

EFFETS DES FUMURES NPK ET DÉJECTIONS DE PETITS RUMINANTS SUR LA PRODUCTIVITÉ ET LA VALEUR FOURRAGÈRE DU MAÏS ET DE L'ARACHIDE AU SUD-BÉNIN

*A. Y. G. BLOUKOUNON**, *A. SAÏDOU**, *S. BABATOUNDE***, *I. BALOGOUN**,
*S. ARAKOGNE**, *E. KASSAVI** ET A. ADEGBIDI****

**Unité de Recherche sur la Gestion Intégrée des Sols et des Cultures (ISCM), Laboratoire des Sciences du Sol, Département de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 RP Cotonou, République du Bénin - E-mail : adinbloukounon@gmail.com*

*** Laboratoire de Zootechnie, Département de Production Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 RP Cotonou, Bénin*

****Département d'Economie Sociologie Anthropologie et Communication, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 RP Cotonou, Bénin*

RÉSUMÉ

L'intégration agriculture-élevage dans les systèmes de gestion de la fertilité des sols se révèle être l'une des solutions durables face aux récurrents problèmes de baisse de la fertilité des sols et de disponibilité fourragères. Trois types d'engrais à base de déjections de petits ruminants et/ou d'engrais NPK ont été testés afin d'évaluer leurs effets sur la productivité du maïs et de l'arachide en culture associée ainsi que sur leurs valeurs fourragères. Dans chaque champ paysan, le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet à trois répétitions composé de quatre traitements (Témoin sans apport d'engrais, MF : engrais NPK 14-23-14 à 200 kg/ha, OM : déjections de petits ruminants à la dose de 5t/ha et MF+OM : déjections de petits ruminants à la doses de 5t/ha + 200 kg/ha NPK 14-23-14). Les précédentes successions culturales des champs paysans sont considérées également comme facteur. Le pH (eau) et les teneurs en carbone organique, azote total, phosphore assimilable puis en potassium échangeable indiquent un faible niveau de fertilité des sols étudiés. Les rendements grains, gousse et biomasse de maïs et d'arachide ; les quantités de N, P et K mobilisées dans la biomasse de maïs et d'arachide ainsi que les valeurs azotée et énergétique des résidus culturaux utilisés comme fourrages ont été significativement influencés ($P < 0,05$ à $P < 0,001$) par les types d'engrais et les successions culturales sur les parcelles expérimentales. Les résidus d'arachide ont présenté les plus fortes valeurs nutritives $20,48 \pm 0,41\%$ pour la matière azotée totale; $143,04 \pm 6,89$ g/kg matière sèche pour la matière azotée digestive et $1,09 \pm 0,02$ UFL/kg matière sèche pour la valeur énergétique nette comparativement aux résidus de maïs. L'étude suggère une combinaison des deux types de résidus de culture pour l'affouragement des petits ruminants dans un contexte de précarité fourragère.

Mots clés : Fertilité des sols, engrais organique, résidus de récolte, cultures associées, qualité de fourrage.

INFLUENCE OF NPK FERTILIZER AND SMALL RUMINANTS MANURE ON THE PRODUCTIVITY AND THE FODDER VALUE OF MAIZE AND GROUNDNUT IN SOUTHERN BENIN

ABSTRACT

Integration crop-livestock in soil fertility management prove to be a sustainable response to soil fertility decline especially in the context of land scarcity. The effect of three fertilizer types from sheep and goat

dung and NPK fertilizer on the productivity and fodder value of maize and groundnut fodders and grains intercropped was studied at Djidja and Aplahoué districts in southern Benin. In each crop succession, the experimental design was Fisher's block with three replicates and four treatments (Control, MF: use of 200 kg/ha of NPK 14-23-14, OM: use of 5t/ha of sheep and goat manure, OM+MF: use of organic manure 5t/ha + 200kg/ha of NPK 14-23-14). Previous crops successions are considered as factor that could affect the results. pH (water), soil organic carbon, nitrogen, available phosphorus and exchangeable potassium revealed decline of soil fertility. Grain and maize straw yields, pods and groundnut biomass yields were significantly ($p < 0.05$ to $p < 0.01$) influenced by the type of fertilizer and by the previous crop successions. Furthermore, nutrients (N, P and K) uptake by maize straw and groundnut biomass and the nutritive fodder values differ significantly ($p < 0.05$) considering the type of fertilizer and crop successions. Groundnut fodder had the highest nutritive value $20.48 \pm 0.41\%$ for total nitrogen matter; 143.04 ± 6.89 g/kg dry matter for nitrogen digestible matter and 1.09 ± 0.02 UFL/kg dry matter for energetic value compared with maize straw. The study suggests to combine maize straw and groundnut biomass to feed small ruminants in the context of fodder scarcity.

Keywords: Soil fertility, organic manure, crops residues, intercropping, fodder quality.

INTRODUCTION

La baisse de la fertilité des sols est l'une des principales contraintes de l'agriculture dans les pays Subsahariens (Douthwaite *et al.*, 2002 ; Saïdou *et al.*, 2012). Il en résulte la baisse des rendements culturels (surtout le maïs) et la faible productivité des pâturages. Le Sud-Bénin et principalement le Plateau Adja ne fait pas exception à cette situation. Une des stratégies pour résoudre ce problème est l'utilisation des engrais organiques (Koné *et al.*, 2010 ; Saïdou *et al.*, 2012). Cette pratique contribue à l'augmentation du stock de matière organique et à l'accroissement de la capacité d'échange cationique et par conséquent, du niveau de fertilité des sols (Weber *et al.*, 2007). En dehors des fientes de volailles, le fumier de caprins et d'ovins aussi riche en éléments fertilisants (Fagroud *et al.*, 2005) constitue une alternative de régénération et d'entretien des sols surtout dans les grandes zones d'élevage de petits ruminants comme Djidja et Aplahoué au sud Bénin qui sont sous contraintes foncières. L'importance des résidus de récolte en tant que complément alimentaire en périodes de pénuries de fourrage ainsi que celle des déjections animales dans la fertilisation des sols ont été évoqués dans une perspective d'intégration agriculture-élevage (Babatoundé *et al.*, 2009). En effet, l'intégration agriculture-élevage permet une intensification simultanée et synergique des productions végétales et animales répondant aux objectifs d'accroissement des productions, des revenus des ménages agricoles et d'usages efficaces des ressources (Lhoste, 2004). Ainsi, dans ce système, l'énergie développée par les animaux de trait par la culture attelée peut être utilisée pour divers travaux culturels ; les éléments fertilisants produits par les animaux peuvent être utilisés dans la fertilisation des champs et les résidus de récolte peuvent être utilisés pour l'alimentation des animaux.

Bien que ce système ait pris une plus grande envergure avec la culture du coton, devenue le moteur du développement agricole dans les savanes africaines (Zoundi *et al.*, 2006), toutefois, il contribue utilement à la sécurité alimentaire des pays en développement et participe à la moitié de la production agricole mondiale. Par exemple, à l'échelle de l'Afrique subsaharienne, la production au sein des systèmes agriculture-élevage représente 35 % de la production totale de viande bovine, 20 % de la production de viande de petit ruminant, 35 % de la production de viande de volaille, 40 % de la production de viande de porc, 15 % de la production de lait et 10 % de la production d'œufs (OCDE, 2008). Globalement, la tendance forte vers l'intégration élevage-agriculture imputable à la croissance démographique humaine relève selon la FAO (2001) des avantages suivants : (i) la répartition des risques sur les productions végétale et animale, (ii) la complémentarité entre l'agriculture et l'élevage et (iii) la flexibilité consacrant les rapports agriculture/élevage. Mais les processus d'intégration agriculture-élevage sont altérés par des politiques mal en point, la baisse de la pluviométrie, la pression démographique (Dieye *et al.*, 2003) et interfèrent avec l'utilisation plus efficace des animaux dans la production agricole et des produits agricoles et des résidus de cultures dans l'alimentation du bétail. Ainsi, la fumure organique induirait une variation de la contribution de l'élevage au PIB de 25% à 35% pour l'Afrique subsaharienne et à près de 50 % pour l'Afrique de l'Ouest (Smith *et al.*, 1997).

Il est prouvé que la valeur nutritive des fourrages détermine la croissance de l'animal et même la qualité de son excrétion. L'importance et la valeur nutritive des fourrages de graminées et de légumineuses cultivées sur les aires de pâture des régions tropicales ont été relativement documentées (Babatoundé *et al.*, 2011a ; Babatoundé *et al.*, 2011b ; Babatoundé *et al.*, 2009a ; Babatoundé *et al.*, 2009b ; Adjolohoun, 2008 ; Buldgen *et al.*, 2001 ; Ndimubandi *et al.*, 1998 ; Demarquilly *et al.*, 1992 ; Richards *et al.*, 1990). Toutefois, peu de travaux ont examiné la valeur nutritive des résidus de récolte plus particulièrement sous différents types de fumure. Pourtant, les résidus de récolte d'arachide, de niébé, de maïs, de mil, du sorgho et du riz ont été identifiés comme des potentiels à l'amélioration des valeurs nutritives des rations des animaux (Savadogo 2000). De même, l'utilisation des résidus de légumineuses (arachide et niébé) complétés par les pailles de céréales améliorent les valeurs nutritives des rations des ruminants (Nanema, 1998). Dès lors que le maïs et l'arachide constituent les aliments de base et les principales plantes cultivées dans les communes d'Aplahoué et de Djidja, l'intégration agriculture-élevage dans les systèmes de culture du maïs et de l'arachide est désormais perçue comme un mode de production agricole, une

alternative de gestion durable des ressources naturelles et une amélioration de la productivité agricole et de l'économie familiale (Zoundi *et al.*, 2006). En effet, les systèmes de culture du maïs et de l'arachide au Bénin sont basés sur des associations et des rotations culturales qui répondent généralement aux principes de fertilité des sols tels que perçus par les paysans (Saïdou *et al.*, 2004) et dont les effets sur le sol varient selon le choix de rotation/association. Par exemple, dans les systèmes de culture basés sur des rotations coton-maïs ou légumineuses-maïs, le maïs bénéficie des arrières effets de la fertilisation du coton ou de l'arrière effet de la fixation de l'azote atmosphérique. Cependant, les assolements et rotations de culture, quoique contribuant à une exploitation plus longue des terres, favorisent un épuisement plus prononcé de ces terres (Djèntonin *et al.*, 2002). Boko et Kpagbin (1996) l'ont démontré à partir des bilans négatifs d'éléments nutritifs qu'ils ont enregistrés.

