

Étude comparative de l'influence de quelques engrais minéraux et organique sur le rendement de deux variétés de maïs (TZPB-SR-W et MDR-ESRW) dans la commune de Banikoara

David AZOCLI*, Charles AKOIGNON et Souléïmane OUSMANE IBRAHIMA

Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Département du Génie de l'Environnement, Laboratoire de Recherches en Biologie Appliquée (LARBA), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : davidazocli@gmail.com

Résumé

Cette étude porte sur l'influence de quelques engrais minéraux et organique sur le rendement de deux variétés de maïs. Les variétés de maïs utilisées sont les variétés TZPB SR-W et DMR-ESRW. Un apport en matière organique composé de bouse de vache et un apport en matière minérale constitué d'urée (46 % d'azote) et du NPK-SB. Le dispositif expérimental utilisé pour cet essai est un split plot à 5 répétitions avec comme facteur principal, les variétés et facteur secondaire, les traitements. Les traitements étaient T0 : Aucun apport, T1 : Bouse de vache (200 Kg/Ha), T2 : Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha), T3 : Bouse de vache (200 Kg/Ha) + Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha). Les résultats révèlent que les performances agronomiques enregistrées étaient fonction non seulement des types de fertilisation appliqués, mais aussi des variétés utilisées. La hauteur des plants varie entre $142,91 \pm 0,83$ cm et $190,938 \pm 0,77$ cm pour la variété DMR-ESRW. Quant à celle TZPB SR-W, la variation de la hauteur est comprise entre $171,856 \pm 0,87$ et $225,286 \pm 0,62$. Le rendement le plus élevé ($7,201 \pm 0,26$ T/Ha) a été enregistré pour la variété TZPB SR-W et ce, avec la combinaison de la fertilisation minérale et organique. Le poids de 1000 grains a varié entre $810,63 \pm 19,85$ (témoin) à $1311,894 \pm 19,48$ (fertilisation minérale + organique) avec la variété DMR-ERW. Dans un contexte de variabilité climatique et de cherté des engrais, les alternatives à la fertilisation minérale classique sont à explorer. Cette étude constitue un apport à la fertilisation raisonnée impliquant une approche écologique.

Mots-clés : *maïs, engrais organique, rendement, engrais minéraux.*

Abstract

Comparative study of the influence of some mineral and organic fertilizers on the yield of two varieties of maize (TZPB-SR-W and MDR-ESRW) in Banikoara town

This study examines the influence of some mineral and organic fertilizers on the yield of two varieties of maize. The maize varieties used are TZPB SR-W and DMR-ESRW. A supply of organic matter composed of cow dung and an input of mineral matter consisting of urea (46 % nitrogen) and NPK-SB. The experimental setup used for this test is a split plot with 5 repetitions with the main factor, the varieties and secondary factor, the treatments. The treatments were T0 : No intake, T1 : Cow dung (200 Kg / Ha), T2 : Urea (50 Kg / Ha) + NPK (150 Kg / Ha), T3 : Cow dung (200 Kg / Ha) + Urea (50 Kg / Ha) + NPK (150 Kg / Ha). The results show that the agronomic performances recorded depend not only on the types of fertilization applied, but also on the

varieties used. Plant height varies between 142.91 ± 0.83 cm and 190.938 ± 0.77 cm for the DMR-ESRW variety. As for the TZPB SR-W, the height variation is between 171.856 ± 0.87 and 225.286 ± 0.62 . The highest yield (7.201 ± 0.26 T / Ha) was recorded for the variety TZPB SR-W with the combination of mineral and organic fertilization. The weight of 1000 grains ranged from 810.63 ± 19.85 (control) to 1311.894 ± 19.48 (mineral + organic fertilization) with the DMR-ERW variety. In a context of climatic variability and high fertilizer prices, alternatives to conventional mineral fertilization are to be explored. This study constitutes a contribution to reasoned fertilization involving an ecological approach.

