

FACTEURS DETERMINANT L'UTILISATION DES ENGRAIS MINERAUX ET ORGANIQUES PAR LES PRODUCTEURS DE MAIS EN ZONES SOUDANIENNE ET SOUDANO-SAHELIEENNE DU NORD-BENIN

N. OLLABODE^{1*}, G. P. TOVIHOUDJI^{2,3}, R. N. YEGBEMEY¹., D. G. B. AIHOUNTON¹., H. EDJA¹, P. B. I. AKPONIKPÈ², A. J. YABI¹

¹Unité de Recherche en Economie et Développement (URED), Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123; Parakou, Bénin

²Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, 03 BP: 351 Parakou, Bénin

³Département des Sciences et Techniques de Production Végétale (D/STPV), Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, BP 123, Parakou, Bénin

*Correspondance : nouroudineolabode@gmail.com Tél : (+229) 97962060

RESUME

En zones soudaniennes et soudano-sahéliennes du Nord-Bénin, la durabilité de la fertilité des sols est menacée par la pression démographique et les aléas climatiques, base de la faible productivité des cultures. Une étude sur les facteurs déterminants l'utilisation des engrais minéraux et organiques a été réalisée en se basant sur une enquête auprès de 262 producteurs de maïs dans trois zones agro-écologiques du Nord Bénin. Un modèle Logit a été estimé pour déterminer les variables influençant la décision d'utiliser l'engrais minéral, l'engrais organique et leur combinaison. Les résultats révèlent que les variables telles que l'âge, le nombre d'années de scolarisation, la participation des producteurs à un essai de démonstration sur la fertilité des sols, le nombre de bœufs, la durée de marche village-CARDER d'une part et, la taille du ménage, l'expérience en agriculture, le mode d'accès à la terre d'autre part, ont respectivement une influence significative négative et positive sur les probabilités d'utilisation de l'engrais minéral, de l'engrais organique et de leur combinaison aux seuils de 1 %, de 5 % et de 10 %. Enfin, pour accroître le taux d'adoption de ces pratiques, il faut une sensibilisation accrue des producteurs. De plus, faciliter l'accès aux intrants bio, crédits et marchés, inciter les producteurs à adopter les nouvelles pratiques de gestion durable des terres, et les variétés améliorées tolérantes à la sécheresse. .

Mots clés : Fertilité des sols, Adoption, engrais minéral, engrais organique, zones agro-écologiques du Nord Bénin.

ABSTRACT

FACTORS DETERMINING THE USE OF FERTILIZERS BY MAIZE PRODUCERS IN NORTHERN BENIN

In the Sudanese and Sudano-Sahelian zones of Northern Benin, the sustainability of soil fertility is threatened by demographic pressure and climatic hazards, the basis of low crop productivity. A study on the determining factors of the use of mineral and organic fertilizers was carried out based on a survey of 262 maize producers in three agro-ecological zones of North Benin. A model was estimated to determine the variables influencing the decision to use mineral fertilizer, organic fertilizer and their combination. The results reveal that variables such as age, number of years of schooling, participation of producers in a demonstration trial on soil fertility, number of oxen, duration of village-CARDER walking from a on the one hand and, the size of the household, the experience in agriculture, the mode of access to land on the other hand, have respectively a significant negative and positive influence on the probabilities of using mineral fertilizer, organic fertilizer and their combination at the 1%, 5% and 10% thresholds. Finally, to increase the adoption rate, we need to raise awareness among producers. In addition, facilitate access to organic inputs, credits and markets, encourage producers to adopt new sustainable land management practices, and improved varieties tolerant to drought.

Keywords: Soil fertility, mineral fertilizers, organic fertilizers, constraints, Northern Benin.

INTRODUCTION

Dans les 40 prochaines années, la population de l'Afrique subsaharienne (ASS) se doublerait, passant d'un milliard à 2,4 milliards (Bouinzwende *et al.*, 2013). L'augmentation de la production alimentaire s'avérerait bien nécessaire pour assurer la sécurité alimentaire (FAO, 2016). L'expansion des terres agricoles devient de plus en plus limitée dans de nombreuses régions d'Afrique centrale et occidentale à forte densité de population comme le Bénin dont l'intensification durable de la production agricole est cruciale (Jules *et al.*, 2011; Garnett *et al.*, 2013; Vanlauwe *et al.*, 2014 ; Ronner *et al.*, 2016). Pour remédier à ce problème, la promotion des filières vivrières est indispensable dans le continent Africain afin de palier la famine. En effet, la culture de maïs s'est révélée au fil du temps comme un véritable moyen de lutte contre la pauvreté, la famine et l'amélioration des conditions d'existence des populations rurales d'Afrique de l'Ouest (Hien *et al.*, 2012).

Comme pour la plupart des pays en Afrique au sud du Sahara, au Bénin, le maïs est la principale culture pour près de 90 % des populations rurales et la plus consommée loin devant le riz et le sorgho (Toléba *et al.*, 2017). Depuis une dizaine d'années, sa production est devenue une activité économique importante au Bénin (Aizoun *et al.*, 2017). De 1961 à 2020, la production du maïs est progressivement passée de 219 593 à 1 500 000 tonnes (FAOSTAT, 2019). Durant cette même période, la superficie de terre allouée est passée de 375 650 à 1 000 000 ha et le rendement a augmenté de 584 à 1500 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019).

