisation du maïs et rotations culturales dans les exploitations à l'Ouest du Burkina Faso : quels effets sur les propriétés chimiques du sol et les rendements?

Eric OUEDRAOGO^{1*}, Mathias Bouinzenwendé POUYA², Zacharia GNANKAMBARY²
et Hassan Bismarck NACRO¹

¹ Université Nazi Boni/ Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol (LERF); 01 BP: 1091
Bobo-Dioulasso 01, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

² Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique/ Institut de l'Environnement et de Recherches
Agricoles/ Laboratoire Ressources Naturelles et Innovations Agricoles (LaReNIA); 01 BP: 476 Ouagadougou
01, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Auteur correspondant; E-mail: ouederic@yahoo.fr; Tel.: 0022670429895.

Received: 26-01-2023

Accepted: 24-04-2023

Published: 30-04-2023

RESUME

Dans les exploitations agricoles productrices de maïs à l'Ouest du Burkina Faso, les pratiques paysannes de fertilisation ne contribuent pas à une productivité durable des sols et des cultures. L'étude conduite en 2020 avait pour objectif, de déterminer les effets de ces pratiques de fertilisation et des rotations culturales sur les paramètres chimiques des sols et les rendements du maïs. Elle a été réalisée à travers le suivi de 50 champs paysans. Sept régimes de fertilisation du maïs ont été identifiés et cinq régimes étaient pratiqués dans les champs de brousses. L'Analyse des Correspondances Multiples a montré que les rendements étaient liés à ces régimes. Le rapport C/N du sol dans les champs de case et champs de village ainsi que le rendement paille des champs de brousse ont augmenté avec les rotations culturales. Les relations entre les régimes de fertilisation, les rotations culturales, les caractéristiques chimiques des sols et le rendement du maïs, étaient fonction du type de champ. Les pratiques d'une gestion durable de la fertilité des sols et le respect des doses recommandées de fumures organiques (5 t/ha tous les deux ans) et minérales (150 à 200 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée) sont à promouvoir.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Régimes de fertilisation, fertilité chimique, types de champs, maïs.

Farmers' maize fertilization practices and crop rotations in western Burkina Faso farming systems: what effects on soil chemical properties and yields?

ABSTRACT

In the western Burkina Faso cropping zone, farmers fertilization practices are inappropriate to sustainable soil and crop productivity. The study, conducted in 2020, aimed to determine fertilization practices and crop rotations effects on soil chemical parameters and maize yields. It was carried out through the monitoring of 50 peasant fields. Seven maize fertilization regimes were identified and five regimes were practiced in bush fields. Results from Multiple Correspondence Analysis showed that yields were related to these regimes. C/N ratio in

the home fields and village fields as well as the straw yield in bush fields were increased under crop rotations. The relationships between fertilization regimes, crop rotations, soil chemical characteristics and maize yield were a function of field type. The practices of sustainable management of soil fertility and compliance with the recommended rates of organic manure (5 t/ha every two years) and mineral fertilizer (150 to 200 kg/ha of NPK and 100 kg/ha of urea) should be promoted.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Fertilization regimes, chemical fertility, field types, maize.

INTRODUCTION

La dégradation des sols s'est accélérée ces dernières décennies dans le monde, en général, et au Burkina Faso en particulier (MAAH, 2018). Cette dégradation rapide est plus liée aux activités anthropiques notamment aux mauvaises pratiques agricoles (Sanou et al., 2018 ; Bouzelha, 2020 ; Ayub et al., 2020). Ces pratiques de gestion affectent négativement la santé du sol à travers l'épuisement de la matière organique et des autres éléments nutritifs ainsi que la baisse de la productivité des cultures (Guébré et al., 2020). Il faut noter également la pauvreté originelle des sols du Burkina Faso en éléments nutritifs, notamment en phosphore et en matière organique, aggravée par leur mise en culture depuis de nombreuses années, sans une véritable stratégie de maintien ou d'amélioration de la fertilité par des amendements organiques (Bado et Bationo, 2018 ; Traoré et al., 2020). Malgré ces multiples contraintes, plusieurs options de gestion de la fertilité des sols basées sur les rotations culturales (Naitormbaide et al., 2010 ; Koulibaly et al., 2016 ; Ouandago et al., 2022), l'introduction des légumineuses dans les rotations, la gestion des résidus de cultures (Abdou et al., 2016 ; Koulibaly et al., 2017), l'utilisation combinée des engrais et de la fumure organique (Koulibaly et al., 2015), ont montré leur efficacité dans l'amélioration de la productivité des cultures et des sols. Malgré l'importance de l'apport des engrais minéraux et de la fumure organique sur la durabilité de la production agricole, la plupart des paysans n'apportent guère ou appliquent parfois des doses très faibles par rapport aux recommandations. Avec de tels niveaux de fertilisation, les teneurs en éléments minéraux et les autres paramètres chimiques ne peuvent que diminuer au fil des années conduisant ainsi à une baisse de la fertilité des sols, une production non durable et une faible rentabilité économique (Koussoubé et Nauges, 2017;

Traoré et al., 2020). C'est ainsi que, sur la base de leurs expériences et/ou avec l'appui des partenaires techniques, les paysans ont développé leurs propres pratiques de gestion de la fertilité des sols. Ces pratiques de fertilisation qui consistent à apporter de faibles doses de fumures organiques et minérales ou parfois le fractionnement du NPK et l'apport de l'urée en une seule fraction sont le plus souvent en relation avec leurs conditions socio-économiques, ce qui limite d'avantage les capacités productives des sols et des cultures (Yabi et al., 2016 ; Kohio et al., 2017 ; Bacye et al., 2019). Dans ce contexte, les effets de ces pratiques sur les propriétés chimiques des sols et les rendements du maïs demeure un défi majeur à relever dans la zone Ouest du Burkina Faso.

La présente étude s'inscrit dans une perspective de recherche afin de contribuer à une gestion durable des sols dans les exploitations maïsicoles au Burkina Faso. A cet effet, nous formulons l'hypothèse que les pratiques paysannes actuelles de fertilisation du maïs affectent la productivité des sols et des cultures. L'objectif de l'étude était de déterminer les effets des pratiques de fertilisation et des rotations culturales sur les paramètres chimiques des sols et les rendements du maïs.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Sites de l'étude

L'étude a été conduite en 2020 dans quatre (04) villages, dont deux situés dans la région de la Boucle du Mouhoun (Dio : 12° 20' 03" N, 3° 51' 47" W et Ouroubonon : 11° 42' 0" N, 2° 56' 0" W) et deux autres dans les Hauts Bassins (Wally : 12° 42' 20" N, 4° 24' 01" E) et Sangoulema : 11° 23' 25" N, 4° 29' 52" W).