Dans une perspective de gestion durable des sols, Djèntonin *et al.* (2002) ont préconisé en plus des assolements et des rotations, une récupération des résidus de récolte actuellement incinérés dans les exploitations agricoles et leur transformation en fumier de ferme, dans les parcs de stabulation. Ce qui permet de produire au bout de 4 à 6 mois 840 kg matière sèche (MS) de fumier par bœuf de trait avec un apport de résidus de 740 kg (MS).

Dans un tel contexte où les animaux fournissent aux systèmes de culture entre autres, des fertilisants (déjections, fumier...) et bénéficient d'apports alimentaires de l'espace cultivé (résidus de culture, adventices, sous-produits des produits vivriers, végétation des jachères), les cultures fourragères peuvent rentrer dans l'assolement, apportant aux animaux des compléments alimentaires de qualité (Alari et Lhoste 2002). A ce stade d'intensification supérieure, connaître les impacts des associations culturales maïs/arachide couplées à la fertilisation minérale et organique sur la productivité et la qualité fourragère des résidus culturels aiderait les processus d'intégration Agriculture-élevage déjà très complexés par les politiques. La présente étude a pour objectif d'évaluer les réponses agronomiques et les valeurs fourragères respectives du maïs et de l'arachide aux fumures organiques, minérales et organo-minérales au Sud-Bénin.

MILIEU D'ÉTUDE

Les expérimentations ont été réalisées de Juin à Octobre 2012 dans les communes de Djidja dans le département du Zou et d'Aplahoué dans le département du Couffo au Sud du Bénin. Dans chaque commune, deux villages ont été choisis suivant la disponibilité foncière pour abriter l'essai : à

Djidja, Agouna (7°56'36" N et 1°70'03"E) et Sovlegni (7°32'91" N et 1°83'71"E) ; A Aplahoué, Yehouemey (6°97'04"N et 1°70'69" E) et Houétan (7°00'73" N et 1°71'54" E). La pluviosité moyenne annuelle est de 1200 mm avec une température moyenne allant de 25 à 28°C pour l'ensemble des deux communes. La grande saison pluvieuse va de mars en juillet et la petite saison de 2,5 mois commence en septembre. Ce climat tend vers une distribution unimodale. Aplahoué montre un sol de terre de barre, ferrallitique faiblement dénaturés, profond et argilo-sableux, tandis qu'à Djidja, il est de type ferrugineux tropicaux (Igue *et al.*, 2005 ; Igue *et al.*, 2012)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Dans chacune des communes, quatre producteurs à raison de deux femmes et deux hommes ont été sélectionnés pour abriter les essais agronomiques sur la base de la disponibilité foncière et la possession d'un effectif important de caprins et d'ovins dans leur ménage. Au total, quatre types de précédentes successions culturales ont été enregistrés chez l'ensemble des producteurs des deux communes et sont considérées comme facteurs pouvant influencer les résultats. Il s'agit des successions culturales maïs-arachide-maïs et maïs-coton-maïs à Djidja ; maïs-niébé-maïs et maïs-manioc-maïs à Aplahoué. Chacun des types de successions culturales étant observé par deux producteurs. Dans chaque champ paysan, le dispositif expérimental utilisé est constitué de blocs aléatoires complets à trois répétitions et quatre traitements (Control : témoin ; MF : apport de 200 kg/ha NPK 14-23-14 ; OM : apport de 5t/ha de déjections de petits ruminants et MF+OM : apport d'une combinaison de 200 kg/ha NPK 14-23-14 + 5t/ha de déjections de petits ruminants). Les variétés de maïs EVDT 97 STR et d'arachide Ekuyii (nomination en langue locale Adja) largement cultivée dans la zone ont été semées le même jour en association en bande intercalée (1 ligne de maïs et 3 lignes d'arachide) à des écartements de semis respectifs de 1,60 m x 0,40 m pour le maïs et 0,40 m x 0,20 m pour l'arachide sur chaque unité parcellaire de 6,40 x 4 m. Les déjections de petits ruminants ont été épandues en fumure de fond à 5t/ha recommandée par Janssen (1993) et l'engrais NPK 14-23-14, uniquement au maïs au 21^{ème} jour après semis à la dose vulgarisée de 200 kg/ha. Ainsi, l'arachide n'a pas reçu d'engrais NPK. La récolte a été effectuée après la maturité (entre 86 et 97 jours après semis pour l'arachide puis entre 97 et 110 jours après semis pour le maïs) et les grains ont été séparés des résidus de récolte.

Analyse des sols et des plantes et les données collectées

Les échantillons de sol ont été prélevés à une profondeur de 0-20 cm dans chaque champ expérimental avant la mise en place de l'essai. De même, des échantillons d'épis de maïs, de gousses d'arachide et les résidus de maïs et d'arachide ont été prélevés à la récolte. Ces échantillons ont été analysés au Laboratoire des Sciences du Sol de l'Université d'Abomey-Calavi. Les échantillons de sol sont analysés pour le pH (eau) (à l'aide d'un pH mètre en électrode en verre dans un rapport sol : solution de 1:2,5), le carbone organique (par combustion au four à moufle à 550°C durant 16 heures après un séchage à 65°C pendant 48 heures, la quantité de CO₂ dégagée est déterminée par différence de poids puis la teneur en carbone déduite du rapport quantité de CO₂ par 1,72), le potassium échangeable (extrait avec l'acétate d'ammonium 1 N à pH =7 puis détermination à l'aide du spectrophotomètre d'absorption atomique), l'azote total (méthode de Kjeldahl), le phosphore assimilable (méthode de Bray-1). Les rapports C/N et C/P sont déterminés pour mieux apprécier la qualité de la matière organique du sol. Les résidus de maïs et d'arachide sont séchés, broyés et analysés pour l'azote total, le phosphore total (méthode de Duval) et le potassium total (calcination et extraction à l'acide nitrique concentré puis détermination à l'aide du spectrophotomètre d'absorption atomique).

Les rendements en grain sont estimés suivant l'expression adaptée de Saïdou (1992).

$$R = (10000 \times Pt \times MS \times n) / SI \quad (1)$$

Les rendements en paille de maïs, gousse et biomasse d'arachide sont estimés suivant Saïdou (1992).

$$R = (10000 \times Pt \times MS \times n) / SI \quad (2)$$

Avec R : Rendement en grain ou en paille de maïs, en gousse ou en biomasse d'arachide (kg MS/ha) ; Pt : Poids total du grain, de la paille, de la gousse ou de la fane pesée au champ (kg) ; MS : Taux de matière sèche du grain, de la paille, de la gousse ou de la biomasse d'arachide ; SI : Surface Interprétable (m²) composée de toute l'unité parcellaire sans les lignes bordures ; n : Rapport poids grains secs de l'échantillon après égrenage au poids total échantillon épis secs séché à l'étuve à 65°C jusqu'à poids constant.

Les minéralomasses, c'est-à-dire les quantités d'éléments nutritifs majeurs (N, P, K) mobilisées dans les résidus du maïs et d'arachide ont été

déterminées à partir des concentrations en éléments nutritifs suivant l'expression:

$$\text{Mobilisation} = (\text{Rendement} \times \text{Concentration du nutriment}) / 1000$$

(kg nutriment /ha) (3)

où le rendement est en kg MS/ha et la concentration du nutriment en g/kg.

En admettant que les matières azotées totales proviennent exclusivement de protéines contenant 16 % d'azote (N):

$$\% (\text{Protéine}) = \%N \times 6,25$$
 (4)

La proportion de matières azotées totales contenue dans la matière sèche analytique (MSa) est déduite de l'équation suivante :

$$\% \text{MAT} = (\% \text{Protéine}) \times 100 / (\% \text{MSa})$$
 (5)

La valeur azotée des aliments a été établie dans l'ancien système des matières azotées digestibles (MAD). La prédiction s'appuie sur le modèle proposé par Guerin *et al.*, (2002)

$$\text{MAD (g/kg MS)} = 9,29 \text{ MAT} - 35,2$$
 (6)

La valeur énergétique nette pour le lait (UFL) a été calculée suivant l'équation de régression proposée par Buldgen et Dieng (1997).

$$\text{UFL} = 0,0041 \text{ MAD} + 0,4576$$
 (7)

Analyses statistiques

La procédure GLM (General linear model) du logiciel SAS (version 9.2) a été considérée dans l'analyse statistique des données. . Pour chaque paramètre de rendement (grains, gousses, pailles de maïs et biomasses d'arachide) ainsi que pour les paramètres relatifs aux minérolamasses et à la valeur fourragère des résidus de récolte, une analyse de variance à deux facteurs par commune considérant les types d'engrais et les successions culturales a été réalisée. Les moyennes de ces paramètres sous l'effet des engrais ont été comparées au sein de chaque succession culturale à l'aide du test de Student Newman et Keuls. De même, les différentes successions culturales ont été comparées. Le seuil de significativité est de 5 %. Les paramètres du sol (pH, carbone organique, phosphore assimilable, potassium échangeable, C/N, C/P) ont été comparés aux échelles d'interprétation définies par la littérature.