Malgré son rôle central au Bénin (tant pour la sécurité alimentaire que pour l'économie rurale), la productivité du maïs reste faible, généralement inférieure à 1000 kg ha⁻¹ dans la majorité des petites exploitations, contre un rendement potentiel de 3 à 5 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2020). Les principaux facteurs contribuant à cette faible productivité sont: i) la faible qualité inhérente et décroissante des sols, ii) les mauvaises pratiques de gestion des cultures et des exploitations (préparation des terres, choix des variétés de cultures, semis, fertilisation, irrigation, protection des cultures contre les facteurs biotiques tels que les mauvaises herbes, les maladies et les ravageurs, etc.), iii) des actifs agricoles limités (revenu, travail, formation, taille des exploitations et intensité des cultures) et des conditions socio-économiques. Parmi ces

facteurs, la fertilité des sols est considérée comme la principale contrainte biophysique de la productivité des cultures (Affholder *et al.*, 2010 ; Rochecouste *et al.*, 2015). En conséquence, l'utilisation d'engrais (organiques et / ou minéraux) a été fortement encouragée dans de nombreuses régions en ASS pour augmenter la production agricole (Vanlauwe *et al.*, 2014). Cependant, les opportunités d'intensification par le biais des engrais (organiques et / ou minéraux) dans les systèmes de culture à base de maïs sont limitées en raison de la faible disponibilité ou de la mauvaise qualité des amendements organiques et des difficultés des agriculteurs à payer les engrais minéraux en raison des prix élevés sur le marché, le risque et l'accès limité au crédit (Tittonnell et Giller, 2013 ; Khonje *et al.*, 2015). Pour inciter à l'adoption des engrais (organiques et / ou minéraux) à grande échelle, une bonne compréhension des facteurs déterminant son utilisation par les agriculteurs est nécessaire.

L'adoption et la diffusion des technologies agricoles dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que les caractéristiques de l'innovation en question (Hailu *et al.* 2014). Cependant, les effets de ces facteurs diffèrent entre les études (zones, pays, zones agro écologiques), même celles qui abordent la même technologie. Certaines caractéristiques spécifiques ont été fréquemment citées comme facteurs déterminant l'adoption des technologies agricoles, telles que celles relatives à la capacité de l'agriculteur (l'âge, la taille de l'exploitation, l'accès au capital / crédit), les attitudes (par exemple envers le risque, l'incertitude, l'environnement, et une technologie spécifique) et les caractéristiques de l'exploitation (par exemple, les activités agricoles, systèmes de production) (Croppenstedt *et al.* 2003).

Peu d'études ont spécifiquement abordées l'adoption ou l'acceptation des engrais organiques et minéraux par les agriculteurs en zones soudanienne et soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest et particulièrement au Bénin (Atchikpa *et al.*, 2018). Par ailleurs, Sigué *et al.* (2018) ont trouvé qu'au Burkina Faso, la superficie, l'équipement, la formation, le nombre d'actifs et le revenu agricole déterminent l'adoption de la microdose qui est l'usage des engrais combiné à une des pratiques de gestion durable des terres. De plus, Koutou *et al.* (2016), ont montré que le nombre d'actifs, le sexe, l'accès aux marchés et la pratique de l'embouche déterminent l'adoption du fertilisant

M. pruriens . D'après Sotamenou (2012), l'utilisation du compost dans les exploitations horticoles urbaines et périurbaines au Cameroun est influencée par l'appartenance à une association paysanne, le droit de propriété sur la parcelle exploitée, la culture des produits maraîchers, la distance domicile-parcelle et les revenus agricoles. Ces auteurs évoquent que le revenu agricole est l'un des facteurs très importants dans la gestion des risques étant donné que l'exploitant est rationnel. Néanmoins, dans un contexte global, quel que soit le fertilisant, certaines variables restent indispensables pour l'adoption des engrais en milieu paysan (Adebisi *et al.*, 2019). Dans un premier temps, un niveau élevé de revenu du producteur t, favoriserait l'utilisation des engrais minéraux au détriment du compost, puisque l'agriculteur veut produire plus pour gagner plus (Sotamenou, 2012). Atchikpa *et al.* (2018) ont montré également que, plus le nombre d'actifs est important dans l'exploitation agricole, plus le chef adopterait toutes les innovations qui sont introduites dans les systèmes de production auxquelles il a l'information. Les variables telles que le sexe, le contact avec une structure de vulgarisation, le niveau d'instruction, l'appartenance à une Organisation Paysanne (OP), la participation à une unité de démonstration déterminent d'une part positivement et négativement d'autre part l'adoption des fertilisants (Adebisi *et al.*, 2019 ; Rabe *et al.*, 2017 ;Tene *et al.*, 2013). L'objectif global de la présente étude est de comprendre les facteurs déterminant l'utilisation des engrais minéraux et organiques par les producteurs de maïs en zones soudaniennes et soudano-sahéliennes du Nord-Bénin.

MATERIELS ET METHODES

ZONE D'ETUDE

Situés au nord du Bénin, les départements du Borgou et de l'Alibori sont limités au nord par la république du Niger, au sud par le département des Collines, à l'est par la république fédéral du Nigeria, au nord-ouest par la république du Burkina-Faso et à l'ouest par les départements de l'Atacora et de la Donga. Avec une superficie de plus de 52.000 km², les départements du Borgou et de l'Alibori représentent 46 % du territoire national. Cette zone d'étude est comprise entre les parallèles 09°45' et 12°25' latitude Nord et les méridiens 0°45' et 3°20' longitude Est (Figure I). Le relief comprend des terrains appartenant au bouclier africain et des terrains non plissés de bassins sédimentaires récents. On distingue dans les départements du Borgou et de l'Alibori trois (3) groupes de sols : (i) les sols de la vallée du Niger, (ii) les sols sur grès de Kandi, et (iii) les sols du socle granito-gneissique plus répandus. Ces sols généralement aptes à l'agriculture, sont pour la plupart ferrugineux, plus ou moins drainés selon les zones écologiques. Le Climat évolue progressivement du type soudanien dans le Sud, c'est-à-dire le département du Borgou au type soudano-sahélien dans l'extrême nord avec l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche marquée par le harmattan. Il est caractérisé par un déficit pluviométrique élevé et des pluies annuelles variant de 900 mm à 1100 mm avec 6 à 7 mois humides. La température moyenne est de 27,5°C et l'insolation moyenne y est de 2862 heures (Gnanglè *et al.*, 2012). La végétation de type soudanien au Sud (savane arborée et arbustive) passe par une zone de transition au Nord (savane herbacée et arbustive) pour devenir dans l'extrême nord, un type soudano-sahélien avec une savane clairsemée où l'on rencontre des essences épineuses.