Le village de Sangoulema appartient à la zone climatique soudanienne (isohyètes 900

et 1100 mm), tandis que les villages de Dio, Ouroubonon et Waly sont situés dans la zone climatique soudano-sahélienne (isohyètes 600 et 900 mm) (Fontès et Guinko, 1995). Dans la zone d'étude, le climat est caractérisé par une saison sèche de 6 à 8 mois, et une saison pluvieuse de 4 à 6 mois. Les sols dominants qui sont rencontrés dans ces villages sont les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols bruns eutrophes, les sols hydromorphes à pseudo Gley de surface et les lithosols sur cuirasse (BUNASOLS, 2002 ; BUNASOLS, 2006). Les systèmes de culture sont caractérisés par des rotations coton-maïs, coton-sorgho et par l'agroforesterie (Ouedraogo et Thiombiano, 2017). Le choix des sites s'est basé sur l'importance de la production du maïs dans les deux régions.

Choix des exploitations, des pratiques de fertilisation et des rotations culturales

Le choix des exploitations a été fait de manière participative avec les producteurs, les responsables des groupements de producteurs, et les présidents des conseils villageois de développement. Ainsi, cinquante (50) exploitations représentatives ont été retenues en fonction du type de champ, et réparties comme suit : 07 champs de case qui sont des champs contigus aux concessions, recensés dans les villages de Wally et Dio, 12 champs de village (champs intermédiaires situés aux alentours du village, recensés dans les villages de Wally, Dio et Ouroubonon) et 31 champs de brousse (champs éloignés du village, répertoriés dans les quatre villages).

Les différentes fertilisations et rotations culturales pratiquées dans les exploitations productrices de maïs ont été préalablement déterminées au cours de la campagne agricole 2020/2021. Elles ont porté essentiellement sur les doses de fumure organique et d'engrais minéraux apportées par les producteurs, ainsi que les précédents culturaux par type de champ. Ces pratiques de fertilisation ont été déterminées en faisant un regroupement par classe des doses de fumures et des moyennes des différents types de champs selon la méthode d'analyse "Functions for Classification" (Pouya et al., 2013). Cette méthode a permis d'obtenir des classes de

régimes de fertilisation homogènes, exprimées par les doses moyennes appliquées dans les différents types de champ. Le Tableau 1 présente les différentes fertilisations et rotations culturales identifiées au cours de la campagne agricole 2020/2021.

Matériel végétal

Les variétés de maïs cultivées par les paysans dans les exploitations étudiées de la zone Ouest du Burkina Faso sont Barka, SR21 et Komsaya. Selon le catalogue variétal (CEDEAO, 2016), Barka est une variété de maïs composite, de couleur blanche, de cycle extra précoce (84 jours) avec un rendement potentiel en grain de 5,5 t/ha. SR21 est une variété de maïs composite, de couleur blanche, de cycle intermédiaire (95 jours) avec un rendement potentiel en grain de 5,1 t/ha (CEDEAO, 2016). Komsaya est une variété de maïs hybride, de couleur jaune, de cycle précoce (93 jours) avec un rendement potentiel en grain de 8 à 9,5 t/ha (CEDEAO, 2016).

Fumures organique et minérale utilisées

Les composts appliqués ont été produits par les paysans à partir de résidus de récolte mélangés aux déchets domestiques et déjections animales. Les caractéristiques chimiques moyennes de ces composts par type de champs sont consignées dans le Tableau 2. Les composts murs sont destinés aux champs de village et de brousse.

Les engrais minéraux considérés sont l'engrais coton NPK+S+B de formule 14-18-18-6S+1B et l'urée (46% N) appliqués par les producteurs pour la fertilisation du maïs.

Méthodes

Collecte des données

Mesure des paramètres agronomiques

Dans chaque exploitation de maïs, trois placettes de 1,5 m² ont été placées suivant la pente globale du champ. A la récolte, le rendement grain, le rendement paille et le poids de 1000 grains du maïs ont été évalués. Le rendement maïs grain a été déterminé après séchage des grains jusqu'à poids constant. Les valeurs obtenues des poids de grains par placette ont été converties en tonne par hectare (t/ha) en utilisant la formule suivante :

Rendement grain(t/ha)

$$= \frac{\text{Poids grain(t)}}{\text{Superficie récoltée(ha)}}$$

Le rendement paille a été déterminé après séchage au soleil de la biomasse jusqu'à poids constant. Les valeurs obtenues des rendements de la paille ont été également converties en tonne par hectare (t/ha) par la formule suivante :

Rendement paille(t/ha)

$$= \frac{\text{Poids paille(t)}}{\text{Superficie récoltée(ha)}}$$

Un rendement moyen en grain et paille a été obtenu par champ en calculant la moyenne des trois placettes. Le poids de 1000 grains exprimé en gramme (g) a été obtenu par comptage à l'aide d'un compteur automatique de marque tripette & renaud puis déterminé à l'aide d'une balance de précision.

Mesure des paramètres chimiques du sol

Des échantillons de sols ont été prélevés par type de champ (Case, Village, et Brousse) avant la mise en place des cultures et à la récolte, à une profondeur de 0-20 cm à l'aide d'une tarière. A la récolte, les échantillons de sols ont été prélevés en cinq points suivants les diagonales et au centre de chacune des trois placettes de chaque champ. Ces échantillons ont été mélangés pour en faire un échantillon composite. Les analyses effectuées au

laboratoire ont concerné le pH eau, le carbone total, l'azote total, le phosphore total et assimilable. Le pH eau a été mesuré par lecture directe au pH-mètre à partir d'une solution du sol obtenue suivant un rapport de masse/volume de 1 : 2,5 (Houba et al., 1995) ; le carbone total par la méthode Walkley-Black (Walkley et Black, 1934). Le taux de matière organique a été obtenu en multipliant le carbone total par le coefficient 1,724 (Dabin, 1970). L'azote total a été dosé par la méthode de Kjeldahl (Hillebrand et al., 1953). Le phosphore total a été dosé par colorimétrie automatique après minéralisation et utilisation de molybdate d'ammonium en présence d'acide ascorbique et le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de BRAY I (Bray et Kurtz, 1945).

Analyse des données

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 2022.3.2 Adinsoft, version 2022. Le test de Newman-Keuls au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes, lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les pratiques. L'analyse des correspondances multiples (ACM) et l'analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.2.1 sous la console R commander.

Tableau 1: Caractéristiques chimiques des composts par types de champs.

Facteurs	Champ de case	Champs de village	Champs de brousse
Régimes de fertilisation	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée
	R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée
	R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée	R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée	R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée
		R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée	R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée
		R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée
			R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée
			R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée

		R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	
Rotations culturales	Maïs-maïs, Coton-maïs	Maïs-maïs, Coton-maïs, Maïs-légumineuse	Maïs-maïs, Coton-maïs

Légende : Dr : Dose recommandée ; Ri : Régimes de fertilisation pratiqués par les producteurs.

Tableau 2: Pratiques paysannes de fertilisation organo-minérale et rotations de culturales identifiées au cours de la campagne agricole 2020/2021.

Type de champs	C(g/kg)	Nt(g/kg)	Pt(mg/kg)	C/N
Case	312,81±21,38	4,08±3,10	1,14±0,10	76,6±60
Village	133,37±41,18	4,09±1,00	1,30±0,3	32,6±10
Brousse	147,75±69,70	10,02±4.85	2,69±1,00	14,7±7,80

Légende : Dr : Dose recommandée ; Ri : Régimes de fertilisation pratiqués par les producteurs

RESULTATS

Caractéristiques chimiques des sols des différents types de champs avant semis

Le Tableau 3 présente les caractéristiques chimiques des sols des trois types de champs avant la mise en place des cultures.

