

**Effet de l'apport d'engrais organiques sur les propriétés chimiques
d'un sol ferrallitique et la production de laitue au Sud Bénin**

**EFFECT OF ORGANIC MANURE ON THE
CHEMICAL PROPERTIES OF A FERRALITIC SOIL AND LETTUCE
PRODUCTION IN SOUTHERN BENIN**

**SAIDOU A.^{1*}, BACHABIS. F. X.²⁾, PADONOU G. E.¹⁾, BIAOU O. D. B.²⁾,
BALOGOUN I.¹⁾, KOSSOU D.¹⁾**

¹⁾Département de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire des Sciences du Sol,
01 BP 526 RP Cotonou Bénin. ²⁾Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomiques de
Djougou, Centre Universitaire de Djougou, Université de Parakou, Bénin.

*Auteur correspondant, Email : saidoualiou@gmail.com
Tél. (+229) 97494480 ; Fax. (+229) 21360122

RESUME

Deux types de compost à base de fientes de volailles et de déjections d'ovins et le guano ont été testés afin d'évaluer leur effet sur les propriétés chimiques du sol et la biomasse de la laitue (*Lactuca sativa* L.). Les arrières effets de ces trois sources d'engrais organiques ont été également étudiés. Le dispositif expérimental est un split plot avec comme facteur principal les sources d'engrais organiques et quatre doses d'application (0, 20, 30 et 40 t/ha) comme facteurs secondaires. On note une amélioration significative ($P < 0,05$) de la teneur du sol en P assimilable et en Ca^{2+} au niveau du sol fumé avec le guano comparativement aux autres sources d'engrais organiques. Le compost enrichi avec les fientes de volailles a favorisé la production de biomasse fraîche la plus élevée ($20,98 \pm 1,95$ et $11,25 \pm 1,16$ t MF/ha respectivement pour la première et la subséquente culture) comparativement au guano ($11,90 \pm 1,55$ et $5,49 \pm 0,45$ t MF/ha). Les différentes doses d'application n'ont pas significativement ($P > 0,05$) influencé les paramètres mesurés. La production de biomasse fraîche pour la précédente culture est significativement ($P < 0,001$) inférieure à celle de la subséquente culture. Le compost enrichi avec les fientes de volailles pourrait être recommandé pour la production de laitue à la dose de 30 t/ha.

Pour une efficacité, il est suggéré des apports réguliers afin de mieux valoriser les arrières effets de l'apport d'engrais organique.

Mots clés : Fertilité des sols, compost, guano, effet résiduel, culture maraîchère.

ABSTRACT

The effect of guano and two types of compost enriched with chicken and sheep dejections on soil chemical properties and fresh biomass of lettuce (*Lactuca sativa* L.) on ferralitic soil was studied. The residual effect of the organic manure was also of interest. The experimental design was a split plot, organic manures were the main factor and the rates of the organic manures applied (0, 20, 30 and 40 t/ha) were sub-factors. We noticed a significant ($P < 0.05$) improvement of soil available P and Ca^{2+} with the guano compared with the other organic manure sources. The compost enriched with chicken dejection allowed higher lettuce fresh biomass (20.98 ± 1.95 and 11.25 ± 1.16 t FM/ha for the previous and the subsequent cultivation respectively) compared with the guano (11.90 ± 1.55 and 5.49 ± 0.45 t FM/ha for the previous and the subsequent cultivation respectively). The different application rates did not significantly ($P > 0.05$) affect the measured parameters. However, the fresh biomass of the previous plantation is significantly ($P < 0.001$) lower than that of the subsequent plantation. The compost enriched with chicken dejection is recommended for lettuce production at the rate of 30 t/ha. It is suggested regular compost supply in order to improve the effectiveness of the residual effect of the organic manure.

Keywords: soil fertility, compost, guano, residual effect, vegetable production.