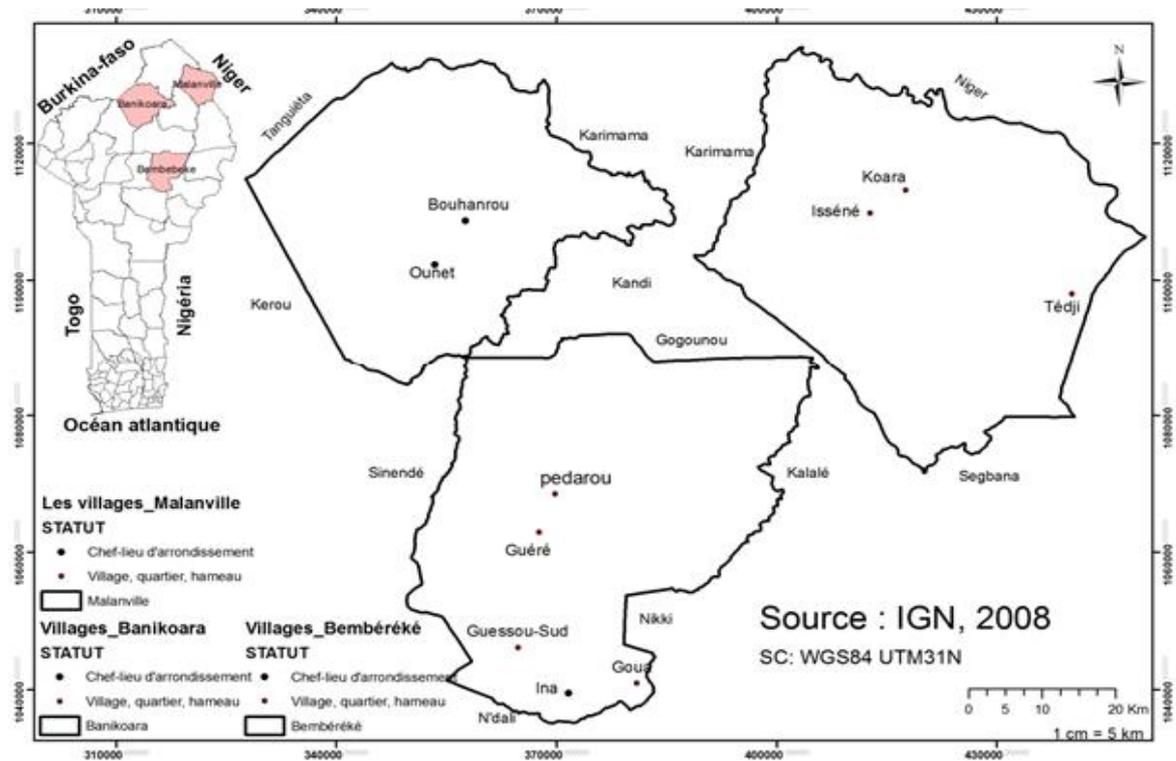


Figure 1 : Carte du Nord-Bénin indiquant la zone d'étude.

Map of the study area.

COLLECTE DES DONNEES

Dans la zone d'étude, 3 zones agro-écologiques ont été pris en compte sur les 4 que compte le Nord-Bénin. Dans chaque zone agro-écologique, une municipalité a été choisie en fonction de l'importance de la culture du maïs, avec le soutien des agents de vulgarisation agricole. Cependant, les communes de Malanville, Banikoara, et Bembèrèké ont été sélectionnées dans les zones agro-écologiques 1, 2 et 3 respectivement. Deux (02) villages ont été choisis respectivement dans les communes de Banikoara et Malanville et cinq (5) villages retenus dans la commune de Bembèrèké suivant leur importance en matière de la production du maïs et de l'adoption des fertilisants. Ainsi, les villages de Koara-Tedji et Isséné (commune de Malanville), Bouhanrou et Ouhet (commune de Banikoara) et Guéré, Pédarou, Guessou-Sud, Goua et Ina (commune de Bembèrèké) ont été sélectionnés. Dans la commune de Bembèrèké, les villages de Guessou-Sud, Goua et Ina ont abrité les essais de démonstration de différentes pratiques de fertilisation dans la production du maïs. Au total, 262 producteurs de maïs ont été

enquêtés à raison de 20 à 32 par village. Les producteurs enquêtés sont les chefs du ménage et d'exploitations agricoles. Pour la collecte des données, deux méthodes ont été utilisées à savoir : la méthode quantitative et la méthode qualitative. Elle s'est faite par des enquêtes sous forme d'entretiens structurés, semi structurés et non structurés. Les données collectées sont relatives aux caractéristiques sociodémographiques et économiques des producteurs, à l'adoption des pratiques de gestion des fertilités de sols et aux déterminants de chaque pratique. Plusieurs outils et méthodes d'analyse des données ont été utilisés. La statistique descriptive a permis de caractériser les différents producteurs de maïs à travers les tableaux de fréquences. Les régressions logistiques ont permis d'identifier les facteurs influençant l'adoption des fertilisants dans la production du maïs.

METHODES

L'analyse concerne les pratiques de gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture par les maïsiculteurs. La décision d'adoption

d'une technologie est dichotomique; ou le producteur peut décider d'utiliser ou non la technologie. La revue de littérature sur les études d'adoption permet de distinguer au moins trois types de modèles couramment utilisés pour analyser la décision d'adopter une technologie agricole: les modèles de probabilité linéaire logit, probit et tobit. Les deux derniers sont très proches du point de vue des caractéristiques. A cet effet, Gourieroux (1989) affirme que les modèles Logit ont été initialement introduits comme approximation des modèles Probit permettant des calculs plus simples.

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu le modèle Logit.

Il faut noter qu'en matière de décision à prendre, celle d'adopter une pratique par le producteur n'intervient que lorsque l'utilité associée à cette adoption atteint une valeur donnée.

En se mettant dans l'hypothèse que cette utilité est mesurée par un indice non observable I_m pour le producteur m et I_{0m} la valeur critique de l'indice à partir de laquelle il accepte adopter, deux cas de figures peuvent se présenter :

- Si $I_m \geq I_{0m}$, alors il adopte la pratique et la variable de décision d'adoption Y prend la valeur 1. Plus l'indice I_m est supérieur à la valeur critique, plus la probabilité pour que le producteur prenne la décision d'adopter la pratique est élevée.