Ces résultats montrent que les plus faibles teneurs des paramètres chimiques sont rencontrées dans les champs de brousse, sauf les teneurs en azote (0,56 g/kg) et phosphore total (297 mg/kg). Quant aux champs de case, ils présentent des teneurs plus élevées en matière organique et phosphore assimilable, qui sont respectivement de 1,5% et 25,40 mg/kg. Aussi, dans ce type de champ, les valeurs de pH eau et le rapport C/N sont plus élevées et respectivement de 6,5 et 15,2. Les champs de village présentent des teneurs intermédiaires comprises entre celles des champs de case et de brousse. Ces teneurs sont relativement proches de celles des champs de case.

Effets des régimes de fertilisation et des rotations culturales sur les caractéristiques chimiques du sol par type de champ

Les Tableaux 4 et 5 présentent respectivement les résultats d'analyse statistique des effets des régimes de

fertilisation et des rotations culturales sur les caractéristiques chimiques des sols par type de champ.

Il ressort de l'analyse de variance, que les régimes de fertilisation n'ont pas eu d'effets significatifs sur les caractéristiques chimiques des sols. Les rotations culturales n'ont eu d'effets que sur le rapport C/N du sol. En effet, dans la rotation coton-maïs, le rapport C/N du sol est supérieur et significativement différent de ceux des rotations maïs-maïs et maïs-légumineuse dans les champs de case et les champs de village.

Effets des régimes de fertilisation et des rotations culturales sur les rendements et le poids de 1000 grains du maïs par type de champ

Les résultats de l'analyse de variance des rendements paille et grains ainsi que du poids de 1000 grains soumis aux effets des différents régimes de fertilisation et des rotations culturales sont présentés respectivement dans les Tableaux 6 et 7.

Les régimes de fertilisation n'ont pas induit de différences significatives sur les rendements paille, grain et le poids de 1000 grains. Les rotations culturales ont produit des effets significatifs sur le rendement paille du

maïs. Il a été plus élevé dans les champs de village (3,47 t/ha) et les champs de case (3,11 t/ha) sous la rotation culturale coton-maïs. Cependant, au niveau des champs de brousse, c'est la monoculture maïs-maïs qui a permis d'avoir des rendements paille significativement supérieurs (3,06 t/ha) à ceux de la rotation coton-maïs.

Relation entre les variables types de champ, régimes de fertilisation et rotations culturales

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) appliquée aux variables types de champ, régimes de fertilisation et rotations culturales (Figure 1), montre que 31,18% de la variance totale est expliquée par les deux dimensions (Dim1 et Dim2), soit une contribution de 16,91% pour Dim1 et 14,27% pour Dim2.

L'ACM relie les différentes modalités de régimes de fertilisation et de rotations culturales en fonction de leur proximité par rapport aux trois types de champs. Ces différentes relations permettent de dégager trois groupes d'exploitations agricoles :

- Groupe (G1) représenté par les champs de cases et composé des régimes de fertilisation R2, R4 et de la rotation Maïs-maïs ;
- Groupe (G2) représenté par les champs de village, et qui concerne uniquement le régime de fertilisation R6 et la rotation Maïs-légumineuse ;
- Groupe (G3) représenté par les champs de brousse et concerne la majorité des régimes de fertilisations R1, R3, R5, R7, Dr et la rotation Coton-maïs.

Relations entre les variables régimes de fertilisation, rotations culturales, caractéristiques chimiques du sol et rendement du maïs dans les différents types de champ

Les analyses en composantes principales (ACP) des variables régimes de fertilisation, rotations culturales,

caractéristiques chimiques du sol et rendement du maïs dans les trois types de champs (case, village et brousse), sont représentées respectivement par les Figures 2a, 2b et 2c.

Dans les champs de case (Figure 2a), le rendement maïs grain, le poids de 1000 grains, les rotations culturales, la matière organique, l'azote total, le phosphore total et assimilable sont corrélés positivement à la dimension 1 (Dim 1) qui exprime 39,83% de la variance. La dimension 2 (Dim 2) exprime 26,61% de la variance, et oppose le rendement paille aux régimes de fertilisation, au pH eau et au rapport C/N. Concernant les champs de village (Figure 2b), il existe d'une part, une liaison étroite entre le poids de 1000 grains, la matière organique, l'azote total, le phosphore total, le phosphore assimilable et les rotations culturales, et d'autre part entre le rendement paille, les régimes de fertilisation et le rapport C/N respectivement corrélés positivement et négativement à Dim 1 exprimant 46,01%. Les rotations culturales sont opposées aux régimes de fertilisation sur la même dimension. Le pH eau est corrélé positivement à dimension 2 (Dim 2) et le rendement maïs grain est négativement corrélé au même axe qui contribue à 21,4% de la variance. Dans les champs de brousse (Figure 2c), tous les paramètres chimiques ont une liaison étroite et positivement corrélés à Dim 1, sauf le rapport C/N. Les rendements maïs grain et paille ainsi que le poids de 1000 grains sont étroitement liés aux régimes de fertilisation et sont positivement corrélés à Dim 2. L'ACP entre les trois types de champ, les régimes de fertilisation, les rotations culturales, les caractéristiques chimiques du sol et les rendements, est présentée par la Figure 2d.

Les paramètres chimiques sont positivement corrélés à la dimension 1 (Dim 1) sauf le rapport C/N. Le rendement maïs grain, le poids de 1000 grains et les types de champs sont positivement corrélés à la dimension 2 (Dim 2). Les régimes de fertilisation et les rotations culturales contribuent très faiblement à la formation des deux dimensions, et n'ont pas d'effet sur les autres variables.

Tableau 3: Caractéristiques chimiques des sols avant semis.

Type de champs	pH eau	MO (%)	Nt(g/kg)	Pt (mg/kg)	C/N	Pas (mg/kg)
Case	6,5±0,18	1,5±0,48	0,563±0,16	220±103,28	15,2±0,98	25,408±28,12
Village	6,4±0,60	1,3±0,51	0,563±0,17	214±182,39	13,8±3,83	2,975±5,11
Brousse	5,9±0,60	1,1±0,66	0,567±0,26	297±280,37	13,3±3,01	9,704±8,66

Légende : MO= matière organique, C = carbone, C/N = rapport C/N, Nt = azote total, Pas = phosphore assimilable, Pt = phosphore total.

Tableau 4: Effet des régimes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques des sols.