INTRODUCTION

En zone tropicale, la mise en terre des cultures entraîne une diminution rapide du stock de matière organique et l'apparition de carences en azote, phosphore et éléments divers (Yoni et al., 2005). La contrainte majeure de la production en Afrique au sud du Sahara sur les sols fragiles est le bas niveau de la fertilité des sols (Saïdou et al., 2009). Le rendement des cultures baisse et les terres sont parfois abandonnées. Selon Wood et al., (2005) l'érosion, la dégradation des sols, la déforestation et la pollution des sols et des eaux sont les impacts environnementaux les plus prédominants que cause l'utilisation des engrais chimiques

pour l'amélioration de la production des cultures.

Au Bénin, le problème de la baisse de la fertilité des sols est une préoccupation aussi bien pour les producteurs que pour les chercheurs (Saïdou et al., 2009). Une des stratégies pour l'amélioration de la fertilité des sols en particulier les sols ferrallitiques qui sont pauvres en azote et en phosphore (Koné et al., 2010) est l'utilisation des engrais organiques. Cette pratique contribue à l'augmentation du stock de matière organique et à l'accroissement de la capacité d'échange cationique et par conséquence du niveau de la fertilité des sols (Weber et al., 2007).

Il a été également prouvé que l'apport des engrais organiques aux sols maraîchers améliore la structure des sols, augmentent la capacité de rétention en eau et des

nutriments dans le sol, stimulent l'activité microbienne et augmentent le rendement des cultures (Kowaljow et Mazzarino, 2007 ; Amadji et al., 2009). En effet, les sources d'engrais organique possédant un rapport C/N en dessous de 20 contiennent une concentration élevée de nutriments (Chaves et al., 2007; Tognetti et al., 2008) et possèdent des potentiels d'immobilisation de l'azote (De Neve et al., 2004). Au regard de tous ces avantages, beaucoup de travaux de recherche sur la contribution des résidus organiques dans la régénération de la fertilité des sols sont conduits au Bénin (Amadji et al., 2009). Mais très peu d'information existe sur la contribution du guano et des composts enrichis avec la fiente de volaille et les déjections d'ovins de même que leur effet résiduel sur l'amélioration des propriétés du sol et les paramètres de rendement de la laitue. La connaissance de ces informations permettra de mettre à la disposition des maraîchers des formules d'engrais organique en vue d'une production durable de la laitue sur sols ferrallitiques.

La présente étude vise de façon globale à déterminer un système de production durable pour les cultures maraîchères par la valorisation de différentes sources de résidus organiques en compost et du guano. De façon spécifique, l'étude vise à: 1) étudier la qualité des sources d'engrais organique utilisées, 2) étudier l'effet des sources d'engrais organiques sur les propriétés chimiques du sol, 3) déterminer les doses adéquates de ces types d'engrais organiques pour une meilleure production de biomasse fraîche de laitue, enfin 4) apprécier l'effet résiduel de ces types d'engrais organiques et des doses appliquées sur le rendement d'une culture subséquente de laitue.

MATERIEL ET METHODES

Les travaux ont été réalisés sur le site du Centre International d'Expérimentation et de Valorisation des Ressources Africaines (CIEVRA) situé dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin à environ 30 km au Nord de Cotonou à 06°54' Nord et 02°25' Est. La zone est caractérisée par un climat de type sub-équatorial chaud marqué par une humidité relativement élevée, une pluviométrie variant entre 900 et 1100 mm d'eau par an. On y distingue quatre saisons à savoir deux saisons sèches (de mi-novembre à mi-mars et mi-juillet à mi-septembre) et deux saisons pluvieuses (de mi-mars à mi-juillet et de mi-septembre à mi-octobre). La température moyenne annuelle est de 27 °C (les amplitudes diurnes et saisonnières sont faibles). L'hygrométrie est toujours élevée (supérieure à 70% à 12 heures, supérieure à 89% à 6 heures). Le sol du site est de type ferrallitique désaturé, développé sur des sédiments argilo-sableux du continental terminal (terres de barre).