Keywords : *maize, organic fertilizer, yield, mineral fertilizers.*

1. Introduction

Les céréales telles que le blé, le mil, le sorgho, le maïs et le riz constituent l'un des éléments de base pour la nutrition de la population mondiale [1]. La production mondiale de céréales en 2014 est estimée à 2,480 milliards de tonnes [1]. Selon le classement de l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation [1], le maïs est l'une des céréales la plus produites au monde après le blé. En Afrique de l'Ouest, la consommation des céréales est très importante [2]. Le maïs (*Zeamays L.*) est une denrée alimentaire de grande importance pour les populations du Bénin [3] Cependant, les rendements moyens du maïs ont profondément diminué au cours de la dernière décennie alors que la population régionale augmente et les besoins en maïs s'accroissent. Plusieurs facteurs expliquent la baisse de la production du maïs. Au nombre de ceux-ci la perte de la fertilité des sols résultant des pratiques agricoles inappropriées et non durables, en particulier dans les zones humides où le potentiel de rendement est plus élevé [4] associée en partie à la faible disponibilité d'intrants agricole [5] et surtout pour les produits vivriers. Outre le problème de la fertilité des sols, les changements climatiques et le manque d'investissement dans les technologies agricoles contribuent à la limitation du rendement de la production agricole. Au Bénin, la culture du maïs est essentiellement dominée par des exploitations familiales traditionnelles avec des rendements variant entre 600 et 700 kg à l'hectare [6]. Ces rendements pourraient encore baissés sous l'effet des perturbations climatiques de plus en plus fréquentes sans compter une augmentation démographique en évolution [7].

La menace d'une crise alimentaire est donc persistante et les solutions préconisées doivent tendre vers l'intensification de la production. Dans ces conditions, les alternatives les plus crédibles devront s'appuyer sur l'amélioration des savoir-faire traditionnels [8]. Des expérimentations ont été réalisées dans ce sens, et les rendements ont été notablement améliorés [9]. La mise au point de variétés améliorées à haut potentiel de rendement de même que l'usage d'engrais a contribué à l'amélioration des rendements [10]. Les rendements du maïs sont très bas et les facteurs responsables de ce faible niveau de rendement sont la désorganisation complète de la structure agricole, le manque de matériel génétique de bonne qualité, la pauvre fertilité des sols, la pression des maladies et ravageurs, les perturbations climatiques et les mauvaises pratiques culturales [11, 12]. Devant cette situation, plusieurs pistes de solutions peuvent être exploitées pour augmenter le rendement de cette culture de base. L'usage des engrais organiques en complément à ceux minéraux constitue une piste à explorer. Dans ce sens, l'effet positif de l'amendement organique dans l'augmentation du rendement du soja par exemple a été démontré [13]. La présente étude a donc pour objectif d'évaluer l'influence de quelques engrais minéraux et organique sur le rendement de deux variétés de maïs (TZPB-SR-W et MDR-ESRW) dans la commune de Banikoara. Spécifiquement, elle à évaluer l'effet d'une fertilisation organique et minérale sur la croissance de deux variétés de maïs et évaluer l'effet d'une fertilisation organique et minérale sur le rendement de deux variétés de maïs.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La présente étude a été menée sur le site expérimental situé à Banikoara suivant les coordonnées 2°17'24" Nord et 11°17'24" Est. Il est caractérisé par un climat de type soudanien. La température sur le site au cours de l'expérimentation est de $23,5 \pm 0,96^\circ$ et la hauteur de pluie est de $(141,66 \pm 3,72)$ mm.

2-2. Matériel végétal

Les variétés de maïs utilisées sont les variétés TZPB SR-W (variété tardive : 120 jours) et DMR-ESRW (variété précoce : 90 jours). Elles proviennent du Secteur Communal pour le Développement Agricole (SCDA) de Banikoara.

2-3. Matériels techniques

Deux types d'apport ont été utilisés pour la fertilisation du sol. Un apport en matière organique (engrais organique) composé de bouse de vache et un apport en matière minérale constitué d'urée (46 % d'azote) et du NPK-SB (14-23-14-5-1). Les traitements appliqués pour la fertilisation du sol sont :

- Traitement témoin T0 : Aucun apport ;
- Traitement T1 : Bouse de vache (200 Kg/Ha) ;
- Traitement T2 : Urée (50Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha)
- Traitement T3 : Bouse de vache (200 Kg/Ha) + Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha).