Type de champ	Régimes de fertilisation	pH eau	MO (%)	Nt(g/kg)	Pt (mg/kg)	C/N	Pass (mg/kg)
Case	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	6,25±0,7	1,21±0,8	0,26±0,2	101,26±26,6	27,0±3,4	4,13±2,9
	R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée	6,4±0,7	0,65±0,8	0,26±0,2	63,29±26,6	14,56±3,4	1,28±0,2
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	6,32±0,7	2,08±0,8	0,81±0,2	182,0±26,6	14,75±3,4	2,78±0,2
	R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée	6,9±0,5	1,2±0,6	0,39±0,2	165,0±18,8	18,0±2,4	1,35±0,2
Village	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	6,22±0,4	2,17±0,5	0,72±0,1	165,82±15,3	17,56±1,9	2,2±1,7
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	5,78±0,7	0,91±0,8	0,33±0,2	88,6±26,6	15,72±3,4	1,28±0,2
	R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée	6,05±0,5	1,17±0,6	0,4±0,2	145,57±18,8	16,14±2,4	3,58±0,2
	R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée	6,09±0,7	1,12±0,8	0,29±0,2	101,26±26,6	21,81±3,4	8,21±2,9
	R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée	6,23±0,7	0,98±0,8	0,26±0,2	88,6±26,6	21,9±3,4	1,89±0,2
Brousse	R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	6,55±0,5	1,01±0,6	0,29±0,2	107,59±18,8	20,15±2,4	4,8±2,9
	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	6,23±0,2	1,58±0,3	0,52±0,1	121,06±94,2	16,81±1,2	1,53±1,05
	R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée	6,27±0,5	1,29±0,6	0,48±0,2	101,26±18,8	14,83±2,4	0,29±0,2
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	6,48±0,7	0,81±0,8	0,26±0,2	75,94±26,6	18,2±3,4	0,58±0,2
	R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée	6,65±0,3	1,1±0,4	0,55±0,1	170,88±133,3	13,16±1,7	0,92±0,1
	R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée	6,35±0,5	1,26±0,6	0,36±0,2	234,92±188,5	14,98±2,4	2,75±2,1
	R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée	6,18±0,4	0,95±0,5	0,42±0,1	133,57±15,3	12,46±1,9	3,9±1,7
	R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée	6,58±0,5	1,08±0,6	0,33±0,2	107,59±18,8	20,11±2,4	1,5±0,2
R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	5,45±0,7	0,67±0,8	0,29±0,2	88,6±26,6	13,08±3,4	3,66±2,9	
Probabilité		0,991	0,960	0,896	0,998	0,111	0,633

Légende : Dr : Dose recommandée ; Ri : Régimes de fertilisation pratiqués par les producteurs ; MO : Matière Organique ; Nt : Azote total; Pt : Phosphore total ; Pass : Phosphore assimilable.

Tableau 5: Effet des rotations culturales sur les caractéristiques chimiques des sols.

Type de champ	Rotation	pH eau	MO (%)	Nt(g/kg)	Pt (mg/kg)	C/N	Pass(mg /kg)
Case	Maïs-maïs	6,70±0,3	1,47±0,4	0,49±0,1	165,4±145,3	17,7±1,5ab	8,27±1,36
	Coton-maïs	6,92±0,4	0,94±0,6	0,26±0,2	113,9±20,5	20,8±2,1b	6,5±1,93
Village	Maïs-soja/sésame	5,96±0,3	1,93±0,5	0,68±0,17	206,7±167,8	15,7±1,7a	5,4±1,57
	Maïs-maïs	6,12±0,3	1,29±0,5	0,42±0,1	164,5±145,3	17,2±1,7ab	6,25±1,57
	Coton-maïs	6,39±0,2	1,14±0,4	0,31±0,1	101,2±20,5	20,9±1,3b	4,6±1,22
Brousse	Maïs-maïs	6,25±0,3	2,18±0,5	0,84±0,1	133,3±16,7	14,2±1,7a	3,36±1,57
	Coton-maïs	6,23±0,12	1,24±0,1	0,46±0,06	129,8±57	15,1±0,5a	1,52±0,53
Probabilité		0,562	0,562	0,250	0,287	0,005	0,184

Légende : MO : Matière Organique ; Nt : Azote total ; Pt : Phosphore total ; Pass : Phosphore assimilable.

Tableau 6: Effets des régimes de fertilisation sur les rendements et le poids de 1000 grains.

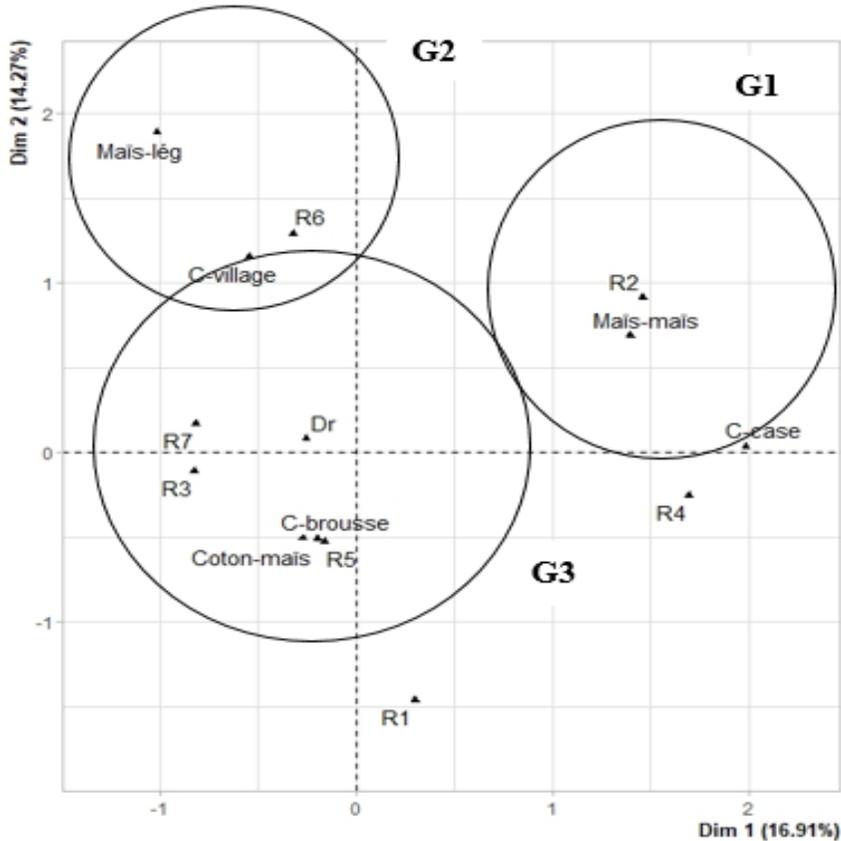
Type de champ	Régimes de fertilisation	Rendement paille(t/ha)	Rendement grain(t/ha)	Poids de 1000 grains (g)
Case	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	3,11±0,3	2,0±0,9	224,25±37,8
	R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée	3,86±0,3	2,17±0,9	195,91±37,8
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	3,55±0,3	3,05±0,9	267,25±37,8
	R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée	2,82±0,2	2,70±0,6	243,61±26,7
Village	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	2,66±0,2	2,12±0,5	249,99±21,8
	R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	2,93±0,3	2,73±0,9	222,44±37,8
	R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée	2,92±0,2	1,85±0,6	186,4±26,7
	R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée	3,58±0,3	2,41±0,9	238,01±37,8
	R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée	3,75±0,3	2,61±0,9	206,69±37,8
	R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	3,47±0,2	2,07±0,6	213,32±26,7
	Brousse	Dr : 150 kg NPK +100 kg Urée	2,88±0,1	2,59±0,3
R1 : 100 kg NPK + 50 kg Urée	2,58±0,2	2,4±0,6	222,63±26,7	
R2 : 100 kg NPK + 100 kg Urée	2,82±0,3	2,62±0,9	227,53±37,8	
R3 : 150 kg NPK + 50 kg Urée	2,72±0,1	2,05±0,4	216,74±18,9	
R4 : 200 kg NPK + 100 kg Urée	2,35±0,2	2,94±0,6	271,28±26,7	
R5 : 3 t FO + 150 kg NPK + 100 kg Urée	2,97±0,2	2,82±0,5	261,87±21,8	
R6 : 6 t FO + 150 kg NPK + 50 kg Urée	2,81±0,2	2,62±0,6	205,25±26,7	
R7 : 6 t FO + 200 kg NPK + 50 kg Urée	2,18±0,3	2,54±0,9	310,99±37,8	
Probabilité		0,063	0,994	0,368

Légende : Dr : Dose recommandée ; Ri : Régimes de fertilisation pratiqués par les producteurs.