Au démarrage de l'essai, la composition granulométrique du sol se présente comme suit: 74,50% de sable, 5,17% de limon et 7,85% d'argile ce qui confère une texture sablo-limoneuse au sol. Le pH eau du sol est légèrement neutre (6,90), les teneurs en azote totale (N) et carbone (C) sont respectivement de 0,33 et 5,5 g/kg. La concentration en phosphore assimilable (P) est de 15 mg/kg. La teneur en cations échangeables est de 2,2; 1,4 et 0,05 cmol/kg respectivement pour le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}) et le potassium (K^+).

La variété Eden Iceberg de laitue (*Lactuca sativa* L.) a été utilisée dans le cadre de cette expérimentation. C'est une variété précoce, pommée et très volumineuse. Elle est d'une couleur verte (brillante) avec des feuilles cloquées et bien découpées et ses graines ont une couleur blanche. Deux cycles de culture de laitue ont été réalisés dans le cadre de cette étude. La première culture a permis d'évaluer l'effet direct des engrais organiques appliqués à différentes doses sur la biomasse fraîche de la laitue et les propriétés du sol et la deuxième culture a permis d'évaluer l'arrière effet des

engrais organiques sur la biomasse.

Le dispositif expérimental utilisé pour les deux types d'essai est un split plot à 4 répétitions avec deux facteurs : les types d'engrais organiques (facteur principal) et les doses d'engrais (facteur secondaire). Les types d'engrais qui ont été utilisés dans le cadre de cette étude sont:

- Compost de résidus végétaux enrichi avec la fiente de volaille provenant des élevages environnant;
- Compost de résidus végétaux enrichi avec les déjections d'ovins provenant des élevages environnants;
- Guano, engrais organique à base de déjections de chauve souris vendu sur le marché utilisé pour des buts de comparaison avec les engrais organiques localement fabriqués.

Les composts à base des fientes de volaille et des déjections d'ovins ont été fabriqués sur le site de l'expérimentation selon un ratio de 1/2 déjections animales et 1/2 de résidus de récolte. Les résidus de récoltes étaient constitués de faux troncs et feuilles de bananier, fleurs taillées, feuilles des arbres et les gazons taillés. Le processus de compostage a duré 3 mois (mars à mai 2009) avec un retournement suivi d'arrosage par quinzaine. A la fin du processus de compostage et au moment de l'application des engrais organiques, des échantillons de chaque type de compost ont été prélevés pour des analyses chimiques au laboratoire.

Les différentes sources d'engrais organiques ont été appliquées à différentes doses : 0 (témoin sans engrais), 20, 30 et 40 t/ha, ce qui correspond à des quantités respectives de 0 ; 9,6 ; 14,4 et 19,2 kg par parcelle élémentaire. Soient au total 48 parcelles élémentaires. Les dimensions des parcelles élémentaires (planches) sont de 4 m x 1,2 m soit 4,80 m². Des allées de 0,5 m ont été observées entre les parcelles élémentaires et 1 m entre les blocs.

Des échantillons de sol ont été prélevés à 0 - 20 cm de profondeur par parcelle élémentaire à la fin de la première culture afin d'évaluer le niveau de la fertilité du sol pour la culture subséquente.

Une semaine avant le semis de la première culture, les composts ont été incorporés dans le sol sur chacune des parcelles élémentaires. Les composts ont été apportés en fraction unique par contre, compte tenu de sa nature fine, le guano a été apporté en deux apports: demi-dose lors de la préparation du lit de semis et la demi-dose restante trois semaines après repiquage de la laitue.

La pépinière a duré trois semaines pour chacune des deux cultures. Les repiquages des plants ont eu lieu le 14 juillet 2009 et le 26 octobre 2009 respectivement pour la première et la culture subséquente. Ils ont été effectués suivants les écartements de 20 cm x 20 cm soit une densité de semis de 187500 plants par hectare. Deux arrosages par jour (soient 11 litres d'eau par planche) ont été effectués. Les plants ont été récoltés le 18 août 2009 et le 04 décembre 2009 respectivement pour la première et la deuxième culture.