RÉSULTATS

Caractéristiques chimiques des sols

Les sols expérimentés sont relativement acides avec des pH(eau) variant de 5,7 à 6,55 et une pauvreté en matière organique avec des teneurs en carbone organique variant de 6,15 à 14,52 g/kg. De même, les résultats ont révélé une déficience en azote avec des valeurs variant de 0,06 à 0,273 g/kg associées à de faibles teneurs en phosphore assimilable avec les concentrations variant de 5,77 à 28,47 mg/kg (Tableau 1). Toutefois les successions culturales maïs-arachide-maïs et dans une moindre mesure maïs-niébé-maïs présentent de fortes concentrations en phosphore assimilable (28,74 ; 25,59 ; 15,86 mg/kg) comparativement aux autres successions culturales. Les teneurs en potassium échangeable sont modérées à Aplahoué et élevées à Djidja. Les rapports C/N et C/P sont plus élevés à Aplahoué (respectivement 61,6 et 673,22) qu'à Djidja (respectivement 61,33 et 591,96).

Tableau 1. Propriétés chimiques du sol selon les successions culturales et les communes

Successions culturales	Communes	pHeau	C-org (g kg ⁻¹)	N-total (g kg ⁻¹)	P Bray-1 (mg kg ⁻¹)	K (cmol kg ⁻¹)	C/N	C/P
maïs-coton-maïs	Djidja	6,07	7,35	0,133	15,5	0,48	55,26	0,47
maïs-arachide-maïs	Djidja	6,55	13,82	0,273	28,47	0,8	50,62	0,49
maïs-arachide-maïs	Djidja	6,33	8,45	0,133	15,86	0,73	63,53	0,53
maïs-coton-maïs	Djidja	6,48	14,52	0,189	14,78	0,60	76,83	0,98
	Moyenne	6,43	11,04	0,18	18,65	0,65	61,33	0,59
	CV (%)	5	33	36	35	18,81	14,51	31,95
maïs-manioc-maïs	Aplahoué	6,09	6,6	0,06	12,97	0,20	110,00	0,51
maïs-niébé-maïs	Aplahoué	5,8	6,21	0,179	25,59	0,37	34,69	0,24
maïs-niébé-maïs	Aplahoué	5,77	6,17	0,091	5,77	0,40	67,80	1,07
maïs-manioc-maïs	Aplahoué	5,7	6,15	0,1	12,52	0,21	61,50	0,49
	Moyenne	5,74	6,16	0,10	9,15	0,29	61,60	0,67
	CV (%)	1	0	7	52	30,74	39,45	40,59

CV : Coefficient de variation

Effet des types de fumure sur les rendements en grain de maïs et en gousse de l'arachide

Les rendements maïs grain diffèrent selon le type d'engrais (F= 9,07 ; P=0,0014 à Aplahoué ; F= 20,34 ; P < 0,0001 à Djidja). De même, ils diffèrent selon les successions culturales maïs-niébé-maïs, maïs-manioc-maïs (F= 23,04 ; P<0,0001) à Aplahoué d'une part et maïs-arachide-maïs, maïs-coton-maïs à Djidja (F= 86,75 ; P<0,0001) d'autre part (Tableau 2).

Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance (valeur de F) relative aux rendements grains du maïs et gousses d'arachide considérant les communes. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives

Source de variation	ddl	Rendements			
		Djidja		Aplahoué	
		Grains de maïs	Gousses d'arachide	Grains de maïs	Gousse d'arachide
Types d'engrais	3	20,34 (<0,0001)***	12,01 (0,0002)***	9,07 (0,0014)**	6,03 (0,006)**
Successions culturales	1	86,75 (<0,0001)***	55,95 (<0,0001)***	23,04 (<0,0001)***	112,03 (<0,0001)***
Types d'engrais *Successions culturales	3	2,25 (0,13) ns	1,61(0,23)ns	0,05 (0,99)ns	0,02 (0,99)ns

ns : non significatif ; ** différence hautement significative ; *** différence très hautement significative

Les rendements maïs grains sont les plus élevés sous la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants, soit $1,28 \pm 0,13$; $2,84 \pm 0,33$; $1,27 \pm 0,03$ et $2,2 \pm 0,46$ tMS/ha respectivement pour les successions maïs-coton-maïs, maïs-arachide-maïs, maïs-manioc-maïs et maïs-niébé-maïs (Figure 1). Les rendements maïs grains induits par la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants sont 03 fois plus élevés que ceux des témoins et 1,30 à 2 fois plus élevé que ceux induits par les engrais NPK ou les déjections de petits ruminants. Les rendements de maïs grains induits par l'engrais NPK et les déjections sont quasi identiques (P > 0,05). Globalement, sur l'ensemble des engrais appliqués, la succession culturelle maïs-arachide-maïs a plus amélioré les rendements à Djidja comparativement à la succession culturelle maïs-coton-maïs tandis qu'à Aplahoué, la succession culturelle maïs-niébé-maïs a plus améliorée le rendement maïs grains comparativement à la succession culturelle maïs-manioc-maïs.

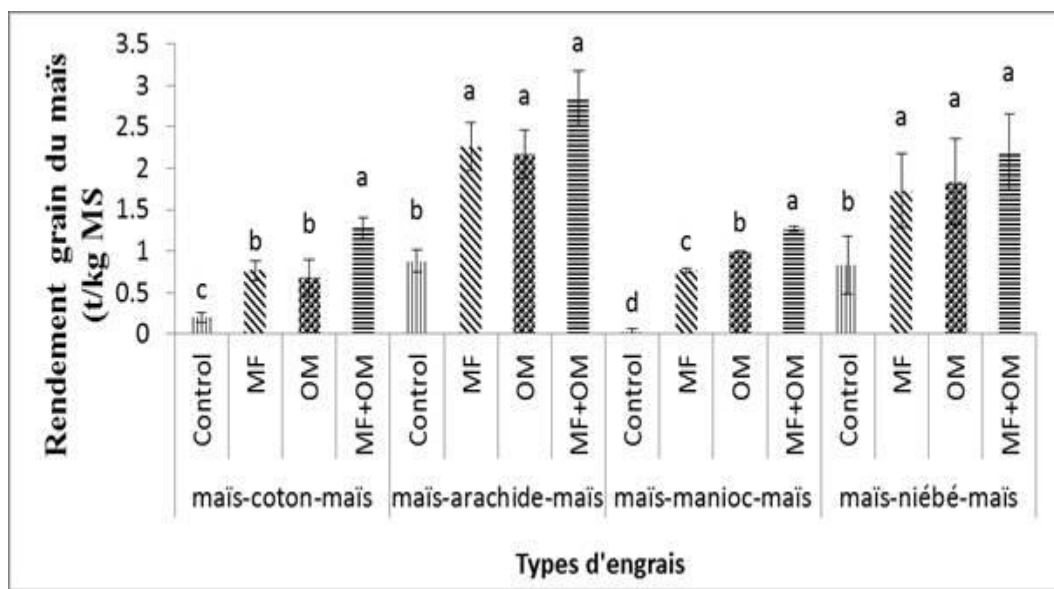


Figure 1. Evolution du rendement grain du maïs en association avec l'arachide selon les types d'engrais appliqués et les successions culturales dans les communes de Djidja et d'Aplahoué.

Les barres d'erreur représentent les erreurs standards. Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)

Légende : Control= Témoin ; MF= NPK 14-23-14 ; OM= Déjections de petits ruminants ; MF+OM= Combinaison des engrais NPK-Déjection de petits ruminants

Les rendements de gousses d'arachide sont significativement différents d'un type d'engrais à l'autre (Figure 2 ; $F = 6,03$; $P = 0,006$ à Aplahoué), ($F = 12,01$; $P = 0,0002$ à Djidja). De même, ils diffèrent d'une succession culturale à une autre (maïs-niébé-maïs, maïs-manioc-maïs à Aplahoué avec $F = 112,03$; $P < 0,0001$ d'une part et maïs-arachide-maïs, maïs-coton-maïs à Djidja avec $F = 55,95$; $P < 0,0001$ d'autre part) (Tableau 2).

Les rendements gousses d'arachide sont les plus élevés sous la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants et déjections de petits ruminants (Figure 2). Les rendements gousses d'arachide induits par la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants et déjections de petits ruminants sont 1,6 à 1,8 fois plus élevés que ceux des témoins. Les rendements sont les plus élevés dans les successions culturales maïs-arachide-maïs ($2,25 \pm 0,17$ t MS/ha) à Djidja et maïs-niébé-maïs ($2,29 \pm 0,10$ tMS/ha) à Aplahoué.