Tableau 7: Effets des rotations culturales sur les rendements et le poids de 1000 grains.

Type de champ	Rotations	Rendement paille (t/ha)	Rendement grain (t/ha)	Poids de 1000 grains (g)
Case	Coton-maïs	3,11±0,2ab	2,22±0,6	211,46±27,3
	Maïs-maïs	3,03a±0,1a	2,36±0,4	235,46±19,3
Village	Coton-maïs	3,47±0,1b	2,29±0,3	217,28±17,2
	Maïs-maïs	2,5±0,2a	2,03±0,4	210,74±22,3
	Soja-maïs	2,49±0,2a	2,1±0,4	233,63±22,3
Brousse	Coton-maïs	2,71±0,07ab	2,37±0,1	251,5±7,5
	Maïs-maïs	3,06±0,2b	2,75±0,4	243,33±22,3
Probabilité		0,003	0,963	0,344

Légende : Dr : Dose recommandée ; Ri : Régimes de fertilisation pratiqués par les producteurs.



Légende: C-case : champ de case, C-village : champ de village, C-brousse : champ de brousse, Ri : régimes de fertilisation, Dr : dose recommandée, Coton-maïs : rotation coton-maïs, maïs-maïs : rotation maïs-maïs, maïs-lég : rotation maïs-légumineuse, G : groupes.

Figure 1: Analyse des correspondances multiples (ACM) des types de champ, régimes de fertilisation et rotations culturales.

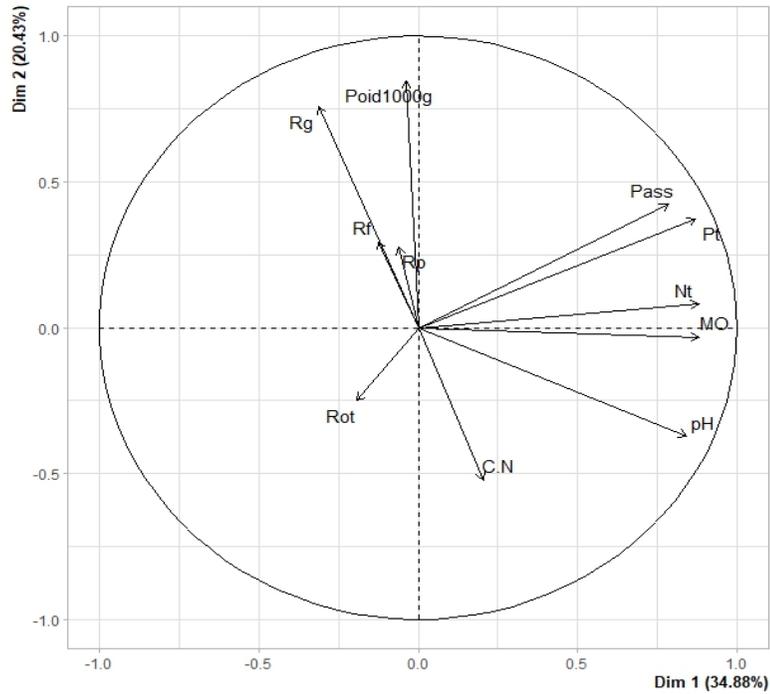


Figure 2c : ACP champs de brousse

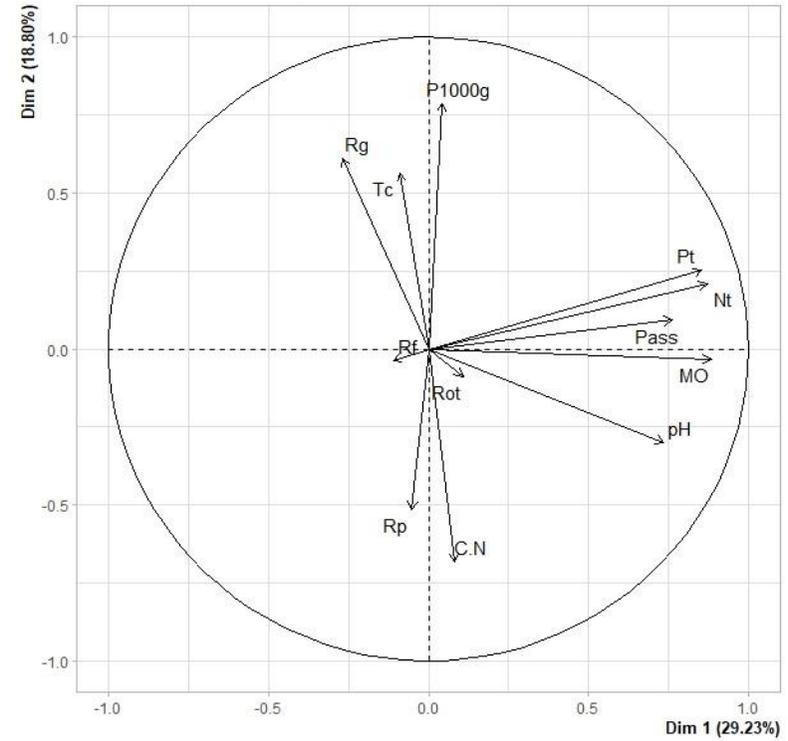


Figure 2d : ACP entre les trois types de champs

Légende: Rf : régimes de fertilisation, Rot : rotations culturales, MO : matière organique, Nt : Azote total, Pt : Phosphore total, Pass : phosphore assimilable, C.N : Rapport C/N, pH : pH eau, Rp : Rendement paille, Rg : Rendement grain, Poids 1000g : Poids 1000 grain.

Figure 2: Analyse en composantes principales (ACP) des variables régimes de fertilisation, rotations culturales, caractéristiques chimiques du sol et rendement du maïs dans les différents types de champ.