Le poids frais de la biomasse totale (aérienne et souterraine) de la laitue a été évalué. Cette observation a consisté à peser à l'aide d'une balance électronique de portée 4 kg de marque ACCULAB Sartorius tous les plants entiers récoltés (après avoir rincé les racines) sur la surface interprétable (0,80 m x 1 m, tout en éliminant les plants et lignes de bordure).

Les échantillons de sol ont été analysés au Laboratoire des Sciences du Sol Eau et Environnement (LSSEE) du Centre de Recherche Agricole (CRA) d'Agonkanmey de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) suivant les méthodes d'analyse développées par Page et al. (1982). Les analyses ont consisté en la détermination du pH(H₂O) par potentiométrie dans un rapport sol/eau distillée de 1/2,5; l'azote total par la méthode de Kjeldahl (le sol est traité par l'acide sulfurique dans un rapport sol/solution 1/20 en présence d'un comprimé

de catalyseur de sélénium); le carbone organique par la méthode de Walkley & Black qui consiste à oxyder la matière organique du sol avec le dichromate de potassium 1 N en milieu acide dans un rapport $\text{sol}/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ de 0,25/10 ; le potassium échangeable par la méthode de l'acétate d'ammonium 1 N à $\text{pH} = 7$, le dosage du potassium échangeable s'est fait à l'aide du photomètre de flamme; le magnésium et calcium échangeables par titrimétrie EDTA (acide Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique); le phosphore assimilable est extrait suivant la méthode Bray 1, composée de NH_4F et de HCl , le filtrat est coloré par le molybdate d'ammonium en présence de l'acide ascorbique et l'intensité de la coloration est déterminée par colorimétrie à la longueur d'onde de 660 nm.

Le logiciel Statistical Analysis System (SAS) version 9.1 a servi à l'analyse des données. Les analyses statistiques ont essentiellement consisté en des analyses de variance à deux et trois facteurs suivies du test de Student Newman-Keuls pour la séparation des moyennes. Les analyses de variance à deux facteurs ont été faites pour la biomasse fraîche de la laitue et les propriétés chimiques du sol. Par contre, une analyse de variance à trois facteurs considérant les types d'engrais organique, les doses d'application et la succession des cultures a permis d'évaluer les effets résiduels des engrais organiques.

RESULTATS

Caractéristiques chimiques des différentes sources d'engrais organiques utilisées

Le Tableau I présente les caractéristiques chimiques des différentes sources d'engrais organique. Il ressort de l'analyse des résultats du tableau une richesse en nutriment de la fiente de volaille comparativement aux déjections d'ovins. Une perte considérable de nutriment tout au long du processus de compostage est notée avec pour conséquence, la baisse de la teneur en nutriment des composts fabriqués due probablement au lessivage lors de l'arrosage. Toutefois, nous avons noté une richesse du compost enrichi avec la fiente de volaille en N comparativement aux deux autres sources d'engrais organique utilisées. Par contre, les fortes teneurs en P, K, Ca et Mg sont enregistrées au niveau du guano.

Tableau I : Teneurs en N, P, K, Ca et Mg (mg/kg) des déjections et des composts fabriqués.

Engrais organiques	N	P	K	Ca	Mg
Fiente de volaille	42,4	22,1	44,5	72	40,8
Déjections d'ovins	21,1	8,6	28,9	32	40,8
Compost enrichi avec les fientes de volaille	15,3	6,7	10,9	30,4	9,1
Compost enrichi avec les déjections d'ovins	11,1	1,5	9,4	6,4	7,1
Guano	9,6	86,1	15,6	208	50,4

Effet des différentes sources d'engrais organiques et des doses d'application sur les propriétés chimiques du sol

Le pH (H_2O) du sol est légèrement neutre à modérément alcalin (Tableau II) avec des valeurs variant entre 6,5 et 7,9. L'apport croissant des différentes sources d'engrais organique n'a pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur les teneurs du sol en N et en carbone organique. Toutefois, les teneurs du sol en P assimilable après la première culture de la laitue ont significativement ($P < 0,05$) doublées au niveau des parcelles fertilisées avec le guano comparativement aux parcelles fumées avec le compost

enrichi avec les fientes de volaille et celui enrichi avec les déjections d'ovins. Par contre, la concentration de Ca^{2+} échangeable a augmenté de 1,4 fois comparativement à celle des parcelles ayant reçu le compost enrichi avec les fientes de volaille et de déjection d'ovins.