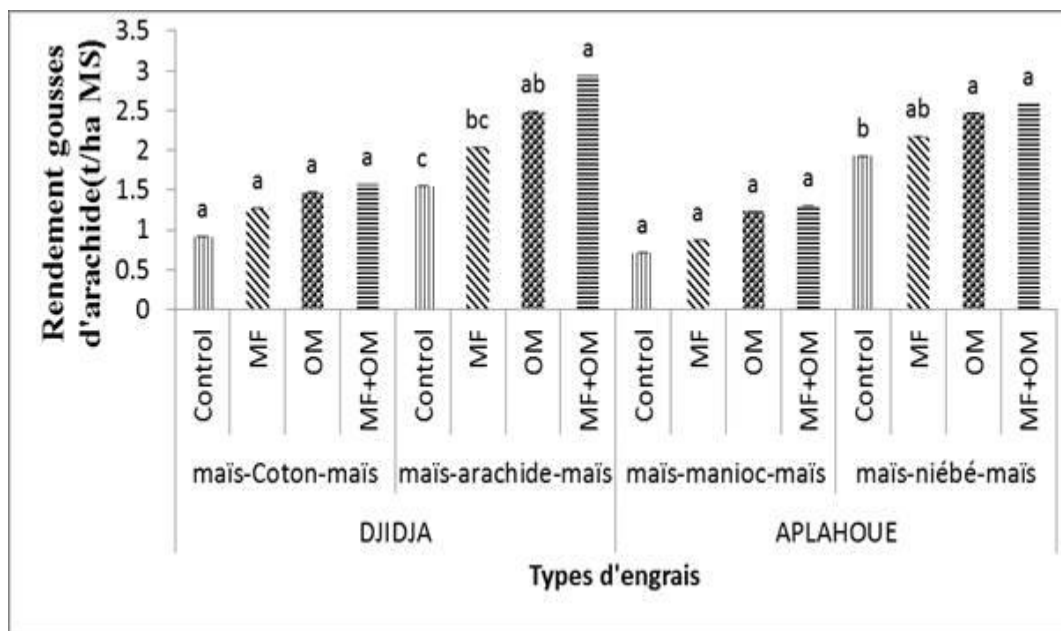


Figure 2. Evolution du rendement gosses d'arachide en association avec le maïs selon les types d'engrais appliqués et les successions culturales dans les communes de Djidja et d'Aplahoué.

Les barres d'erreur représentent les erreurs standards. Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)

Légende : Control= Témoin ; MF= NPK 14-23-14 ; OM= Déjections de petits ruminants ; MF+OM= Combinaison des engrais NPK-Déjections de petits ruminants

Effet des types de fumure sur les rendements des fourrages de maïs et d'arachide.

Les rendements des pailles de maïs et d'arachide sont significativement différents d'un type d'engrais à l'autre ($F = 7,09$; $P = 0,003$) (Tableau 3). De même, ils diffèrent significativement selon les successions culturales observées dans chaque commune ($F = 25,50$; $P = 0,0001$).

Tableau 3. Résultats de l'analyse de la variance (valeur de F) relative aux rendements paille de maïs et biomasse d'arachide considérant les communes. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives

Source de variation	ddl	Rendements			
		Djidja		Aplahoué	
		Paille de maïs	Biomasse d'arachide	Paille de maïs	Biomasse d'arachide
Types d'engrais	3	7,09 (0,003)**	16,34(<0,0001)***	7,09 (0,003) **	31,04 (<0,0001)***
Successions culturales	1	25,50 (0,0001) ***	2,04 (0,18) ^{ns}	25,50 (0,0001) ***	52,76 (<0,0001)***
Types d'engrais *Successions culturales	3	0,30(0,82) ^{ns}	0,85 (0,49) ^{ns}	0,30 (0,82) ^{ns}	1,60 (0,23) ^{ns}

ns : non significatif ; ** différence hautement significative ; *** différence très hautement significative

La combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants a induit les rendements paille de maïs les plus élevés, soit $3,70 \pm 0,48$; $7,2 \pm 0,56$; $3,89 \pm 0,82$ et $5,64 \pm 0,13$ t MS/ha respectivement pour les successions culturales maïs-niébé-maïs, maïs-manioc-maïs, maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs (Figure 3). Les rendements obtenus sur les parcelles sous la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants étaient 2 à 4 fois plus élevés que ceux des témoins et 1,30 à 2 fois plus élevés que ceux des traitements fertilisées au NPK ou aux déjections de petits ruminants. Par ailleurs, les biomasses les plus élevées proviennent des successions maïs-arachide-maïs ($5,53 \pm 0,49$ t MS/ha) à Djidja et maïs-niébé-maïs ($4,69 \pm 0,30$ t MS/ha) à Aplahoué.

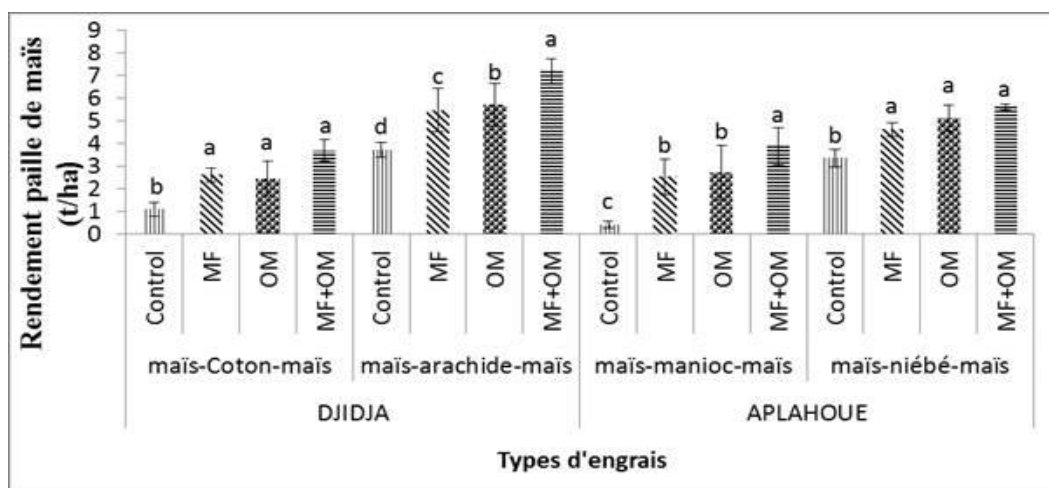


Figure 3. Evolution du rendement paille du maïs en association avec l'arachide selon les types d'engrais appliqués et les successions culturales dans les communes de Djidja et d'Aplahoué.

Les barres d'erreur représentent les erreurs standards. Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)

Légende : Control= Témoin ; MF= NPK 14-23-14 ; OM= Déjections de petits ruminants ; MF+OM= Combinaison des engrais NPK-Déjections de petits ruminants

La biomasse d'arachide varie significativement d'un type de fumure à l'autre (Figure 4) ($F = 31,04$; $P < 0,0001$ à Aplahoué et $F = 16,34$; $P < 0,0001$ à Djidja). Mais elle ne varie pas significativement ($P > 0,05$) selon les successions culturales dans les deux communes (Tableau 3). Toutefois, les valeurs les plus élevées relèvent des successions maïs-arachide-maïs ($5,29 \pm 0,54$ t MS/ha) à Djidja et maïs-niébé-maïs ($6,81 \pm 0,50$ t MS/ha) à Aplahoué. Les rendements sont de l'ordre de 1,5 à 2 fois plus importants que les témoins et les traitements NPK.

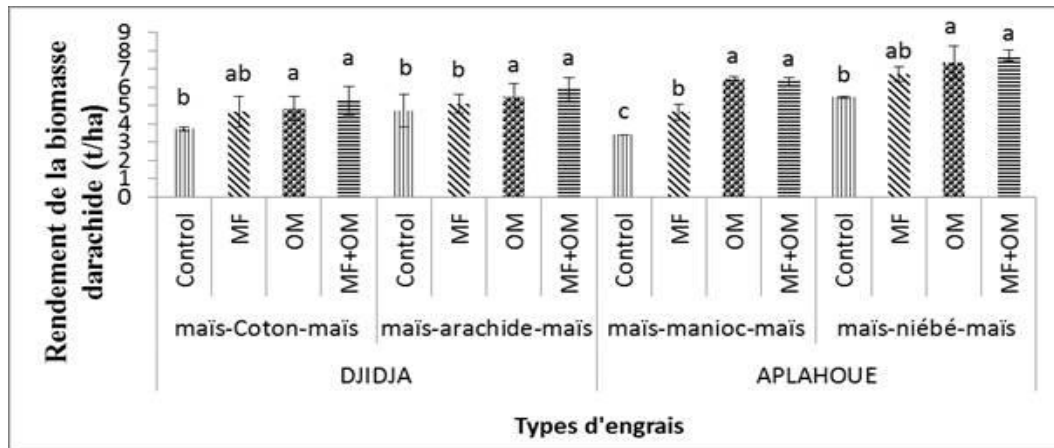


Figure 4. Effet des types de fumure sur la production de biomasse de l'arachide en association avec le maïs considérant les successions culturales dans les communes de Djidja et d'Aplahoué

Les barres d'erreur représentent les erreurs standards. Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)

Légende : Control= Témoin ; MF= NPK 14-23-14 ; OM= Déjections de petits ruminants ; MF+OM= Combinaison des engrais NPK-Déjections de petits ruminants.

Effet des fumures sur la mobilisation des nutriments dans les pailles de maïs et la biomasse d'arachide.