2-4. Méthodes

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental utilisé pour cet essai est un split plot à 5 répétitions avec comme facteur principal, les variétés et facteur secondaire, les traitements. Le facteur principal (variété) a deux niveaux à savoir : les variétés de maïs TZPB SR-W et DMR-ESRW. L'écartement entre lignes consécutives est de 0,80 m. Entre les poquets d'une même ligne, il était de 0,40 m. Chaque parcelle élémentaire était constituée de quatre lignes. *Conduite de l'essai* : Au début de la campagne, après le labour du champ, les bouses de vache ont été épandues dans les parcelles unitaires concernées. Le substrat est un sol de types ferrallitique tropical. Le précédent cultural était le niébé. L'engrais minéral NPK-SB (14-23-14-5-1) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliquée au 35^{ème} jour après semis, en raies, le long des lignes de semis. Deux sarclages manuels ont été effectués à 3 et 8 semaines après le semis. Plusieurs paramètres de croissance et de rendement ont été relevés. Parmi ces paramètres agronomiques, nous avons retenu :

- Les paramètres de croissance :
 - la hauteur des plants (HP) par parcelle élémentaire (en cm);
 - la longueur des épis par plant (LE) ;
 - la hauteur d'insertion des épis (HIE), (en cm) ;
- Les paramètres de production en grains :
 - le nombre d'épis récolté par pied de maïs (NER);
 - le poids moyen des grains (PMG) des épis par pied de maïs (en g) ;
 - le poids de 1000 grains (1000P) (en g),
 - le rendement à l'hectare (R) (tonne / Ha).

Les données agronomiques ont été analysées au moyen du logiciel statistique R 3.3.1 [14]. Une analyse de variance à deux facteurs a été effectuée grâce à la fonction aov du package agricole [15]. Les facteurs de variabilité étant la variété et le traitement utilisé. Le test de comparaison multiple de Student Newman et Keuls (SNK) a été faite grâce à la fonction SNK, test du package agricole [15].

3. Résultats

3-1. Effet des apports fertilisants sur la croissance végétative des variétés de maïs testées

Les moyennes de la hauteur des plants, la longueur des épis et de la hauteur d'insertion des épis sont présentées dans le **Tableau 1**. Des résultats d'analyse de variance ont révélé qu'il existe une variation hautement significative ($p < 0,001$) de tous les paramètres de croissance suivants d'une part, du type de fertilisation, et d'autre part, de la variété.

Tableau 1 : Variation des paramètres de croissance des variétés de maïs testées suivant les traitements (Moyennes \pm écart-types)

Variété	Traitement	HP (cm)	LE (cm)	HIE (cm)
DMR-ESRW	T0	142,91 \pm 0,83d**	8,752 \pm 0,95d	49,812 \pm 0,63d
	T1	151,012 \pm 0,8c	12,866 \pm 0,91c	61,794 \pm 0,46c
	T2	170,966 \pm 0,70b	15,956 \pm 0,70b	68,622 \pm 0,49b
	T3	190,938 \pm 0,77a	20,044 \pm 0,61a	82,794 \pm 0,46a
TZPB SR-W	T0	171,856 \pm 0,87d	11,888 \pm 0,83d	52,556 \pm 0,54d
	T1	185,986 \pm 0,74c	16,082 \pm 0,95c	63,7 \pm 0,68c
	T2	192,888 \pm 0,74b	20,73 \pm 0,77b	85,78 \pm 0,60b
	T3	225,286 \pm 0,62a	26,896 \pm 0,83a	98,818 \pm 0,50a
Effet de la variété		$< 2.10^{-16}$	$< 2.10^{-16}$	$< 2.10^{-16}$
Effet des traitements		$< 2.10^{-16}$	$< 2.10^{-16}$	$< 2.10^{-16}$
Interaction		$< 2.10^{-16}$	$3,91.10^{-5}$	$< 2.10^{-16}$