Effet des différentes sources d'engrais organiques et des doses d'application sur la production de biomasse fraîche de la laitue

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau III) indiquent que les formes d'engrais organiques, les doses d'application et les successions de culture ont eu une différence très hautement significative ($P < 0,0001$) sur la biomasse fraîche de la laitue. Parmi les interactions de ces facteurs, seule la combinaison doses et successions de culture a eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur la biomasse fraîche. Quelque soit les cultures et les formes d'engrais organiques, la différence entre les biomasses fraîches est significative ($P < 0,05$) uniquement pour les doses de 30 et 40 t/ha. Mais, il faut remarquer que la plus forte biomasse fraîche est observée avec le compost enrichi avec les fientes de volailles ceci à la dose de 30 t/ha (Figure 1).

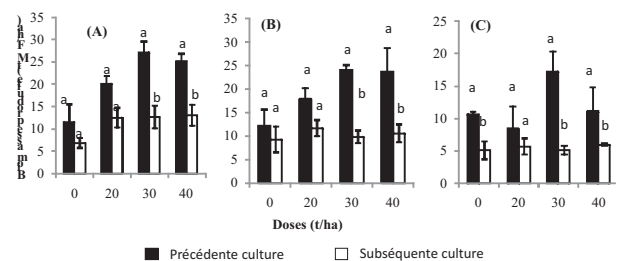


Figure 1 : Effet des différentes doses de compost enrichi avec la fiente de volaille (A) et les déjections d'ovins (B) et du guano (C) sur la biomasse fraîche selon la précédente et la subséquente culture de laitue.

La Figure 2 illustre la production de biomasse fraîche de la laitue en fonction des types d'engrais organiques et de la succession des cultures. Il ressort de l'analyse des résultats de la figure que les rendements les plus élevés sont obtenus avec le compost enrichi avec les fientes de volailles ($20,99 \pm 2,45$ t MF/ha et $11,25 \pm 2,06$ t MF/ha respectivement pour la précédente et la culture subséquente) et les plus faibles avec le guano ($11,91 \pm 2,61$ et $5,48 \pm 0,85$ t MF/ha respectivement pour la précédente et la culture subséquente). De plus, les biomasses fraîches de laitue sont plus faibles au niveau de tous les types d'engrais organiques pour la culture subséquente de laitue comparativement à la précédente (Figure 2). En effet, suivant le type d'engrais organique, on observe une diminution de la biomasse de laitue de 54% pour le guano, 45% pour le compost enrichi avec les déjections d'ovins et 46% pour le compost enrichi avec les fientes de volailles.

Tableau III : Résultat de l'analyse de variance (Valeur de F) de l'effet direct et de l'effet résiduel des engrais organiques sur la production de la biomasse fraîche de la laitue.

Source de variation	ddl	Biomasse fraîche
Engrais	2	21,01 ***
Doses	3	8,24 ***
Cultures	1	69,13 ***
Engrais*Doses	6	1,78 ns
Engrais*Cultures	2	0,96 ns
Doses*Cultures	3	3,85 *
Engrais*Doses*Cultures	6	0,54 ns

Tableau II : Effet des différentes sources d'engrais organiques sur les propriétés chimiques du sol (valeurs moyennes \pm erreurs standards) après la première culture de la laitue considérant les différentes doses d'application