- Si $I_m < I_{0m}$, le producteur prend la décision de ne pas adopter la pratique et Y est égal à 0.

En formulation mathématique, il en vient que

$$\begin{cases} I_m \geq I_{0m} \implies Y=1 & (1) \\ I_m < I_{0m} \implies Y=0 & (2) \end{cases}$$

Pour le ménage m , l'indice I_m peut être une combinaison linéaire de variables X_i qui déterminent l'adoption de la pratique du producteur et des coefficients β_i à estimer. Son expression est alors mathématiquement donnée par :

$$I_m = \sum_{i=1}^k \beta_i X_{im} \quad (3)$$

Avec X_{im} la i ème variable indépendante expliquant la décision d'adoption m et β_i son paramètre correspondant à estimer.

Si nous désignons par Γ un vecteur des paramètres β_i à estimer et par X une matrice de variables indépendantes, l'équation (3) peut s'écrire sous forme matricielle comme suit :

$$I_m = \Gamma X \quad (4)$$

La probabilité P_m pour que l'individu adopte la pratique est alors :

$$P_m = P(Y=1) \quad (5)$$

Comme l'indice I_{0m} est une variable aléatoire, si nous désignons par F sa fonction de probabilité cumulée ou fonction de répartition, il vient que :

$$\begin{cases} P(Y=1) = P(I_{0m} \leq I_m) = F(I_m) \\ P(Y=0) = 1 - F(I_m) \end{cases} \quad (6)$$

La forme fonctionnelle de F est déterminée par celle de la fonction de densité de probabilité de la variable aléatoire I_m . Pour le modèle logit, il s'agit d'une fonction logistique de la forme:

$$F(X) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (7)$$

L'équation empirique issue du modèle théorique se présente comme suit :

$$P(Y_i = 1/\text{adoption}) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (8)$$

X désigne la matrice des variables à introduire dans le modèle.

En considérant les spécifications du modèle, un certain nombre de caractéristiques démographiques et socio-économiques ont été introduites dans le modèle Logit de régression (Tableau I). Les modalités et les signes prédits pour chaque variable indépendante introduite dans les modèles sont présentés dans le tableau I.:

Tableau I : Variables introduites dans les modèles de Logit.*Variables introduced in the logit model.*

Variables	Types ^a	Modalités	Signes attendus
Zone agro-écologie (0/1)	D	0 = Zone 1, 1 = Zone 2 et 3	-
Superficie totale (hectares)	C		-
Age (années)	C		±
Sexe (0/1)	D	0 = Femme, 1 = Homme	+
Expérience en agriculture (années)	C		±
Nombre d'années de scolarisation (année)	C		±
Appartenance à un groupe de production (0/1)	D	0 = Non, 1 = Oui	+
Taille du ménage (nombre de personnes)	C		+
Nombre d'actifs agricoles	C		+
Mode d'accès à la terre (0/1)	D	0 = Direct, 1 = Indirect	±
Nombre de tête de bœufs	C		+
Participation à un essai de démonstration sur la fertilité (0/1)	D	0 = Non, 1 = Oui	-
Département (0/1)	D	0 = Borgou, 1 = Alibori	±
Durée de marche village-champ (minutes)	C		-

D = variable discontinue; C = variable continue

RESULTATS

CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ENQUETES

Les Tableaux II et III présentent les statistiques descriptives de ces variables. Il ressort du Tableau II que la culture de maïs dans la zone d'étude est une activité qui relève principalement de la compétence des hommes (96 %) à dominance les Bariba dans les communes de Banikoara et Bembèrèkè et les Dendi dans la

commune de Malanville. Les femmes de la zone d'étude s'intéressent peu à la production agricole car elles s'occupent des travaux ménagers et elles sont plus utilisées dans la main d'œuvre pour les diverses opérations culturales (semis, application des fertilisants, récolte,...). Le taux de scolarisation des producteurs est faible (44,7 %). Les producteurs appartiennent massivement à un groupe de production (74 %) et sont en contact avec les services de vulgarisation (62 %) qui les appuient sur les innovations agricoles. Très peu (19,8 %) des producteurs participent à une formation sur la fertilité des sols au Nord Bénin.

Tableau II : Statistiques descriptives des variables qualitatives.*Descriptive statistics of qualitative variables.*

Variabes (%)	Modalités	Fréquence, n (%)
Sexe	Masculin	252 (96,2)
	Féminin	10 (3,8)
Situation matrimoniale	Célibataire	7 (2,7)
	Marié	249 (95)
	Divorcé	2 (0,8)
Ethnie	Bariba	169 (64,5)
	Dendi	64 (24,4)
Religion	Animisme	13(4,6)
	Christianisme	86 (32,8)
	Islam	163 (61,8)
Niveau de scolarisation	Aucun	129 (49,2)
	Primaire	56 (21,4)
	Secondaire	56 (21,4)
	Université	05 (1,9)
Niveau d'alphabétisation	Autres	16 (6,1)
	Oui	101 (38,5)
Appartenance à un groupement	Non	161 (61,5)
	Oui	194 (74)
Contact avec un service de vulgarisation	Non	68 (26)
	Oui	162 (62)
Participation à une formation sur la fertilité des sols	Non	100 (38)
	Oui	52 (19,8)
	Non	210 (80,2)

En moyenne, les producteurs ont environ 44 ans. Les hommes sont un peu âgés que les femmes (Tableau III). La taille moyenne des ménages dans la zone d'étude est de 15 personnes. Les plus grands ménages se trouvent dans les communes de Banikoara et Malanville et les plus petits dans la commune de Bembèrèkè. Compte tenu de la structure des ménages, les hommes sont les plus représentés, ; les enfants moyennement représentés et les femmes sont moins

représentées (Tableau III).

Par ailleurs, la durée d'année d'instruction des producteurs est 3 ans en moyenne. En effet, les agriculteurs de Bembèrèkè ont les meilleures années de d'instruction par rapport à ceux de Banikoara et Malanville. Les producteurs enquêtés ont une expérience assez élevée dans l'agriculture et les plus expérimentés se trouvent dans la commune de Bembèrèkè et les moins expérimentés sont dans la commune de Banikoara (Tableau III).