***Les moyennes portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.*
 HP : Hauteur des plants, LE : Longueur des épis, HIE : Hauteur d'insertion des épis, T0 : Aucun apport, T1 : Bouse de vache (200 Kg/Ha), T2 : Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha), T3 : Bouse de vache (200 Kg/Ha) + Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha)

L'interaction variété-type et fertilisation influence aussi significativement ($p < 0,001$) la hauteur des plants, la longueur des épis et la hauteur d'insertion des épis.

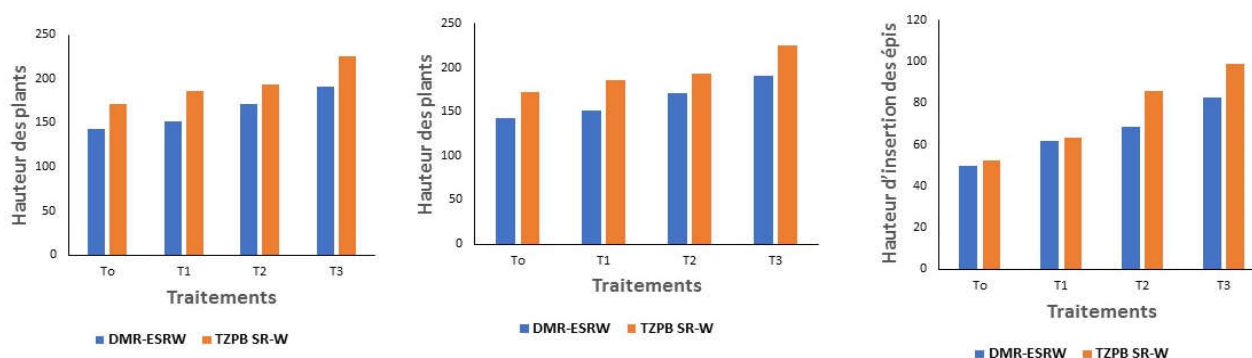


Figure 1 : Effet des apports fertilisants sur la croissance végétative des variétés de maïs

L'analyse du **Tableau 1** et la **Figure 1** montre que la hauteur des plants varie entre 142,91 \pm 0,83 cm et 190,938 \pm 0,77 cm pour la variété DMR-ESRW. Quant à celle de TZPB SR-W, la variation de la hauteur est comprise entre 171,856 \pm 0,87 cm et 225,286 \pm 0,62 cm. La variété TZPB SR-W a présenté des épis plus long

(26,896 ± 0,83 cm) et hautement (98,818 ± 0,50) insérés sur la tige du plant de maïs. Les valeurs les plus hautes ont été observées au niveau de la planche traitée avec la combinaison d'engrais minéral et organique. Une différence significative entre les différents types de fertilisation utilisés a été révélée par le test SNK de structuration des moyennes.

3-2. Effet des apports fertilisants sur le rendement des variétés de maïs testés

Le **Tableau 2** présente les moyennes des paramètres de rendements suivants les variétés et les types de fertilisation utilisés. De façon globale, la variation de tous les paramètres de rendement est non seulement liée au type de fertilisant mais aussi à la variété. De même, l'interaction entre la variété et le type de fertilisation explique cette variation.