L'accumulation de N, P et K dans les biomasses de maïs et d'arachide diffère significativement d'un type d'engrais à l'autre ($P < 0,05$). Elle diffère également selon les successions culturales observées au sein de chaque commune. Mais, l'accumulation de P ne diffère pas significativement ($P > 0,05$) selon les types d'engrais et selon les successions culturales dans la commune d'Aplahoué (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4. Résultats de l'analyse de la variance (valeur de F) relative aux minéralomasses des pailles de maïs. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives

Source de variation	ddl	Valeur de Fisher (Probabilité)					
		Djidja			Aplahoué		
		Azote	Phosphore	Potassium	Azote	Phosphore	Potassium
Types d'engrais	3	12,81 (0,0002)***	9,46 (<0,001)***	10,92 (0,0004)***	9,17 (0,0009)***	2,53 (0,09) ^{ns}	9,07 (0,001)**
Successions culturales	1	47,14(<0,0001)***	30,83 (<0,0001)***	19,93 (0,0004)***	17,56 (0,0007)***	1,12 (0,30) ^{ns}	11,91 (0,003)**
Types d'engrais *Successions culturales	3	0,81 (0,51) ^{ns}	1,53 (0,22) ^{ns}	1,09 (0,38) ^{ns}	0,09 (0,96) ^{ns}	0,00 (0,99) ^{ns}	1,25 (0,32) ^{ns}

ns : non significatif ; ** différence hautement significative ; *** différence très hautement significative

Tableau 5. Résultats de l'analyse de la variance (valeur de F) relative aux minéralomasses de la biomasse d'arachide. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives.

Source de variation	ddl	Valeur de Fisher (Probabilité)					
		Djidja			Aplahoué		
		Azote	Phosphore	Potassium	Azote	Phosphore	Potassium
Types d'engrais	3	6,69 (0,0039)**	4,16 (0,02)*	8,79 (0,001)**	11,35 (0,0003)***	2,26 (0,12) ns	43,14 (<0,0001)***
Successions culturales	1	4,81(0,04)*	11,29 (0,004) **	4,91 (0,04)*	5,75 (0,02)*	0,22 (0,65) ns	4,94 (0,04)*
Types d'engrais *Successions culturales	3	0,06 (0,97) ns	2,25 (0,12) ns	0,47 (0,70) ns	0,06 (0,98) ns	0,08 (0,97) ns	0,14 (0,94) ns

ns : non significatif ; * différence significative ; ** différence hautement significative ; *** différence très hautement significative

Globalement, la combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants montre les minéralomasses les plus élevées dans les pailles (Tableau 6).

Tableau 6. Effet de l'application des engrais organiques et/ou minéraux sur le prélèvement de N, P et K dans la paille de maïs et la biomasse de l'arachide en culture associée considérant les précédentes successions culturales

Types d'engrais	Prélèvement de nutriments dans la paille de maïs			Prélèvement de nutriments dans la biomasse d'arachide		
	Azote (kg/ha)	Phosphore (kg/ha)	Potassium (kg/ha)	Azote (kg/ha)	Phosphore (kg/ha)	Potassium (kg/ha)
Control	54,45±13,21 b	2,1±0,76 a	0,68±0,21 b	114,52±14,39 b	4,99±1,98 a	1,01±0,15 c
MF	90,62±7,85 ab	7,32±3,33 a	1,15±0,35 b	173,66±5,13 ab	15,59±7,33 a	2,41±0,28 b
OM	113,89±28,08 ab	5,72±2,64 a	3,48±0,9 a	217±50,04 ab	11,15±5,09 a	3,01±0,33 b
MF+OM	139,68±17,04 a	9,26±4,78 a	4,18±0,82 a	255,19±33,05 a	16,73±8,63 a	4,83±0,38 a
Control	6,64±2,85 b	0,34±0,16 a	0,05±0,01 a	66,11±2,82 c	3,51±1,12 b	0,71±0,12 c
MF	45,8±8,6 ab	5,53±2,98 a	0,49±0,16 a	121,65±17,36 bc	11,39±4,57 ab	1,81±0,27 bc
OM	53,72±22,86 ab	3,6±1,61 a	1,08±0,6 a	185,78±31,57 ab	11,67±1,05 ab	2,55±0,48 b
MF+OM	94,08±17,95 a	7,05±1,54 a	2,03±0,9 a	209,19±18,82 a	15,57±1,6 a	4,15±0,42 a
Control	19,08±5,26 b	0,89±0,24 b	0,25±0,09 c	85,36±12,2 a	4,01±0,5 a	1,09±0,22 a
MF	51,7±5,68 ab	1,54±0,22 ab	0,54±0,08 bc	121,5±10,34 a	3,71±0,71 a	1,78±0,27 a
OM	45,46±12,59 ab	2,08±0,78 ab	0,77±0,17 b	119,75±15,55 a	5,18±0,79 a	2,58±0,68 a
MF+OM	79,68±14,02 a	3,36±0,55 a	1,28±0,02 a	152,51±28,16 a	6,33±0,73 a	3,43±0,77 a
Control	64,66±5,52 b	2,14±0,46 b	0,77±0,1 b	109,42±3,58 b	3,63±0,75 a	1,84±0,08 b
MF	111,27±20,88 ab	8,07±2,86 ab	1,03±0,32 b	137,17±5,37 ab	10,54±4,38 a	2,95±0,25 b
OM	108,07±17,67 ab	7,83±1,32 ab	1,82±0,51 ab	137,57±12,76 ab	9,95±0,83 a	2,68±0,6 b
MF+OM	165,31±12,99 a	16,71±3,51 a	2,56±0,38 a	180,01±20,07 a	18,62±5,16 a	4,48±0,57 a

La combinaison d'engrais NPK-déjections de petits ruminants, la déjection de petits ruminants et l'engrais NPK sont statistiquement identiques en termes de minéralomasses N et P dans les pailles de maïs. L'accumulation de N dans les pailles de maïs sous la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants sont 2,6 ; 14 ; 4,2 et 2,6 fois plus élevés comparativement aux témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. L'accumulation de P dans les pailles de maïs avec la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants sont 4,4 ; 20,7 ; 3,8 et 7,8 fois plus élevés comparativement aux témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. L'accumulation de K dans les pailles de maïs avec la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants sont 6,1 ; 40,6 ; 5,1 et 3,3 fois plus élevés que les témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. La combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants montre des minéralomasses variant de 79,68±14,02 à 165,31±12,99 kg N/ha ; de 3,36±0,55 à 16,71±3,51 kg P/ha et de 1,28±0,02 à 4,18±0,82 kg K/ha dans les pailles de maïs.

Par ailleurs, l'accumulation de N dans les biomasses d'arachide sous les déjections animales est en moyenne 2,1 ; 3 ; 1,6 et 1,5 fois plus élevée que les témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. L'accumulation de P dans les biomasses d'arachide sous les déjections animales est en moyenne 2,8 ; 3,9 ; 1,4 et 3,9 fois plus élevée que les témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. L'accumulation de K dans les biomasses d'arachide sous les déjections animales est en moyenne 3,9 ; 4,7 ; 2,8 et 1,94 fois plus élevée que les témoins respectivement sous les successions culturales maïs-manioc-maïs ; maïs-niébé-maïs ; maïs-coton-maïs et maïs-arachide-maïs. L'apport des déjections de petits ruminants montrent des minéralomasses variant de $119,75 \pm 15,55$ à $255,19 \pm 33,05$ kg N/ha; de $5,18 \pm 0,79$ à $18,62 \pm 5,16$ kg P/ha et de $2,55 \pm 0,48$ à $4,83 \pm 0,38$ kg K/ha dans les biomasses d'arachide.

Effet du NPK et déjections de petits ruminants sur la qualité fourragère des pailles de maïs et de biomasse de l'arachide

Les qualités fourragères (matière azotée totale, matière azotée digestible et la valeur énergétique nette) des pailles de maïs récoltées sur les sites de Djidja d'une part et sur les sites d'Aplahoué d'autre part diffèrent significativement selon les types d'engrais ($F = 54,68$; $P < 0.0001$ pour Djidja et $F = 3,6$; $P=0,04$ pour Aplahoué) (Tableau 7).

Tableau 7. Analyse de la variance relative à la qualité fourragère des pailles de maïs. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives

Sources de variation	ddl	Valeur Fisher (Probabilité)					
		Djidja			Aplahoué		
		Matière azotée totale	Matière azotée digestible	Valeur énergétique	Matière azotée totale	Matière azotée digestible	Valeur énergétique
Types d'engrais	3	54,68 ($<0,0001$) ***	54,68 ($<0,0001$) ***	54,68 ($<0,0001$)***	3,6 (0,04) *	3,6 (0,04) *	3,6 (0,04) *
Successions culturales	1	3,54 (0,08) ns	3,54 (0,08) ns	3,54 (0,08) ns	2,89 (0,11) ns	2,89 (0,11) ns	2,89 (0,11) ns
Types d'engrais *Successions culturales	3	1,02 (0,41) ns	1,02 (0,41) ns	1,02 (0,41) ns	0,63 (0,60) ns	0,63 (0,60) ns	0,63 (0,60) ns

ns : non significatif ; * différence significative ; *** différence très hautement significative

Globalement, la qualité fourragère ne diffère pas significativement d'une succession culturale à une autre au sein des communes ($F = 3,54$; $P=0,08$ pour Djidja et $F= 2,89$; $P=0,11$ pour Aplahoué). La combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants produit des pailles de maïs de bonne qualité fourragère comparativement aux autres types d'engrais ($7,26\pm0,27$ à $7,60\pm0,35\%$; $32,23\pm2,56$ à $35,39\pm3,29$ g/kg MS; $0,59\pm0,01$ à $0,60\pm0,01$ UFL/kg respectivement pour la matière azotée totale, la matière azotée digestible et la valeur fourragère lait sur l'ensemble des successions culturales) (Tableau 9). Elle est suivit respectivement de l'engrais NPK et des déjections de petits ruminants. Les pailles de maïs produites avec la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants sont de 1,35 à 1,8 ; 2,1 à 5,5 et 1,1 à 1,2 fois plus important que les témoins respectivement pour la matière azotée totale, la matière azotée digestible et la valeur fourragère lait.