Tableau III : Statistiques descriptives des variables quantitatives.*Descriptive statistics of quantitative variables.*

	Communes	N	Moyenne	Ecart-type
Age moyen des enquêtés (années)	Malanville	64	42,98	11,13
	Banikoara	64	38,84	9,38
	Bembèrèkè	134	46,01	12,09
	Ensemble	262	43,52	11,59
Effectif du ménage (#)	Malanville	64	17,33	12,25
	Banikoara	64	17,56	10,04
	Bembèrèkè	134	12,81	6,87
	Ensemble	262	15,07	9,49
Nombre d'années d'éducation du chef de ménage (#)	Malanville	64	2,84	3,36
	Banikoara	64	3,67	4,98
	Bembèrèkè	134	3,49	4,53
	Ensemble	262	3,38	4,39
Nombre d'années d'expérience (années) du chef de ménage	Malanville	64	19,67	9,78
	Banikoara	64	18,72	8,05
	Bembèrèkè	134	20,12	10,24
	Ensemble	262	19,67	9,62

DETERMINANTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ADOPTION DES PRATIQUES DE GESTION DE LA FERTILITE

Les résultats de la régression logistique binaire de chaque pratique se présentent dans le tableau IV. Pour les trois pratiques, les modèles de régression sont globalement significatifs au seuil de 1 % ($p < 0,001$). De plus la valeur de leur

pseudo R² sont respectivement de 0,34 ; 0,12 et 0,11. Ce qui signifie que 34,46 %, 12,80 % et 11 % de l'adoption ou non respectivement de l'utilisation d'engrais minéraux, l'utilisation d'engrais organiques et l'utilisation combinée (minéraux + organiques) sont expliquées par la variation des variables introduites dans chacun des modèles.

Tableau IV : Taux d'adoption de chaque type de pratique.*Adoption rate of each type of practice.*

Types de pratiques	P-valeur	Pseudo R ²
Utilisation d'engrais minéraux	P = 0,000	0,344***
Utilisation d'engrais organiques	P = 0,000	0,128***
Utilisation combinée (minérale+organique)	P = 0,000	0,110***

***valeurs significatives à 1 %

Utilisation d'engrais minéraux

Plusieurs variables influencent la décision du producteur à adopter les engrais minéraux. Il s'agit de l'âge du chef ménage, le nombre d'années d'éducation d'un membre du ménage la plus scolarisée, la superficie totale du chef ménage, la zone agro-écologie (ZAE), le nombre de têtes de bœuf, de l'expérience en agriculture du producteur, l'appartenance à un groupe de production et de la durée de marche pour atteindre le champ. Le nombre d'années

d'éducation de la personne la plus scolarisée du ménage a un effet positif et l'âge du chef du ménage a un effet négatif, tous au seuil de 1 % sur l'utilisation de l'engrais minéraux dans la production du maïs dans la zone d'étude., l'expérience des producteurs et la taille du ménage ont des effets positifs au seuil de 5 % et la durée de marche village-champ a un effet négatif au seuil de 10 % sur l'usage des fertilisants minéraux dans la production du maïs (Tableau V).

Utilisation des engrais organiques et la combinaison (minérale+organique)

Les résultats montrent que les modèles estimés sont globalement statistiquement significatifs. En effet, les logs vraisemblances (276,092 et 273,515) sont satisfaisantes, ainsi que les tests d'indépendance de Khi-deux des modèles ($\chi^2 = 35,817$ et $\chi^2 = 30,630$) sont tous significatifs à 1 %. Cela stipule qu'il y a une forte corrélation entre les variables (Pseudo $R^2 = 0,128$ et $R^2 = 0,110$). De plus, au niveau des paramètres estimés, on trouve globalement quatre (4) variables qui influencent significativement les probabilités d'adoption de l'utilisation des engrais organiques et la combinaison (engrais minéraux + engrais organiques). Le nombre de têtes de bœufs a un effet positif et la durée de marche village-champ a un effet négatif, tous au seuil de 1 % sur l'utilisation des engrais organiques dans la production du maïs. Le Mode d'accès à la terre détermine positivement l'utilisation de l'engrais organique dans la production du maïs. Lorsque le mode d'accès à la terre est direct, le producteur déciderait d'utiliser les fertilisants organiques sur la superficie emblavée pour la production du maïs. Enfin, la participation des producteurs à un essai de démonstration sur la fertilité des sols détermine positivement l'usage l'engrais organique (Tableau V).

Quant à l'utilisation des fertilisants combinés (minéraux+organiques), la participation des producteurs à un essai de démonstration sur la fertilité des sols, la durée de marche village-champ ont respectivement des effets positifs et négatifs à 1% sur la pratique combinée. Plus le producteur participe à des séances de démonstration sur la gestion des fertilités, plus il adopterait l'usage combinée des pratiques enseignées suivant les effets positifs obtenus lors des démonstrations. Par contre, la durée de marche village-champ diminue la probabilité de combiner l'usage des pratiques lorsqu'elle est longue pour le producteur. Le Mode d'accès à la terre a un effet positif à 10 % sur l'utilisation de l'engrais combiné (minéraux+organique) dans la production du maïs.

En outre, les autres variables socio-économiques n'ont pas des effets significatifs traduisent que la probabilité qu'un agriculteur ait recourt aux fertilisants est indépendant de la zone agro-écologique ou du département dans lequel il se trouve. La superficie totale, le nombre d'actifs agricoles, l'appartenance à un groupement et le sexe du producteur sont des facteurs qui ne diffèrent pas d'un producteur à un autre vis-à-vis de l'usage des engrais au nord-bénin

Tableau V: Récapitulatif des résultats des modèles d'adoption des engrais minéraux, organiques et de la combinaison (minéral+organique).
Summary of the results of the logit models of mineral fertilizers, organic fertilizers and the combination (mineral+organic).