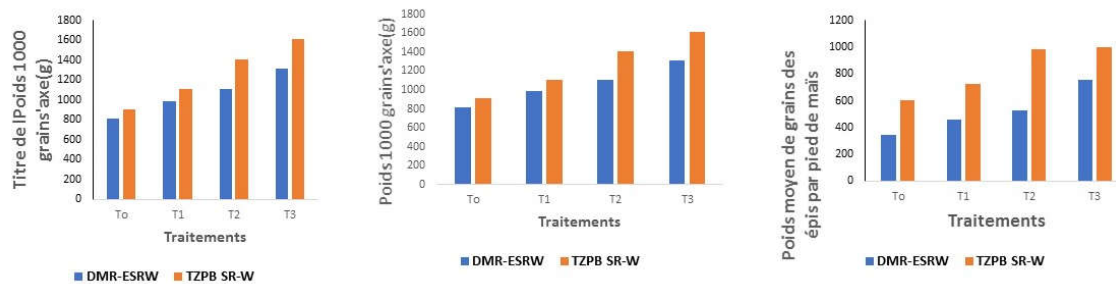


Figure 2 : Effet des apports fertilisants sur le rendement des variétés de maïs

Le rendement le plus élevé (7,201 ± 0,26 T/Ha) a été enregistré pour la variété TZPB SR-W et ce, avec la combinaison de la fertilisation minérale et organique. Le poids de 1000 grains a varié entre 810,63 ± 19,85 g (témoin) et 1311,894 ± 19,48 g (fertilisation minérale + organique) avec la variété DMR-ERW. Le nombre moyen des épis est significativement le même (un épi) pour les traitements T0 et T1 avec la variété DMR-ESRW. Le poids moyen de grains des épis par pied de maïs varie significativement entre 348,428 ± 0,37 g et 755,391 ± 0,15 g pour la variété DMR-ESRW, et de 602,974 ± 0,29 à 1002,814 ± 0,33g pour la variété TZPB SR-W.

Tableau 2 : Variation des paramètres de rendement des variétés de maïs testées suivant les traitements (Moyennes ± écart-types)

Variété	Traitement	NER	PMGE (g)	1000 P (g)	R(T/Ha)
DMR-ESRW	T0	1,032 ± 0,03c**	348,428 ± 0,37d	810,63 ± 19,85d	1,870 ± 0,14ab
	T1	1,09 ± 0,04c	457,781 ± 0,24c	988,056 ± 20,58c	2,602 ± 0,23c
	T2	1,828 ± 0,11a	524,124 ± 0,18b	1111,014 ± 19,75b	3,902 ± 0,31b
	T3	3,084 ± 0,06b	755,391 ± 0,15a	1311,894 ± 19,48a	4,501 ± 0,41a
TZPB SR-W	T0	0,836 ± 0,46d	602,974 ± 0,29d	909,788 ± 20,47d	4,102 ± 0,28d
	T1	1,38 ± 0,41c	726,124 ± 0,35c	1109,826 ± 20,67c	4,735 ± 0,31c
	T2	2,242 ± 0,27b	986,128 ± 0,26b	1409,774 ± 20,44b	5,641 ± 0,18b
	T3	3,868 ± 0,21a	1002,814 ± 0,33a	1610,056 ± 20,58a	7,201 ± 0,26a
Effet de la variété		2,28.10 ⁻¹⁵	< 2.10 ⁻¹⁶	< 2.10 ⁻¹⁶	2,28.10 ⁻¹⁵
Effet des traitements		< 2.10 ⁻¹⁶	< 2.10 ⁻¹⁶	< 2.10 ⁻¹⁶	< 2.10 ⁻¹⁶
Interaction		3,60.10 ⁻¹⁰	< 2.10 ⁻¹⁶	2,35.10 ⁻¹⁴	3,60.10 ⁻¹⁰

**Les moyennes portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.
 NER : Nombre d'épis récolté par pied de maïs PMGE : Poids moyen de grains des épis par pied de maïs, 1000 P : Poids 1000 grains, R : Rendement, T0 : Aucun apport, T1 : Bouse de vache (200 Kg/Ha), T2 : Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha), T3 : Bouse de vache (200 Kg/Ha) + Urée (50 Kg/Ha) + NPK (150 Kg/Ha)