DISCUSSION

Les paramètres chimiques des sols ne diffèrent pas statistiquement entre les différents types de champs de production du maïs. Les teneurs élevées en matière organique et en phosphore assimilable dans les champs de case par rapport aux deux autres types de champs seraient liées à leur proximité des concessions et à l'application fréquente de la matière organique dans ce type de champ. Ces résultats confirment ceux de Prudencio (1993) qui a rapporté que les champs les plus proches des concessions recevaient plus de fumure organique que les champs éloignés. Aussi, les travaux de Pouya et al. (2020) en zones cotonnières Ouest et Centre du Burkina Faso, ont relevé que la distance entre la concession et le champ affecte négativement l'adoption des restitutions de fumure organique. La comparaison des valeurs de pH eau et de carbone (Tableau 3) à ceux obtenus par Prudencio (1993) dans le plateau Mossi au Burkina Faso, indique une faible teneur de ces paramètres dans les champs de case et des teneurs élevées au niveau des champs de village et de brousse. Les valeurs de pH eau et de carbone obtenues par cet auteur étaient comprises, respectivement, entre 6,7-8,3 et 11-22 g/kg dans les champs de case ; 5,7-7 et 5-10 g/kg dans les champs de village et 5,7-6,2 et 2-5 g/kg dans les champs de brousse. Ces teneurs élevées seraient liées au transfert de fertilité des champs de case vers les champs de village et de brousse. Le rapport C/N du sol est plus élevé dans les champs de case, car la fumure organique apportée dans ces champs est très souvent à un stade de décomposition incomplète par rapport aux deux autres types de champs qui reçoivent de la fumure organique assez bien décomposée.

Les rotations culturales n'ont induit aucune différence significative sur les paramètres chimiques des sols, sauf sur le rapport C/N de la rotation coton-maïs dans les champs de case et champs de village. Koulibaly et al. (2016) ont montré que les pratiques de rotations de cultures n'ont pas eu

d'effets significatifs sur la teneur en matière organique et en azote du sol. De plus, ils ont observé une baisse de la teneur en matière organique du sol; y compris celle du pH eau surtout dans la rotation coton-maïs. Le rapport C/N du sol dans la rotation coton-maïs, s'expliquerait par l'apport de matière organique à décomposition incomplète avec un C/N élevé qui varie entre 32 et 76 (Tableau 2). Touré et al. (2018) ont rapporté qu'une décomposition incomplète de la matière organique avec un rapport C/N supérieur à 20 peut entraîner une « faim d'azote » pour les plantes, puisque les microorganismes utiliseront l'azote disponible du sol pour la minéralisation de cette matière organique.

Les différentes pratiques paysannes de fertilisation organo-minérales regroupent plusieurs régimes. Cependant, toutes ces pratiques n'ont pas révélé de différence significative sur les paramètres chimiques des sols, quel que soit le type de champ. Cette absence d'effet des apports organiques et minéraux se justifierait par les faibles quantités apportées, la pauvreté des résidus en éléments minéraux, et la minéralisation rapide de la matière organique. Des études antérieures ont montré que les apports organiques et minéraux à court voire, long terme, n'ont pas eu d'effet significatif sur les caractéristiques chimiques du sol (Roose, 2017; Bacyé et al., 2021). Aussi, Geisseler et al. (2014) ont rapporté que l'application exclusive d'engrais minéraux, entraîne à long terme la diminution de la teneur en carbone due à une minéralisation accrue. Les travaux d'Ouandaogo et al. (2022), ont montré que l'épandage de 5 t/ha de compost ou la restitution des résidus de sorgho tous les deux ans n'ont pas permis de tamponner le pH eau du sol, mais à plutôt entraîner la baisse du pH eau par rapport au témoin absolu.

L'augmentation du rendement paille a été liée aux rotations culturales (maïs-maïs et coton-maïs), précisément dans les champs de brousse. Les rotations ayant induit cette différence sont celles qui bénéficient de la fertilisation organo-minérale dans la zone

ouest, avec des arrières-effets de fertilisants qui profitent aux cultures subséquentes. Pour Bacyé et al. (2019), la pratique de la fumure minérale (NPK et urée) dans la zone ouest du Burkina Faso est uniquement réservée au cotonnier et au maïs. Les cultures indiquées ci-dessus sont celles qui sont également pratiquées dans les champs de brousse, ce qui constitue un avantage. En effet, ces pratiques de fertilisation permettent de maintenir la fertilité des sols et d'améliorer le rendement des cultures. Les effets positifs des rotations coton-maïs sur les rendements des céréales dans la zone ouest ont été démontrés par Koulibaly et al. (2016). Les travaux de Ouda et al. (2018) et Borase et al. (2020) ont également montré une amélioration de la fertilité des sols, et par conséquent des rendements de céréales dans les rotations céréales/légumineuses par rapport à la culture céréalière continue.

Les différents régimes de fertilisation organo-minérales n'ont pas révélé de différence significative sur les paramètres de rendement et le poids 1000 grains du maïs, quel que soit le type de champ. Cette absence d'effet des apports organiques et minéraux s'expliquerait par les faibles quantités apportées et la pauvreté des résidus en éléments minéraux (Roose, 2017). Elle peut aussi être due aux modes d'apport non recommandés des engrais minéraux (Traoré et al., 2020). Les mauvaises pratiques de fertilisation sont liées au non-respect des doses, mais aussi à la faible valorisation de l'engrais, à cause de son apport souvent tardif et sans enfouissement (Precious et al., 2015; Jiang et al., 2019). Toutes ces mauvaises pratiques de fertilisation ont pour conséquence, une inefficacité des engrais (Czarnecki et al., 2015), alors que l'augmentation des rendements du maïs est en lien étroit avec les doses de fertilisants (N, P et K) apportées (Boldea et al., 2015). Ahmad et al. (2018) et Demari et al. (2016) ont rapporté que le maïs répondait bien aux engrais minéraux surtout azotés pendant sa phase de reproduction.

Les résultats ont montré que chaque type de champ est corrélé à une rotation spécifique. A cet effet, les rotations maïs-légumineuse et coton-maïs sont liées respectivement aux champs de village et champs de brousse. Cependant, dans les champs de case, on assiste à la monoculture du maïs. Les pratiques de rotation sont opérées selon le niveau de fertilité du champ et les objectifs de production de l'exploitant. Pour Prudencio (1993), la monoculture de maïs était pratiquée dans les champs de case, compte tenu du niveau de fertilité plus élevée. Concernant les régimes de fertilisation organo-minérale, ils sont plus pratiqués dans les champs de brousse et de village à cause du faible niveau de fertilité de ces deux types de champs par rapport au champ de case (Taonda et al., 1995). En outre, dans les champs de case, les rendements maïs grains et les poids de 1000 grains sont corrélés aux caractéristiques chimiques des sols en raison de la pratique d'apport organique qui a permis d'améliorer les paramètres chimiques du sol. Maitra et al. (2019) ont rapporté que l'azote et le phosphore sont des éléments nutritifs essentiels dont le maïs a besoin pour sa croissance et son développement. Dans les champs de village, les rendements paille et les poids de 1000 grains sont liés non seulement aux paramètres chimiques et aux rotations, mais aussi, aux régimes de fertilisation. Ces champs bénéficient des pratiques de fertilisation organique à cause de leur proximité des concessions, et des rotations céréales légumineuses qui y sont pratiquées. Les travaux d'Ouda et al. (2018) et Borase et al. (2020) ont montré une amélioration de la fertilité des sols, et par conséquent des rendements de céréales dans les rotations céréales/légumineuses par rapport à la culture céréalière continue. Quant aux champs de brousse, tous les paramètres de rendement sont liés aux régimes de fertilisation. Cette relation montre le rôle important que joue la fertilisation organo-minérale dans l'amélioration du rendement. En effet, selon les travaux de Bado et Bationo (2018) et Traoré et

al. (2020), après de longues années de mise en culture sans une véritable stratégie de maintien ou d'amélioration de la fertilité par des amendements organiques, les sols s'appauvrissent en éléments nutritifs. Ainsi, avec de telles pratiques culturales, les teneurs en éléments minéraux et des autres paramètres chimiques du sol ne peuvent que diminuer au fil des années entraînant un recours aux engrais minéraux pour augmenter les rendements des cultures (Traoré et al., 2020).