Variables	Engrais minéraux			Engrais organiques			Combinaison (minéraux + organiques)		
	Coeff.	Erreur	P > Z	Coeff.	Erreur	P > Z	Coeff.	Erreur	P > Z
Superficie totale (ha)	-0,059	0,049	0,225	-	-	-	-	-	-
Participation à un essai de démonstration	-	-	-	0,576*	0,340	0,090	0,060***	0,018	0,001
Nombre de têtes de bovins (#)	0,023	0,034	0,493	0,068***	0,020	0,000	0,485	0,343	0,157
Mode d'accès à la terre (Direct/Indirect)	-	-	-	0,187**	0,095	0,050	0,171*	0,096	0,073
Nombre d'années de scolarisation (années)	0,372***	0,113	0,001	-	-	-	-	-	-
Age du chef de ménage (années)	-0,189***	0,056	0,001	-0,015	0,020	0,453	-0,019	0,027	0,475
Taille du ménage (#)	0,202**	0,087	0,021	-	-	-	-	-	-
Expérience en agriculture (années)	0,142**	0,065	0,030	0,013	0,023	0,581	0,014	0,023	0,541
Nombre d'actifs agricoles (#)	-	-	-	-0,026	0,027	0,328	-0,017	0,020	0,408
Appartenance à un groupement (oui/non)	-0,720	0,945	0,446	-	-	-	-	-	-
Sexe du producteur (M/F)	-	-	-	0,540	0,887	0,543	0,366	0,875	0,675
Durée de marche village-champ (minutes)	-0,003*	0,002	0,108	-0,003***	0,001	0,013	-0,003***	0,001	0,014
Zones agro-écologiques	-0,618	0,538	0,251	-	-	-	-	-	-
Département	-	-	-	-0,511	0,352	0,147	-0,495	0,355	0,154
Constante	7,804***	2,693	0,004	-0,867	1,108	0,434	-0,715	1,102	0,516
Log-vraisemblance		-31,932			276,092			273,515	
Pseudo R2		0,344			0,128			0,110	
Chi2		33,58***			35,81***			30,630***	
Probabilité > chi2		0,0001			0,0001			0,0001	

*** : valeur significative à 1 % ($P \leq 0,01$) ; ** : valeur significative à 5 % ($0,01 < P \leq 0,05$) ; * : valeur significative à 10 % ($0,05 < P \leq 0,10$).

DISCUSSION

Dans la présente étude, les taux d'adoption de la fumure minérale (34,4 %), de la fumure organique (12,8 %) et la combinaison minérale-organique (11 %) sont très faibles par rapport aux résultats de . Celui de la fumure minérale se rapproche de celui observé par Sale *et al.* (2014) au Kenya (38 %). Mbetid-Bessane (2010) a trouvé que l'augmentation du taux d'adoption des engrais chimiques passe par celle des semences améliorées et donc par leur promotion.

En effet, le mode d'accès à la terre a eu des effets significatifs sur l'adoption des pratiques notamment l'utilisation d'engrais organiques et celle de la combinaison (minérale+organique). Cependant, le signe positif observé fait croire que les producteurs ayant plus accès à la terre par mode direct ont plus utilisé l'engrais organique pour maintenir la fertilité des sols contrairement à ceux qui ont accès par mode indirect. L'apport d'engrais organique nécessite des matériels roulants et précisément la disponibilité d'une forte main d'œuvre ; ce qui n'est pas faisable par les producteurs ayant accès à la terre par mode indirect (jugée contraignante). Par conséquent, ils adoptent plus l'utilisation d'engrais minéraux et moins les déjections animales et le parcage des bœufs. Les producteurs ayant accès à la terre par mode direct ont un droit de propriétaire sur les terres donc ils ont l'obligation de gérer durablement la fertilité de leurs terres afin d'améliorer les revenus. Selon Adegbola et Arouna (2010) les pratiques pérennes se font sur des terres acquises par des modes de faire-valoir direct, et le plus dominant est l'héritage. Ces mêmes résultats ont été observés par Zoundji *et al.* (2015) dans leurs études sur les déterminants de soja dans les systèmes de production au Bénin et ils ont montré que les producteurs ayant hérité les terres cultivables pratiquent plus les mesures de gestion durable de la fertilité des terres.

L'âge du producteur a un effet négatif sur l'adoption des engrais minéraux dans les systèmes de culture à 1 % . Dans la zone d'étude, les personnes âgées s'intéressent très peu à l'utilisation des engrais minéraux. En effet, ces derniers font recours aux impacts qu'aurait l'utilisation de ce type de fertilisant sur les sols à long terme. Aussi, les personnes âgées disposent moins de ressources que les jeunes,

ce qui ne leur permet pas de faire face aux coûts liés à l'achat d'intrants et d'engager une forte main d'œuvre. La forte utilisation de cette pratique par les jeunes se justifie aussi par le fait qu'ils pratiquent l'agriculture intensive dont les produits sont orientés vers le marché. Ces résultats se rapprochent de ceux de Folefack *et al.*, (2012) et de Kotchoni, (2013) selon lesquels l'âge peut influencer l'adoption de deux manières : pour certains, les jeunes seraient plus réceptifs à l'innovation que les personnes plus âgées et pour d'autres au contraire, les jeunes disposant de plus de ressources peuvent facilement adopter l'innovation.

La taille du ménage a un effet positif à 5 % sur l'utilisation d'engrais minéraux dans les systèmes de culture. En effet, les grands ménages agricoles ont plus d'actifs agricoles, ce qui constitue un grand atout en termes de disponibilité de main d'œuvre pour le chef de ménage. Le chef n'a plus besoin de payer la main d'œuvre, réduisant ainsi les dépenses salariales et de pouvoir dégager des ressources pour acquérir les engrais minéraux.