4. Discussion

Cette étude montre que l'apport en matière organique (bouse de vache) a induit une croissance végétative et un rendement plus important que sur un sol sans aucun fertilisant (témoin). Cette différence en croissance et en rendement apportée par la matière organique pourrait se justifier par une bonne synchronisation entre la décomposition de la bouse de vache, libérant les éléments nutritifs, et l'assimilation par la plante. En effet, la bouse de vache a été appliquée 15 jours avant le semis du matériel végétal. La bouse de vache semble donc avoir un taux de décomposition convenable qui a permis aux plants d'assimiler les éléments nutritifs issus de cette décomposition. Ces résultats corroborent ceux de [16] qui ont démontré que le taux de décomposition de la matière organique et l'augmentation des rendements étaient étroitement liés à la synchronisation entre la libération des nutriments et leur assimilation par la plante. Comme l'ont montré différents auteurs, l'azote est l'élément le plus important pour la vie de la plante. Extrait de l'air par quelques plantes ou du sol, il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes [17, 18]. Les résultats de cette étude révèlent que les données de croissance et de rendement des plants de maïs étaient plus importantes avec la fertilisation minérale comparée au sol n'ayant subi aucune fertilisation. Ainsi, les hauteurs des plants, de même que la longueur des épis et la hauteur d'insertion des épis sont plus élevées sur les parcelles ayant subi la fertilisation minérale qu'avec celles n'ayant subi aucune fertilisation.

La grande taille des plantes observée sur les parcelles fertilisées avec de l'engrais minérale serait plus liée à la quantité d'azote apportée. En effet, l'azote est l'élément le plus important pour la vie des plantes. Extrait de l'air par quelques plantes ou du sol, il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes [19]. Il paraît donc logique que la combinaison de la fertilisation minérale et organique suivant les proportions appliquées dans cette étude, explique les valeurs les plus élevées observées au niveau des paramètres de croissance et de rendement. Cependant, la variabilité du rendement et de la croissance des plants n'est pas seulement liée aux types de fertilisation. L'étude a également révélé que la hauteur des plants de même que le rendement varient en fonction des variétés. Ainsi, la différence significative des paramètres de croissance et de rendement est due au génotype de chaque variété. En effet, la variété TZPB SR-W (une variété à cycle long : 120 jours) est reconnue plus productive [8]. Avec cette variété, les rendements varient entre 5 à 6 tonnes/hectare contre 3,5 à 4 tonnes/hectare pour la variété DMR-SRW (variété à cycle court : 90 jours). Il en est de même pour les hauteurs des plants et de la longueur des épis [8].

5. Conclusion

L'étude menée a révélé que la variation des paramètres de croissance des variétés de maïs testées est fonction non seulement des types de fertilisation appliqués, mais aussi des variétés utilisées. L'application combinée dès la fertilisation a induit le rendement le plus élevé ($7,201 \pm 0,26$ T/Ha) sur la variété TZPB SR-W et ce, avec la combinaison de la fertilisation minérale et organique. Le poids de 1000 grains a varié entre $810,63 \pm 19,85$ g (témoin) et $1311,894 \pm 19,48$ g pour l'usage de la fertilisation minérale + organique avec la variété DMR-ERW. Une augmentation des rendements en grains de maïs de même que la croissance des plants. L'usage de matière organique comme la bouse de vache peut être recommandé auprès des paysans afin d'augmenter leur rendement.

Cependant, des points d'amélioration subsistent. Il convient de proposer en perspective :

- d'implémenter les résultats de cet essai en milieu paysan afin de voir l'impact des contraintes d'ordre environnemental sur le rendement ;
- d'effectuer une étude sur la rentabilité économique du paquet technologique adopté.