Conclusion

L'étude a été conduite dans des exploitations productrices de maïs à l'Ouest du Burkina Faso, en vue d'évaluer les effets des pratiques paysannes de fertilisation organo-minérale et des rotations culturales sur la fertilité chimique des sols et les rendements du maïs. Les résultats ont montré que

- les régimes de fertilisation minérale et organo-minérale n'ont pas eu d'effet significatifs sur les paramètres chimiques du sol et les rendements des cultures dans les différents types de champs ;
- les successions culturales concernent essentiellement les rotations coton-maïs, maïs-légumineuse et la monoculture de maïs ont augmenté le rapport C/N du sol et le rendement paille du maïs ;
- l'analyse factorielle a montré que la majorité des régimes de fertilisation (cinq sur sept) et la rotation coton-maïs étaient liés aux champs de brousse ;
- la monoculture du maïs et la rotation maïs-légumineuse étaient liées respectivement aux champs de case et champs de village ;
- les relations entre régimes de fertilisation, rotations culturales, caractéristiques chimiques du sol et rendement du maïs dépendaient du type de champ ;

Il apparaît donc que les pratiques paysannes de fertilisation dans les exploitations agricoles à l'ouest du Burkina Faso sont peu durables, dans la mesure où elles ne contribuent pas à l'amélioration de la

fertilité chimique des sols et des rendements du maïs. L'étude suggère la promotion des pratiques d'une gestion durable de la fertilité des sols et le respect des doses recommandées de fumures organiques (5 t/ha tous les deux ans) et minérales (150 à 200 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée) en culture de maïs.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de conflits d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont participé à la conception de l'étude et à la rédaction du manuscrit. EO a collecté les données de terrain, participé aux analyses de laboratoire et traité les données. ZG et MBP ont apporté des orientations dans la collecte et le traitement de données.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement le Laboratoire Ressources Naturelles et Innovations Agricoles (LaReNIA) du Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) de Kamboinsé pour avoir facilité les analyses de sol.

REFERENCES

- Abdou G, Ewusi-Mensah N, Nouri M, Tetteh FM, Safo EY, Abaidoo RC. 2016. Nutrient Release Patterns of Compost and Its Implication on Crop Yield under Sahelian Conditions of Niger. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, **105**(2): 117- 128. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-016-9779-9>.
- Ahmad S, Khan A, Kamran MI, Ahmad I, Ali S. 2018. Response of Maize Cultivars to Various Nitrogen Levels". *Eur. J. Exp. Biol.*, **8**(1): 1-4. DOI: 10.21767/2248-9215.100043.
- Ayub MA, Usman M, Faiz T, Umair M, Haq MA, Rizwan M, Rehman M Z. 2020. Restoration of Degraded Soil for

- Sustainable Agriculture. In *Soil Health Restoration and Management*. Springer: Singapore; 31-81. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8570-4_2.
- Bacýé B, Kambiré HS, Sawadogo MO, Zonga AM. 2021. Effets des modes de gestion des résidus du Bananier et d'options de Fumure Minérale sur le Rendement du maïs et les Caractéristiques chimiques du sol dans un système de Rotation Bananier /Maïs à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(3): 1208-1221. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i3.26>
- Bacýe B, Kambire HS, Some AS. 2019. Effets des Pratiques Paysannes de Fertilisation sur les Caractéristiques Chimiques d'un Sol Ferrugineux Tropical Lessivé en Zone Cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(6): 2930-2941,. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39>
- Bado BV, Bationo A. 2018. Integrated Management of Soil Fertility and land resources in Sub-Saharan Africa: Involving local communities. *Ad. Agron.*, **150**: 1-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.02.001>.
- Borase DN, Nath CP, Hazra KK, Senthilkumar M, Singh SS, Praharaj CS, Singha U, Kumar N. 2020. Long-term impact of Diversified Crop Rotations And Nutrient Management Practices on Soil Microbial Functions and Soil Enzymes Activity. *Ecol. Indic.*, **114**: 1-1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106322>
- Boldea M, Sala F, Rawashdeh H and Luchian D. 2015. Evaluation of Agricultural Yield in Relation to the Doses of Mineral Fertilizers". *J. Cent. Eur. Agric.*, **16**(2): 149-161. DOI: 10.5513/JCEA01/16.2.1603
- Bray RH, Kurtz LT. 1945. Determination of Total Organic and Available Forms of Phosphorus in Soils. *Soil Sci.*, **59**(1): 39-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006>
- Bouzelha S. 2020. « L'agriculture Intelligente face au Climat » : Etude d'opportunité face aux Effets du Changement Climatique sur les Performances du Secteur Agricole. *J. new econ.* **11**(02): 1-22. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwig28_Hw-z_AhUES8AKHcqSCV4QFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.asjp.cerist.dz%2Fen%2Farticle%2F120828&usg=AOvVaw1L5zjPDYX4zd3q-g4ahMiP&opi=89978449
- BUNASOLS, 2006. Etude morpho-pédologique des provinces du Mouhoun et des Balés. Echelle : 1/100 000. 180 P.
- BUNASOLS, 2002. Etude morpho-Pédologique des Provinces du Houet et du Tuy. Echelle : 1/100 000. 75 P.
- CEDEAO, 2016. Catalogue Régional des Espèces et Variétés végétales. Abuja-Ouagadougou, p. 109.
- Czarnecki S, Düring RA. 2015. Influence of long-term Mineral Fertilization on Metal Contents and Properties of Soil Samples taken from different locations in Hesse, Germany. *Soil*, **1**(1): 23-33. DOI: <https://doi.org/10.5194>.
- Dabin B, 1970. Analyse des matières organiques dans les sols. Laboratoire de chimie des sols et de pédologie appliquée. ORSTOM, multigraphié, p. 17.
- Demari GH, Carvalho IR, Nardino M. 2016. Importance of nitrogen in maize production. *Int. J. Curr. Res.*, **8**(08): 36629 -36634.
- Fontes J, Guinko S. 1995. Carte de la Végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Ministère de la Coopération Française: Projet Campus (88313 101), p. 67.
- Geisseler D, Scow KM. 2014. Long-Term Effects of Mineral Fertilizers on Soil