De même, les qualités fourragères (matière azotée totale, matière azotée digestible et la valeur énergétique nette) des biomasses d'arachide récoltées sur les sites de Djidja d'une part et sur les sites d'Aplahoué d'autre part diffèrent significativement selon les types d'engrais ($F = 33,25$ $P < 0,0001$) pour Djidja et $F = 9,46$; $P = 0,001$) pour Aplahoué). Les qualités fourragères des biomasses d'arachide diffèrent significativement d'une succession culturale à une autre à Djidja ($F = 7,32$; $P = 0,02$) et ne diffèrent pas entre les successions culturales observées à Aplahoué ($F = 0,65$; $P = 0,43$) (Tableau 8).

Tableau 8. Analyse de la variance relative à la qualité fourragère de la biomasse d'arachide. Les valeurs entre parenthèse représentent les probabilités respectives

ddl	Valeur Fisher (Probabilité)					
	Djidja			Aplahoué		
	Matière azotée totale	Matière azotée digestible	Valeur énergétique	Matière azotée totale	Matière azotée digestible	Valeur énergétique
3	33,25 (<0,0001)***	33,25 (<0,0001)***	33,25 (<0,0001)***	9,46 (0,001)**	9,46 (0,001)**	9,46 (0,001)**
1	7,32 (0,02)*	7,32 (0,02)*	7,32 (0,02)*	0,65 (0,43) ns	0,65 (0,43) ns	0,65 (0,43) ns
3	5,45 (0,01)*	5,45 (0,01)*	5,45 (0,01)*	0,69 (0,57) ns	0,69 (0,57) ns	0,69 (0,57) ns

ns : non significatif ; * différence significative ; ** différence hautement significative ; *** différence très hautement significative

Les déjections de petits ruminants produisent des biomasses d'arachide de bonne qualité fourragère comparativement aux témoins ($13,75\pm3,43$ à $20,48\pm0,41\%$; $92,57\pm31,9$ à $155,03\pm3,77$ g/kg MS; $0,84\pm0,13$ à $1,09\pm0,02$ UFL/kg respectivement pour la matière azotée totale, la matière azotée digestible et la valeur fourragère lait) sur l'ensemble des successions culturales (Tableau 9). Les biomasses d'arachide produites avec les déjections

animales sont de 1 à 1,9 ; 1 à 2,2 et 1 à 1,5 fois les témoins respectivement pour la matière azotée totale, la matière azotée digestible et la valeur fourragère lait. Les biomasses d'arachide présentent de hautes valeurs fourragères comparativement aux pailles de maïs (Tableau 9).

Tableau 9. Qualité fourragère des résidus de récolte du maïs et de l'arachide considérant les types de fumures et les successions culturales

Successions culturales	Types d'engrais	Résidus de maïs			Résidus d'arachide		
		MAT (%)	MAD (g/kg DM)	UFL/kg	MAT (%)	MAD (g/kg DM)	UFL/kg
Maïs-coton-maïs	Control	4,42±0,42 c	5,9±3,88 c	0,48±0,02 c	11,33±0,53 b	70,04±4,94 b	0,74±0,02 b
	MF	6,44±0,51 ab	24,62±4,74ab	0,56±0,02 ab	11,82±0,61 b	74,62±5,68b	0,76±0,02 b
	OM	5,39±0,67 bc	14,91±6,23bc	0,52±0,03 bc	20,48±0,41 a	155,03±3,77 a	1,09±0,02 a
	MF+OM	7,26±0,27 a	32,23±2,56 a	0,59±0,01 a	18,61±0,92 a	137,66±8,5 a	1,02±0,03 a
	Average	5,88±0,38 A	19,42±3,57A	0,54±0,01 A	15,56±1,25 A	109,34±11,6A	0,91±0,05 A
	CV (%)	21	59	9	30	40	20
Maïs-arachide-maïs	Control	5,5±0,56 b	15,86±5,21 b	0,52±0,02 b	12,93±0,22 b	84,99±2,07 b	0,8±0,01 b
	MF	6,94±0,25 a	29,26±2,32ab	0,58±0,09 ab	14,68±0,93 b	101,22±8,63 b	0,87±0,04 b
	OM	6,00±0,70 ab	20,51±6,52ab	0,54±0,03 ab	16,61±0,97 a	119,12±9,03 a	0,95±0,04 a
	MF+OM	7,41±0,87 a	33,60±8,13 a	0,59±0,03 a	16,08±0,64 a	114,21±5,99 a	0,93±0,02 a
	Average	6,46±0,35 A	19,42±3,57A	0,56±0,01 A	14,6±0,59 B	100,42±5,47 B	0,87±0,02 B
	CV (%)	13	42	6	11	15	8
Maïs-niébé-maïs	Control	4,3±0,54 c	4,72±5,02 c	0,48±0,02 c	9,65±5,79 b	89,17±2,44 b	0,76±0,03 b
	MF	6,44±0,51 ab	24,62±4,74ab	0,56±0,02 ab	12,85±0,38 b	84,13±3,52 b	0,8±0,01 b
	OM	5,39±0,67 bc	14,91± bc	0,52±0,03 bc	16,24±1,18 ab	115,7±10,99 ab	0,93±0,05 ab
	MF+OM	7,60±0,35 a	35,39±3,29 a	0,60±0,01 a	18,18±2,47 a	133,67±22,97a	1,01±0,09 a
	Average	5,93±0,43 A	19,91±4,02A	0,54±0,01 A	14,21±1,11 A	96,86±10,27A	0,85±0,04 A
	CV (%)	24	66	10	26	24	14
Maïs-manioc-maïs	Control	4,53±0,32 b	6,92±2,94 b	0,49±0,01 b	14,21±1,11 b	96,86±10,27 b	0,85±0,04 b
	MF	6,67±0,43 a	26,76±4,03 a	0,57±0,02 a	12,03±0,68 b	76,58±6,32 b	0,77±0,03 b
	OM	6,78±0,26 a	27,8±2,45 a	0,57±0,01 b	13,75±3,43 a	92,57±31,9 a	0,84±0,13 a
	MF+OM	7,51±0,28 a	34,57±2,61 a	0,60±0,01 a	19,19±0,74 a	143,04±6,89 a	1,04±0,03 a
	Average	6,37±0,36 A	24,01±3,37A	0,56±0,01 A	17,24±1,21 A	124,97±11,23A	0,97±0,05 A
	CV (%)	20	50	8	18	23	12

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) selon le test de Student Newman-Keuls. Control= Témoin ; MF= NPK 14-23-14 ; OM= Déjections de petits ruminants ; MF+OM= Combinaison des engrais NPK + déjections de petits ruminants.

DISCUSSION

Caractéristiques chimiques des sols des zones d'étude

Les résultats de l'analyse du sol indiquent des pH (eau) variant entre 6,07 et 6,85 pour les sols de Djidja et 5,70 et 6,09 pour les sols du site d'Aplahoué. Ces résultats comparés à l'échelle d'interprétation développée par Baize (2000) indiquent des sols relativement acides. La déficience en phosphore sur ces sols exceptés les successions culturales ayant de légumineuses (arachide ou niébé) confirme l'hypothèse de la mobilisation de l'azote et du phosphore par les légumineuses défendue par Bado *et al.* (2008). Igue *et al.* (2013) ont rapporté que cette déficience en N et P ne peut favoriser une bonne croissance du maïs. Les teneurs modérées en K observées sur les sites d'Aplahoué peuvent être dues au non retournement des résidus de récolte au sol après les récoltes et à la non observation des périodes de jachère dans la commune en raison de la faible disponibilité des terres agricoles. Les ratios C/N et C/P indiquent une immobilisation de l'azote et du phosphore dans ces sols. Ainsi, la matière organique est d'une mauvaise qualité dans les deux zones mais de très faible qualité à Aplahoué qu'à Djidja. La mauvaise qualité de la matière organique de ces sols signale l'importance de l'augmentation des apports en engrais surtout organiques. Ces résultats confirment la baisse de la fertilité des sols au Sud du Bénin et leur niveau de dégradation inquiétant.