Le nombre d'années de scolarisation de la personne la plus scolarisée du ménage affecte positivement la décision d'utiliser les engrais minéraux. Les niveaux d'éducation formelle représentent dans les sociétés humaines, un facteur de discernement et de sensibilité à l'adoption d'une innovation. Atchikpa *et al.* (2018), Yabi *et al.* (2016), Sale *et al.* (2014), Maliki (2013), ont rapporté une corrélation positive entre l'éducation et l'adoption des innovations dans les milieux paysans. Les plus instruits approuvent aussi rapidement l'introduction des innovations parce qu'ils anticipent déjà sur les effets bénéfiques à tirer. A cet effet, Yabi *et al.* (2016) ont montré dans leur étude qu'une meilleure compréhension et l'esprit d'ouverture des lettrés aux innovations expliquent le fait que les producteurs instruits adoptent plus des pratiques de gestion de la fertilité des sols introduite par les projets et programmes de protection de l'environnement que les producteurs non instruits. Ces résultats confirment ceux de Yegbemey *et al.* (2012) selon lesquels la plupart des agriculteurs ayant atteint au moins l'enseignement primaire est capable de reconnaître l'importance d'une innovation. Salé *et al.* (2014) ont apporté des précisions en montrant que l'éducation améliore la capacité du producteur à disséquer les informations relatives à l'environnement économique et aux changements climatiques. Pour ces auteurs, les

producteurs éduqués ont de meilleures aptitudes à appliquer et à diffuser les instructions des services de vulgarisation.

L'expérience en agriculture est positivement et significativement corrélée à la pratique d'application d'engrais minéraux. Ce résultat traduit que les producteurs plus expérimentés perçoivent plus vite la baisse de la fertilité des sols et adoptent plus rapidement une pratique permettant de maintenir leur sol toujours fertile. L'expérience en agriculture, comme le soulignent Yegbemey *et al.* (2014), confère au producteur une certaine maîtrise de tout le processus de production et des facteurs qui influencent les différentes étapes de ce processus.

La durée de marche village-champ agit négativement sur la probabilité d'adoption des engrais organiques et la combinaison engrais minéral+organique. Plus la distance est longue, moins ils ont tendance à adopter cette pratique. Les producteurs qui ne sont pas à proximité du champ payeront plus chers pour le coût de transport des fertilisants comparativement à ceux qui sont à proximité. En effet, les champs proches de la maison reçoivent régulièrement de la matière organique (fumier transporté, parcage des bœufs, compostage, ordures ménagères etc.). De ce fait, le paysan a tendance à ne plus appliquer de la matière organique.

Le nombre de têtes de bœuf influence positivement le choix de l'utilisation d'engrais organiques au seuil de 1 %. Plus le nombre de bœufs des producteurs est élevé, plus ils ont tendance à adopter cette pratique. Les producteurs ayant un nombre de bœufs plus élevé sont généralement des agro-pasteurs. Ils disposent d'une grande potentialité de fumure organique issue de leur cheptel ; ce qui leur permet d'appliquer la fumure sur leur superficie ou de faire le parcage sur certaines superficies désirées. Les adoptants de cette pratique ne disposant pas des bêtes font recours à l'achat ou signent un contrat informel avec les peulhs pour le parcage ou pour le ramassage en contrepartie des résidus de récolte.

La participation des producteurs au moins à un essai de démonstration sur la fertilité des sols influence significativement et positivement la probabilité d'utiliser l'engrais organique et la combinaison de l'engrais minéral et organique.

Les producteurs ayant assisté à un essai de démonstration sur la fertilité des sols ont tendance à plus adopter ces pratiques. Ces producteurs ont acquis des informations et des résultats positifs issus de ces essais, ce qui les a motivé à procéder ainsi. Il est à noter que peu de services de vulgarisation prennent en compte l'utilisation de fumures organiques et le parcage des bœufs dans la diffusion des innovations.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier les facteurs déterminants l'utilisation des engrais minéraux, organiques et leur combinaison (minéraux + organiques) au nord du Bénin dans les systèmes de cultures à base du maïs. Les modèles de régression logistiques estimés ont révélé que le nombre de tête de bœufs, la durée de marche, la participation des producteurs à un essai de démonstration moins sur la gestion de la fertilité des sols et le mode d'accès à la terre déterminent l'utilisation de l'engrais organique et de la combinaison (minéraux + organiques). l'âge du chef ménage, la taille du ménage, le nombre d'année de scolarisation, l'expérience en agriculture et la durée de marche village-champ déterminent l'utilisation de l'engrais minéral par les producteurs du maïs. Cette étude est une contribution importante sur les questions des pratiques de gestion de la fertilité des sols par les maïsiculteurs dans leurs divers systèmes de productions. L'adoption de ces pratiques de gestion permettra aux maïsiculteurs de lutter contre la baisse de la fertilité des sols afin d'améliorer efficacement leurs rendements ou revenus tout en aidant le Bénin à atteindre les Objectifs de Développement Durable (ODD) dans la réduction de la pauvreté et la garantie de la sécurité alimentaire. Pour lutter contre la baisse de la fertilité des sols au Bénin due aux aléas climatiques (érosion des sols, la pratique des feux de brousses tardives, courte hivernage, etc.), quelques actions telles que la facilitation de l'accès aux intrants bio, crédits et marchés, l'incitation des producteurs à adopter les nouvelles pratiques de gestion durable des terres, et les variétés améliorées tolérantes à la sécheresse pour l'amélioration des conditions socioéconomiques, infrastructurelles, et techniques doivent être entreprises.

REMERCIEMENTS

L'équipe de chercheurs adresse ses remerciements au PP Afrique de l'Ouest (PPAO) qui a financé cette étude, aux différents producteurs et aux structures de vulgarisation des zones de la recherche.