- Microorganisms. A Review. *Soil Biol. Biochem.*, **75**: 54-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>.
- Guébré D, Traoré S, Traoré M, Maré BT, Hien E. 2020. Conservation des sols en zone soudano-sahélienne : quelle est l'efficacité des amendements ligneux ? *Sc. Nat. App.*, **39**(1): 199-220. <https://www.researchgate.net/publication/350213795>
- Hillebrand WF, Lundell GE, Bright HA, Hoffman JI. 1953. *Applied Inorganic Analysis* (2nd edn). John Wiley & Sons, Inc: New York, USA; p.1034.
- Houba VJG, Van der Lee JJ, Novozamsky I. 1995. *Soil Analysis Procedures, other procedures*. (Soil and plants analysis, part 5 B), Syllabus.
- Kohio EN, Touré AG, Sedogo MP, Ambouta J-MK. 2017. Contraintes à l'adoption des bonnes Pratiques de Gestion Durable des Terres dans les zones Sudaniennes et Soudano-Sahéliennes du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(6): 2982-2989. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.34>
- Koulibaly B, Dakuo D, Traoré O, Ouattara K, Lompo F. 2017. Long-term effects of crops Residues management on soil chemical properties and yields in cotton – maize –Sorghum rotation system in Burkina Faso. *J. agric. ecol. res. int.*, **10**(2): 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/JAERI/2017/31178>.
- Koulibaly B, Dakuo D, Traoré K, Ouattara A, Ouattara K, Traoré O. 2016. Soil Tillage Practices and Crops Rotations Effects on Yields and Chemical Properties of a Lixisol in Burkina Faso. *J. appl. biosci.*, **106**: 10320-10332. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v106i1.12>.
- Koulibaly B, Dakuo D, Ouattara A, Traoré O, Lompo F, Zombré PN, Yao-Kouamé A. 2015. Effets de l'association du compost et de la Fumure Minérale sur la Productivité D'un Système de Culture a base de Cotonnier et de maïs au Burkina Faso. *Tropicultura.*, **33**(2): 125-134. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiD9duQvez_AhVOiv0HHWENAtEQFnoECA0QAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.tropicultura.org%2Ftext%2Fv33n2%2F125.pdf&usg=AOvVaw31AN805OxL9aSy3yD-ol4z&opi=89978449
- Koussoubé E, Nauges, C. 2017. Returns to fertiliser use: Does it pay enough? Some new Evidence from Sub-Saharan Africa. *Eur. Rev. Agric. Econ.*, **44**(2): 183-210. DOI: 10.1093/ERA/EJBW018.
- MAAH. 2018. Situation de référence des terres dégradées et de la CES au Burkina Faso: Rapport final. Ouagadougou, Burkina FAO, p. 142.
- Maitra S, Shankar T, Manasa P, Sairam M. 2019. Present Status and Futurs Prospects of Maize Cultivation in South Odisha. *Int. J. Biores. Sci.*, **6**(1): 27-33. DOI: 10.30954/2347-9655.01.2019.5
- Naitormbaide M, Lompo F, Gnankambary Z, Ouandaogo Noufou, Sedogo, MP. 2010. Les Pratiques Culturelles Traditionnelles Appauvrissent les Sols en zone des Savanes des Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(4): 871-881. DOI: 10.4314/IJBCS.V4I4.62970.
- Ouandaogo N, Soma DM, Pouya BM, Gnankambary Z, Ouattara B, Lompo F, Nacro HB Sedogo, PM, Kiba DI. 2022. Long-Term Organic Inputs Determine Soil Productivity Better in Sorghum-Cowpea Rotation than in Sorghum Monoculture. *J. Agric. Sci.*, **14**(12): 166-175. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v14n12p166>.
- Ouédraogo M, Thiombiano T, 2017. Déterminants socio-économiques des Défrichements Agricoles en Zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso. *Economie Rurale*, **4**(360): 23-41. DOI:

- <https://doi.org/10.4000/economierurale.5278>
- Ouda S, Zohry A, Noreldin T. 2018. Crop Rotation Maintains Soil Sustainability. In *Crop Rotation: An Approach to Secure Future Food*. Springer, Cham; 55-76. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-05351-2_4
- Pouya MB, Sawadogo MO, Ouedraogo J, Serme I, Vognan G, Dakuo D, Sedogo MP, Lompo F. 2020. "Déterminants Socio-économiques de la Dégradation des Sols et de l'adoption des Technologies de Gestion de la Fertilité des Sols selon les Perceptions Paysannes dans les zones Cotonières du Burkina Faso". *Asian J. Sci. Technol.*, **1**(06): 11003-11011. URL: <http://www.ijias.issr-journals.org>
- Pouya MB, Bonzi M, Gnankambary Z, Traore K, Ouedraogo JS, Some AN, Sedogo MP. 2013. Pratiques Actuelles de Gestion de la Fertilité des sols et leurs effets sur la Production du Cotonnier et sur le sol dans les Exploitations Cotonières du Centre et de L'Ouest du Burkina Faso. *Cah. Agric.*, **22**(4): 282-292. DOI: 10.1684/agr.2013.0643
- Prudencio CY. 1993. Ring Management of soils and crops in the West African semi-Arid Tropics: The case of the Mossi Farming System in Burkina Faso. *Agric Ecosyst Environ.*, **47**: 237-264. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90125-9](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90125-9)
- Roose E. 2017. Potentiel du Paillage pour Réduire L'érosion et Restaurer la Productivité des sols Tropicaux : une Revue en Afrique Francophone. In *Restauration de la Productivité des Sols Tropicaux et Méditerranéens. Contribution à l'Agroécologie*. IRD; 191-199. DOI: 10.1684/agr.2010.0412.
- Sanou K, Amadou S, Adjegan K, Tsatsu KD. 2018. Perceptions et Stratégies d'adaptation des Producteurs Agricoles aux Changements Climatiques au nord-ouest de la Région des Savanes du Togo. *Agron. Afr.*, **30**(1): 87-97. URL: <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/178650/168027>
- Taonda SJB, Bertrand R, Dickey J, Morel JL, Sanon K. 1995. Dégradation des Sols en Agriculture Minière au Burkina Faso. *Cah Agric.*, **4**: 363-369. URL: <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/29910>
- Touré MA, Ngom S, Faye E, Sanogo D, Diatta M. 2018. Effets du Compost de Filao (*Casuarina equisetifolia*) Enrichi sur les Rendements des Cultures Maraichères dans la zone des Niayes au Sénégal. *Rev. Sci. Technol.*, **37**: 39-48.
- Traoré A, Yameogo LP, Da IAN, Traoré K, Bazongo P, Traoré O. 2020. Effet de la Formule Unique D'engrais 23-10-05 +3,6S+2,6Mg+0,3Zn sur le Rendement du Maïs Barka dans la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *Afr. Sci.*, **16**(1): 260-270. URL: <http://www.afriquescience.net>
- Walkley A, Black IA. 1934. An examination method of the detjareff and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration method. *Soil Sci.*, **37**(1): 29-38.
- Yabi JA, Bachabi FX, Labiyi IA, Ode CA, Ayena RL. 2016. Déterminant Socioéconomiques de L'adoption des Pratiques Culturelles de Gestion de la Fertilité des Sols Utilisées dans la Commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(2): 779-792. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.27>