Effet des types de fumures sur les rendements de maïs grains et d'arachide gousses

La présente étude montre que la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants a induit des rendements en maïs grains plus élevés que ceux de l'engrais NPK et les déjections de petits ruminants. Elaloui (2007) et Hemalatha *et al.* (2013) ayant travaillé respectivement sur le maïs et l'arachide ont expliqué ce résultat par les concentrations en P et K plus élevées dans la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants comparativement au NPK 14-23-14 ou aux déjections de petits ruminants simples. Ces résultats sont en accord avec la loi de Mitscherlich sur la complémentarité des éléments nutritifs. Les rendements de maïs grains et paille obtenus avec la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants sont équivalents à ceux obtenus par Balogoun *et al.* (2013) au Sud du Bénin avec la dose optimale d'engrais NPK simulée par le logiciel DSSAT. Mais ils sont supérieurs à ceux obtenus par Saïdou *et al.* (2003) dans la même région avec la dose usuelle d'engrais NPK sur les variétés locales de maïs. Ceci confirme l'importance de la fertilisation organique combinée avec la fertilisation minérale au sud Bénin. Ces résultats corroborent ceux de

Ehouinsou *et al.* (2004) au Sud Bénin qui ont montré que les rendements pailles de maïs et biomasse d'arachide en culture associée sont significativement améliorés sous l'effet de la combinaison des engrais NPK-déjections des petits ruminants que sous l'effet des déjections des petits ruminants ou de l'engrais NPK seul. L'absence de différences significatives observée entre la combinaison des engrais NPK-Déjections des petits ruminants et les déjections des petits ruminants simples sur les rendements gousses et biomasse de l'arachide est due au fait que l'arachide n'a pas reçu d'engrais NPK. De même, l'apport des déjections de petits ruminants a amélioré le rendement gousse de l'arachide. Les meilleurs rendements paille de maïs et biomasse d'arachide obtenus avec les successions culturales maïs-arachide-maïs et maïs-niébé-maïs seraient probablement dus à l'effet résiduel des légumineuses contenues dans ces successions culturales. En effet, les légumineuses ont la capacité de mobiliser et de mettre à la disposition des cultures subséquentes de l'azote et du phosphore (Bado *et al.*, 2008). Ce résultat corrobore ceux de Naitormbaide *et al.* (2010) au Tchad et qui ont prouvé que les successions culturales maïs-arachide améliorent le niveau de carbone, d'azote, de phosphore et de potassium dans le sol ainsi que le rendement du maïs subséquent comparativement aux successions culturales sorgho-coton, arachide-sorgho et coton-sorgho.

Effet des types de fumures sur la mobilisation des nutriments et les valeurs azotées et énergétiques des fourrages

La présente étude montre que la mobilisation des éléments nutritifs dans la biomasse aérienne du maïs et de l'arachide a été améliorée par l'apport de la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants pour les pailles de maïs et les déjections de petits ruminants simples pour la biomasse d'arachide. Ainsi, plus l'apport en élément nutritif augmente, plus la plante en prélève jusqu'à la limite de la zone de toxicité. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Saïdou *et al.* (2003) qui ont montré que la mobilisation des éléments majeurs N, P, et K par le maïs dans les parties aériennes de la plante notamment les graines, la tige et les feuilles est nettement améliorée sous l'effet de l'engrais NPK comparativement à la non application d'engrais. En conséquence, la valeur nutritive des fourrages sont affectées. A cet effet, les pailles de maïs présentent des teneurs en matières azotées totales et en énergie nette inférieures aux seuils critiques définis par Minson (1990) et Coleman *et al.* (2003) qui sont respectivement de 8% et de 0,80 UFL/kg MS. Les rapports de la matière azotées digestibles à la valeur énergétique nette confirment ces résultats car inférieurs au seuil critique de 120g. Ainsi, ces pailles étant pauvres en azote et en énergie, nécessitent donc un complément

azoté et énergétique afin d'améliorer la ration des animaux. Ces pailles de maïs quel que soit le mode de fertilisation ont des teneurs en matières azotées totales inférieures à celles des graminées cultivées en milieu tropical (*Andropogon gayanus*, *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum* spp. et *Pennisetum purpureum*) étudiées par Babatoundé *et al.* (2010). Cependant, la matière azotée digestible des pailles de maïs obtenues sous la combinaison des engrais NPK-déjection des petits ruminants est supérieure à celles de certaines espèces de jachère étudiées par Babatoundé *et al.* (2011b) mais ces pailles de maïs présentent de faibles valeurs énergétiques comparativement à ces espèces.

Concernant la biomasse d'arachide, elle présente des valeurs en matières azotées totales supérieures au seuil critique de 8 % et est riche en azote. Les valeurs énergétiques nettes ainsi que les rapports de la matière azotée digestible à la valeur énergétique nette (MAD/UFL) des biomasses d'arachide obtenues sous les déjections de petits ruminants indiquent une bonne richesse de ce type de fourrages en énergie. Dongmo (2009) a tiré les mêmes conclusions sur les fanes d'arachide au Cameroun avec des valeurs de MAD/UF de 134g. Savadogo *et al.* (2000) avaient trouvé les mêmes résultats au Burkina-Fasso sur l'arachide. Ces valeurs azotées de la biomasse d'arachide avoisinent celles des fourrages de *Cajanus cajan* et de *Mucuna pruriens var utilis* obtenus par Babatoundé *et al.* (2009a) et Babatoundé *et al.* (2010). Mais les valeurs azotées et énergétiques de la présente étude ont été estimées alors que ces auteurs ont fait des analyses bromatologiques. Néanmoins, les valeurs azotées et énergétiques des pailles de maïs et des biomasses d'arachide obtenues comparées aux besoins des ovins et des caprins définis par Rivière (1991) montrent que les pailles de maïs contrairement aux biomasses d'arachide ne peuvent assurer ni les besoins d'entretien, de croissance, de gestation et de lactation de ces espèces animales. Ainsi, l'utilisation de fourrages d'arachide en tant que complément alimentaire des pailles de maïs améliorerait la valeur nutritive des rations alimentaires des animaux.

CONCLUSION

Les sols étudiés montrent de faibles niveaux en carbone organique, azote total, phosphore assimilable ainsi qu'une acidité modérée. Les rendements grains et paille de maïs d'une part ainsi que les rendements en gousse et biomasse d'arachide d'autre part sont significativement améliorés suite à l'apport de la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants. Cette fumure a induit des rendements grains et pailles de maïs 03 fois plus

élevés que les témoins et 1,3 à 2 fois plus élevés que ceux induits par les engrais NPK ou déjections de petits ruminants simples. De même, les rendements gousse et biomasse de l'arachide sous l'effet de l'apport de la combinaison des engrais NPK-déjections de petits ruminants ou déjections de petits ruminants simple sont 1,5 à 2 fois plus élevés que ceux des parcelles témoins. Par ailleurs, les minéralomasses N, P et K sont affectées par la fertilisation. En conséquence, les valeurs azotées et énergétiques ont été affectées par les types d'engrais. Les pailles de maïs ont présenté de faibles valeurs azotées et énergétiques comparativement aux résidus d'arachide. Ces pailles de maïs en complément avec la biomasse d'arachide peuvent améliorer la ration alimentaire des petits ruminants.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs sincères remerciements aux évaluateurs anonymes qui ont apporté une importante contribution en vue de l'amélioration de la qualité de l'article et au Programme d'intensification durable des systèmes intégrés agriculture-petits ruminants en Afrique de l'Ouest (SIIC-SR) piloté par le CORAF pour le financement de ces travaux. Ils remercient également le Centre National de Spécialisation sur le Maïs (CNS-Maïs), composante 2 du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) qui a organisé l'atelier de formation en écriture scientifique en direction des jeunes chercheurs et facilité la publication de l'article dans ce Numéro Spécial.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADJOLOHOUN S. 2008. Yield, nutritive value and effects on soil fertility of forage grasses and legumes cultivated as ley pastures in the Borgou region of Benin. PhD thesis. University of Agronomics Sciences, Gembloux (Belgium).
- ALARI, V., LHOSTE, P. 2002. Le diagnostic des systèmes d'élevage, CIRAD.
- BABATOUNDE S., SAIDOU A., GUIDAN M., MENSAH G. A. 2009a. Effet d'une complémentation alimentaire à base de légumineuses fourragères cultivées (*Chamaecrista rotundifolia* et *Aeschynomene histrix*) sur les performances des ovins Djallonké," Renc. Rech. Ruminants, 16: 54.
- BABATOUNDE S., SIDI H., HOUINATO M., OUMOROU M., MENSAH G. A., SINSIN A.B. 2011b. Valeur alimentaire des fourrages consommés par les taurillons Borgou sur les parcours naturels du centre du Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences 5(6) : 2382-2394.
- BABATOUNDE S., HOUINATO M.R.B., TOLEBA S.S., LECOMTE T., ADANDEDJAN C.C., BULDGEN A. 2009. Caractéristiques de dégradabilité in sacco et valeurs protéiques des légumineuses fourragères cultivées au Bénin," Annales des Sciences Agronomiques du Bénin 12(2): 117-145.
- BABATOUNDE S., OUMOROU M., TCHABI V.I., LECOMTE T., HOUINATO M.R.B., ADANDEDJAN C.C. 2010. Ingestion volontaire et préférence alimentaires chez les moutons Djallonké nourris avec des graminées et des légumineuses fourragères tropicales cultivées au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Science 4(4): 1030-1043.