Références

- [1] - FAO, Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales. Rome, FAOSTAT, Italie, (2014), <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr> Consulté le 20/11/2016 à 20h30mn
- [2] - A. N. ADJILE, A. P. HOUSSOU, N. MONTEIRO, M. C. FAINOU, N. H. AKISSOE et F. TOUKOUROU, « Caractérisation du procédé de gambari-lifin (farine de maïs décortiqué-dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique », « *Nature & Technologie* » B- Sciences Agronomiques et Biologiques, N° 12 (2015) 142 - 150
- [3] - A. AGBAKA, Y. TANO, C. BORGEMEISTER, K. FOUA-BI et H. R. MARKHAM, « Importance des variétés de maïs sur le développement de *Prostephanus truncatus horn* (Bostrichidae), ravageur des stocks de denrées alimentaires », *J. Sci.*, Vol. 5, (2005), 1 - 6
- [4] - P. A. SANCHEZ, « Soil fertility and hunger in Africa », *Science*, Vol. 295, (5562) (2002) 2019 - 2020
- [5] - M. FOSU, R. F. KÜHNE et P. L. VLEK, « Improving maize yield in the Guinea savannah zone of Ghana with leguminous cover crops and PK fertilization », *J. Agron.*, Vol. 3, (2) (2004) 115 - 121
- [6] - B. ADJAHOSSOU, V. ADJAHOSSOU, D. ADJAHOSSOU, P. EDORH, B. SINSIN et M. BOKO, « Aspects nutritionnels de l'optimisation d'un système de cultures associant le maïs et l'arachide au Sud-Bénin », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 3, (5) (2009) 28 - 40
- [7] - C. P. GNANGLE, R. GLELE KAKAÏ, A. E. ASSOGBADJO, S. VODOUNNON, J. AFOUDA YABI et N. SOKPON, « Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin », *Climatologie*, Vol. 8, (2011) 27 - 40
- [8] - A. J. SEMASSA, S. W. PADONOU, V. B. ANIHOUVI, N. H. AKISSOE, A. ADJANOHOUN et L. BABA-MOUSSA, « Diversité variétale, qualité et utilisation du maïs (Zea Mays) en Afrique de l'Ouest : Revue critique », *Eur. Sci. J. ESJ*, Vol. 12, (18) (2016)
- [9] - S. B. ADJAHOSSOU, D. F. ADJAHOSSOU, V. N. ADJAHOSSOU, B. SINSIN et M. BOKO, « Optimisation de la productivité d'un système de cultures associant le maïs (Zeamays) et l'arachide (Arachishypogea) au Sud-Bénin », *Cameroon J. Exp. Biol.*, Vol. 4 (2) (2008)
- [10] - K. P. DEFFAN, L. AKANVOU, R. AKANVOU, G. J. NEMLIN et P. L. KOUAME, « Evaluation morphologique et nutritionnelle de variétés locales et améliorées de maïs (Zea mays L.) produites en Côte d'Ivoire », *Afr. Sci. Rev. Int. Sci. Technol.*, Vol. 11, (3) (2015) 181 - 196
- [11] - N. K. LUCIENS *et al.*, « Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (Zea mays L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo », *J. Appl. Biosci.*, Vol. 65, (2013) 4945 - 4956
- [12] - N. K. LUCIENS, U. S. YANNICK, M. M. MICHEL, B. M. DAVID, K. L. EMERY et B. L. LOUIS, « Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de Zea mays L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo », *J. Appl. Biosci.*, Vol. 59, (2012) 4286 - 4296
- [13] - L. M. E. KASONGO *et al.*, « Réponse de la culture de soja (Glycine max L.(Merril) à l'apport des biomasses vertes de Tithonia diversifolia (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, RD Congo », *J. Appl. Biosci.*, Vol. 63, (1) (2013) 4727 - 4735
- [14] - R. C. TEAM, *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria, (2016)
- [15] - F. DE MENDIBURU, « 74 index. smith », *Package 'agricolae'*, (2015) 74 p.
- [16] - J. COBO, E. BARRIOS, D. C. KASS et R. THOMAS, « Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil », *Biol. Fertil. Soils*, Vol. 36, N° 2 (2002) 87 - 92
- [17] - J. LAFOND, « Fractionnement de la fertilisation azotée minérale et organique: Effet sur la productivité du canola de printemps et sur les nitrates du sol », *Can. J. Soil Sci.*, Vol. 84, (4) (2004) 491 - 501

- [18] - G. B. T. JEREMIE, C. MAMERI, Y. ALBERT et K. Z. JULES, « Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : Cas de la zone de Gagnoa dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire », *J. Appl. Biosci.*, Vol. 46, (2011) 3153 - 3162
- [19] - FAO, « Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Projet Intrants », Niger, Manuel de formation, (2005)