REFERENCES

- Adebij, K. D., Maiga-Yaleu, S., Issaka, K., Ayena, M., & Yabi, J. A., 2019. Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas de la fumure organique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2), 998-1010.
- Affholder F., Jourdain D., Dinh Q. D., To Phuc T., Morize M. And Ricome A., 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems*, 103 (1) : 51–62;
- Aizoun F. F, Pomalegni S.C.B, Gbemavo D.S.J.C., Farougou S., Youssao I., Mensah G.A., 2017. Digestibilité in vivo de trois types de rations alimentaires en vrac à base de fourrages verts, produits et sous-produits de maïs chez l'aulacode d'élevage au Bénin. *J. Appl. Biosci.*, 112 : 11092-11099.
- Bouinzenwende M. P., Bonzi M., Gnankambary Z., Traore K., Sibiri O. J., Some A.N., Sedogo M. P., 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 cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso, *Cah. Agric.* 22(4).
- Croppenstedt A., Demeke M., Meschi M. M., 2003. Technology adoption in the presence of constraints: the case of fertilizer demand in Ethiopia. *Review of Development Economics*, 7(1) : 58-70.
- FAO, 2016. Produire plus avec moins en pratique: le maïs, le riz et le blé. Guide pour une production céréalière durable. Rome: ISBN 978-92-5-208519-5.
- Folefack P. D., Salé A. et Wakponou A., 2012. Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en zone sahélienne du Cameroun, *Afrique SCIENCE*, 08(2) : 22 – 33.
- Garnett T., Appleby M. C., Balmford A., Bateman I. J., Benton T. G., Bloomer P., Burlingame B., Dawkins M., Dolan L., Fraser D., Herrero M., Hoffmann I., Smith P., Thornton P. K., Toulmin C., Vermeulen S. J., Godfray H. C. J., 2013. Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies, *Science*, 341 (6141): 33-34. • DOI: 10.1126/science.1234485
- Gnanglè, PC, Yabi, JA, Yegbemey, NR, Kakaï, RG, & Sopkon, N. (2012). Rentabilité économique des systèmes de production des parcs à Karité dans le contexte de l'adaptation au changement climatique du Nord-Bénin. *African Crop Science Journal*, 20 : 589-602.;
- Gourieroux C., 1989. *Econométrie des variables qualitatives* (2ème édit., p. 430). Collection Economie et Statistiques avancées.
- Hailu B. K., Abrha B. K., Weldegiorgis K. A., 2014. Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: evidence from southern tigray, northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics (IJAEC)* 2(4): 91-106.
- Hien E., Kabore W.T., Masse D., Dugue P., 2012. Apports organiques et pratiques de conservation de l'eau comme clés de la restauration de la productivité des sols dégradés dans la zone semi-aride du Burkina Faso, *Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles*, IRD EDITIONS Marseille 2012, 15p.;
- Jules P, Camilla T., Stella W., 2011. Sustainable intensification in African agriculture, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 5-24.
- Kate S., Dagbenonbakin G. D., Agbangba C. E., de Souza J. F., Kpagbin G., Azontonde A., Ogouwale E., Tinte B. et Sinsin B., 2014: Perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 82 : 7418-7435.
- Khonje M., Manda J., Alene A. D., Kassie M., 2015. Analysis of Adoption and Impacts of Improved Maizen Varieties in Eastern Zambia. *The International Institute of Tropical Agriculture (IITA)*, Lilongwe, Malawi The International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Nairobi, Kenya, *World Development*, 66(1): 695–706.

- Koutou M., Havard M., Ouedraogo D., Sangaré M., Toillier A., Thombiano T., Vodouhé S. D., 2016. Facteurs d'adoption des innovations d'intégration agriculture-élevage : cas du *Mucuna pruriens* en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. *Tropicultura*. 34 (4) : 424-
- Maliki T R., 2013 : Gestion de la fertilité des sols pour une meilleure productivité dans les systèmes de culture à base d'igname au Bénin, Thèse de doctorat unique ès-Sciences agronomiques, Aménagement et Gestion des Ressources Naturelle, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques, 248p.;
- Mbétid-Bessane E., 2010. Modélisation de l'adoption des innovations techniques en cultures maraichères en République Centrafricaine. *Agronomie Africaine*. 22 (3) : 273 – 283.
- Mbétid-Bessane E., 2014. Adoption et intensification du Nouveau Riz pour l'Afrique en Centrafrique. *Tropicultura*. 32(1) : 16-21.
- Michèle P. 2018. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2018-2027. p. 20
- Rabe M. M., Baoua I., Adeoti, R., Sitou L., Amadou L., Pittendrigh B., & Mahamane S., 2017. Les déterminants socioéconomiques de l'adoption des technologies améliorées de production du niébé diffusées par les champs écoles paysans dans les régions de Maradi et Zinder au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 744-756.
- Rochecouste J-F., Dargusch P., Cameron D. and Smith C., 2015. An analysis of the socio-economic factors influencing the adoption of conservation agriculture as a climate change mitigation activity in Australian dryland grain production, *Agricultural Systems* 135: 20–30
- Ronner E., Franke A.C., Vanlauwe B., Dianda M., Edeh E., Ukem B., Balaf A., van Heerwardena J., Giller K.E., 2016. Understanding variability in soybean yield and response to P-fertilizer and rhizobium inoculants on farmers' fields in northern Nigeria. *Field Crops Research*, 186 , 133-145.
- Sale A., Folefack D. P., Obwoyere G. O., Lenah WATIN., Lenzemo W. V. et Wakponou A., 2014. Changements climatiques et déterminants d'adoption de la fumure organique dans la région semi-aride de Kibwezi au Kenya, *Afrique SCIENCE*, 08(2) : 22 – 33.
- Sigue H., Labiyi I. A., Yabi J. A., & Biaou G. 2018. Facteurs d'adoption de la technologie « Microdose » dans les zones agroécologiques au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12(5) : 2030-2043.
- Sotamenou J. 2012. Les facteurs d'adoption du compost en agriculture urbaine et périurbaine au Cameroun. *Terrains & travaux*. 1(1) : 173-187. Tidjani M. A., Akponikpe P. B. I., 2012. Évaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques: cas de la production du maïs au Nord-Bénin. *African crop science journal*, 20, 425-441.
- Tene M., Laure G., Havard M., & Temple L., 2013. Déterminants socio-économiques et institutionnels de l'adoption d'innovations techniques concernant la production de maïs à l'ouest du Cameroun. *Tropicultura*, 31 (2) : 137-142.
- Tittonell P., Giller K. E., 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 143 (1) : 76-90.
- Toléba M. S., Biaou G., Zannou A., Saïdou A., 2017. Caractérisation des systèmes de production à base de maïs dans les principales zones de culture au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* , 21 (1), 53-75.
- Vanlauwe B., Wendt J., Giller K. E., Corbeels M., Gerardf B., Nolte C., 2014. A fourth principle is required to define Conservation Agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research*, 155, 10–13.
- Yabi, JA, Bachabi, FX, Labiyi, IA, Ode, CA, & Ayena, RL (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisés dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (2), 779-792.
- Yegbemey R. N, Yabi J. A., Aïhoun B. G, Paraiso A, 2014. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cah Agric.* 23: 177-87.