- BABATOUNDE S., OUMOROU M., ALKOIRET I., VIDJANNAGNI S. AND MENSAH G. A. 2011a. Relative frequencies, chemical composition and in vitro organic matter digestibility of forage consumed by sheep in humid tropic of west of Africa. *Journal of Agricultural Science and Technology* 11(2): 39-47.
- BABATOUNDE S., SIDI H., HOUINATO M., MENSAH G. A., SINSIN A.B. 2009b. Comportement alimentaire des taurins de race *Borgou* sur des jachères de la zone Nord soudanienne du Bénin. *Renc. Rech. Ruminants*, 16 : 29-32.
- BADO B.V., BATIONO A., LOMPO F., SEDOGO M.P., CESCAS M.P., SAWADOGO A., THIO B. 2008. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols et la productivité des systèmes de cultures. *In*: Synthesis of soil, water and nutrient management research in the Volta Basin. Published by Ecomedia Ltd Nairobi, Edited by Bationo A, Tabo R, Waswa B, Okeyo J, Kihara J, Fosu M & Kaboré S, Kenya: 127-147.
- BAIZE D. 2000. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée, INRA, Paris.
- BALOGOUN I., SAIDOU A., AHOTON L. E., ADJANOHOOUN A., AMADJI G. L., EZUI G., YOU S., MANDO A., IGUE A. M., SINSIN B. A., 2013. Détermination de la dose d'engrais minéral et de la période de semis pour une meilleure production du maïs (*Zea mays* L.) au Sud et au centre du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, Spécial numéro Fertilisation du maïs : 1-11.
- BOKO A., KPAGBIN A.G. 1997. Bilan des éléments nutritifs du sol dans la Sous-préfecture de Banikoara, Rapport annuel CENAP/INRAB.
- BULDGEN A., DIENG A. 1997. *Andropogon gayanus* var *bisquamulatus* : une culture fourragère pour les régions tropicales. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique.
- BULDGEN A., MICHIELS B., ADJOLOHOOUN S., BABATOUNDE S., & ADANDEDJAN C. 2001. Research note: Production and nutritive value of grasses cultivated in the coastal area of Benin. *Tropical Grasslands* Volume 35: 43-47.
- COLEMAN S. W., HART S.P., & SAHLU T. 2003. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. *Small Ruminant Research* (50) : 129-140.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. *INRA Prod. Anim.*, 5 (3) : 213 -221.
- DIEYE P.N., GUEYE M. 2003. Les systèmes agriculture-élevage au Sénégal: Importance, Caractéristiques et contraintes. *In* : Improving Crop-livestock systems in west and central Africa: 127-152.
- DJENONTIN J. A, WENNINK B., DAGBENONGBAKIN G. OUINKOUN G. 2002. Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Actes du colloque, Garoua, Cameroun. Prasad, N'Djamena, Tchad-Cirad, Montpellier, France.
- DONGMO A. L. 2009. Territoires, troupeaux et biomasses : enjeux de gestion pour un usage durable des ressources au nord-Cameroun. Thèse de doctorat de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech).
- DOUTHWAITE B., MANYONG V. M., KEATINGE J. D. H., & CHIANU J. 2002. The adoption of alley farming and *Mucuna*: lesson for research, development and extension. *Agroforestry Systems* 56: 192-202.
- EHOUSOU M., OLAFA M., & ABOH A., 2004. *Aeschynomene histrix* et *Stylosanthes scabra* : deux légumineuses pour améliorer les jachères, compléter les rations des ruminants et produire des déjections-litières pour la fertilisation des sols. Actes de l'Atelier de formation sur l'introduction des plantes fourragères dans les systèmes de production en Afrique de l'Ouest, organisé par PROCORDEL/CIRDES, Bénin.
-

- ELALLOUI A. C. 2007. Crops inorganic fertilization: the essential nutrients (nitrogen, potassium, phosphorus). Monthly bulletin of information and connection of PNTTA n° 115.
- FAGROUD M., GROS E. J., & SOLOVIEV P. 2005. Guide des bonnes pratiques agricoles dans la région de Meknès. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes. APEFE, CFB-Wallonie-Bruxelles, ENA Meknès, CDU, FUSA-Gembloux.
- FAO, 2001. Mixed crops livestock farming.
<http://www.fao.org/docrep/004/y0501e/y0501e03.htm>
- GUERIN H., LECOMTE P., LHOSTE P., MEYER C. 2002. Mémento de l'Agronome. MAE-CIRAD-GRET: 1313-1324.
- HEMALATHA S., PRAVEEN R. V., PADMAJA J., & SURESH K. 2013. An overview on role of phosphorus and water deficits on growth, yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* l.). International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 4(3):188-201.
- IGUE A. M., FLOQUET A., STAHR K. 2005. Land use/ cover change and farming systems in central Benin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, N° 50 : 23-37.
- IGUE A. M., HOUNDAGBA C. J., STAHR K. 2012. Accuracy of the land use/cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa). International Journal of AgriScience Vol. 2 (2) : 174-184.
- IGUE A. M., SAIDOU A., ADJANOHOUN A., EZUI G., ATTIOGBE P., KPAGIN G., GOTOECHAN-HODONOU H., YOUL S., PARE T., BALOGOUN I., OUEDRAOGO J., DOSSA E., MANDO A., & SOGBEDJI J. M. 2013. Evaluation de la fertilité des sols au Sud et au centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Spécial numéro Fertilisation du maïs, INRAB:12-23.
- JANSSEN B. H. 1993. Integrated nutrient management : the use of organic and mineral fertilizers. *In*: Van Reuler, H. & W.H. Prins (eds). The role of plant nutrients for sustainable food crop production in sub-Sahara Africa. Leidschendam: Vereniging Van Kunstmest producenten: 89-105.
- KONE B., OIKEH S., DIATTA S., SOMADO E., KOTCHI V., SAHRAWAT K. 2010. Response of interspecifics and sativa upland rice to Mali phosphate rock and soluble phosphate fertilizer. Arch. Agro. Soil Sci., 57 (4): 421- 434.
- LHOSTE P. 2004. Les relations agriculture-élevage. Agriculture/Elevage : Nord-Sud, OCL Volume 11 n° 4/5 : 253-255.
- MINSON D. J. 1990. The chemical composition and nutritive value of tropical grasses. *In*: Skermann P.J. and Riveros F., (eds.). Tropical grasses. Plant production and protection series N° 22. FAO, Rome, Italy: 163-180.
- NAITORMBAIDE M., LOMPO F., GNANKAMBARY Z., OUANDAOGO N., SEDOGO M. P. 2010. Traditional crops impoverishing the soils in savanna region in Tchad. International Journal of Biological and Chemical Sciences 4(4): 871-881.
- NANEMA L. 1998. Optimisation de l'utilisation des résidus de culture associés aux sous-produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants. Mémoire d'ingénieur de développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina-Fasso.
- NDIMUBANDI A., DIENG A., FONCK M., BULDGEN A., BECKERS Y., THEWIS A. 1998. Etude comparative de la technique du gaz-test, de la digestibilité de la matière organique par la cellulase et de la composition chimique d'*Andropogon gayanus* pour la prédiction de sa valeur énergétique et de son ingestibilité chez le mouton Peul-Peul. Renc. Rech. Ruminants, 5 : 268.
- OCDE, 2008. Elevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest : Potentialités et défis, Etude réalisée dans le cadre du partenariat entre la Commission de la CEDEAO et le Secrétariat du CSAO/OCDE sur l'avenir de l'élevage au Sahel et en Afrique de l'Ouest.

- RICHARD D., GUERIN H., FRIOT D., MBAYE N., 1990. Teneurs en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. *Revue Elev. Mécl. vét. Pays trop.* 43 (2) : 225-231. <http://www.oecd.org/dataoecd/37/51/40279092.pdf>
- RIVIERE R. 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropicaux, Collection, manuels et précis d'élevage. Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, France.
- SAIDOU A. 1992. Effets de l'apport de différents matériaux végétaux sur la fertilité d'un sol ferrallitique (terre de barre) du Sud Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin.
- SAIDOU A., JANSSEN B. H., TEMMINGHOFF E. J. M., 2003. Effects of soil properties, mulch and NPK fertilizer on maize yields and nutrient budgets on ferrallitic soils in southern Benin. *Agriculture ecosystems and Environment* 100 : 265-273.
- SAIDOU A., KOSSOU D. K., ACAKPO C., RICHARDS P. & KUYPER T. W. 2012. Effects of farmers practices of fertilizer application and land use types on subsequent maize yield and nutrient uptake in central Benin. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 6(1): 365-378.
- SAIDOU A., KUYPER W.T., KOSSOU D., TOSSOU R., ET RICHARDS, P., 2004. Sustainable soil fertility management in Benin: learning from farmers. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 52-3/4: 349-369.
- SAVADOGO M., ZEMMELINK G., VAN KEULEN H., & NIANOGO A. 2000. Crop Residue Management in relation to sustainable land use: A case study in Burkina-Faso. *Tropical Resource Management, Papers 31*, Wageningen University and Research Center, Department of animal Sciences.
- SMITH, J.W., AGYEMANG, K., HAILU, Z., JABBAR, M., LARBI, A. ET OSUJI, P. 1997. Le développement du secteur laitier en Afrique occidentale : situation actuelle et questions liées au développement ultérieur, in *Politique pour le développement de l'élevage dans les zones humide et subhumide de l'Afrique subsaharienne*, Acte du séminaire d'Abidjan, Côte d'Ivoire, du 5 au 9 février 1996, Wageningen, CTA.
- WEBER J., KARCZEWSKA A., DROZD J., LICZNAR M., LICZNAR S., JAMROZ E., KOCOWICZ A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. Bioch.*, 39: 1294-1302.
- ZOUNDI J., HUSSEIN K., HITIMANA L. 2006. Libéralisation de la filière coton et innovation agricole en Afrique de l'Ouest. In « Le coton, des futurs à construire », *Cahiers Agriculture* 15 : 17-22.