Sources d'engrais organiques	Doses (t/ha)	pH (H ₂ O)	C- Org (g/kg)	N (g/kg)	P Bray I (mg/kg)	Bases échangeables (cmol/kg)		
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Compost enrichi avec la fiente de volaille	0	7,00 \pm 0,00 a	6,55 \pm 1,05 a	0,61 \pm 0,00 a	89,50 \pm 44,50 b	3,10 \pm 0,70 a	1,40 \pm 0,60 a	0,12 \pm 0,01 b
	20	7,25 \pm 0,55 a	6,90 \pm 0,30 a	0,54 \pm 0,00 b	114,50 \pm 35,50 ab	3,80 \pm 1,20 a	1,60 \pm 0,20 a	0,17 \pm 0,01 a
	30	6,85 \pm 0,05 a	7,00 \pm 0,40 a	0,59 \pm 0,00 a	123,00 \pm 30,00 ab	3,80 \pm 0,40 a	1,60 \pm 0,40 a	0,19 \pm 0 a
	40	7,95 \pm 0,15 a	7,85 \pm 0,05 a	0,61 \pm 0,01 a	156,50 \pm 28,50 a	4,20 \pm 0,40 a	2,10 \pm 0,10 a	0,18 \pm 0,02 a
	Moyenne	7,01 \pm 0,12 A	7,07 \pm 0,28 A	0,58 \pm 0,01 A	120,90 \pm 16,09 B	3,72 \pm 0,35 B	1,67 \pm 0,17 A	0,16 \pm 0,01 A
Compost enrichi avec les déjections d'ovins	0	7,00 \pm 0,00 a	6,55 \pm 1,05 a	0,61 \pm 0,00 a	89,50 \pm 44,50 a	3,10 \pm 0,70 a	1,40 \pm 0,60 a	0,12 \pm 0,01 a
	20	7,15 \pm 0,55 a	7,20 \pm 0,30 a	0,73 \pm 0,00 a	137,00 \pm 99,00 a	3,80 \pm 0,60 a	1,50 \pm 0,20 a	0,140 \pm 0,01 a
	30	7,15 \pm 0,55 a	7,30 \pm 1,30 a	0,73 \pm 0,00 a	137,00 \pm 99,00 a	3,80 \pm 0,60 a	1,50 \pm 0,20 a	0,140 \pm 0,01 a
	40	7,10 \pm 0,10 a	6,80 \pm 0,40 a	0,64 \pm 0,06 a	169,00 \pm 125,00 a	3,80 \pm 1,20 a	2,10 \pm 0,70 a	0,19 \pm 0,08 a
	Moyenne	7,08 \pm 0,03 A	6,96 \pm 0,35 A	0,63 \pm 0,03 A	136,80 \pm 39,43 B	3,50 \pm 0,40 B	1,80 \pm ,23 A	0,15 \pm 0,01 A
Guano	0	7,00 \pm 0,00 a	6,55 \pm 1,05 a	0,61 \pm 0,00 a	88,50 \pm 44,50 b	3,10 \pm 0,70 a	1,40 \pm 0,60 a	0,12 \pm 0,01 a
	20	6,60 \pm 0,30 a	6,25 \pm 0,45 a	0,65 \pm 0,02 a	228,50 \pm 23,50 ab	4,80 \pm 0,40 a	2,50 \pm 0,10 a	0,14 \pm 0,01 a
	30	6,55 \pm 0,15 a	6,30 \pm 0,30 a	0,66 \pm 0,05 a	316,50 \pm 109,50 a	6,10 \pm 1,10 a	2,00 \pm 0,00 a	0,11 \pm 0,005 a
	40	6,55 \pm 0,15 a	6,50 \pm 0,10 a	0,62 \pm 0,004 a	391,50 \pm 105,00 a	6,00 \pm 0,60 a	2,00 \pm 0,40 a	0,14 \pm 0,00 a
	Moyenne	6,67 \pm 0,09 A	6,40 \pm 0,22 A	6,63 \pm 0,01A	256,5 \pm 52,15 A	5,00 \pm 0,53 A	1,97 \pm 0,20 A	0,13 \pm 0,00 A

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et de même caractère ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) selon le test de Student Newman – Keuls.

Source de variation	ddl	Biomasse fraîche
Engrais	2	21,01 ***
Doses	3	8,24 ***
Cultures	1	69,13 ***
Engrais*Doses	6	1,78 ns
Engrais*Cultures	2	0,96 ns
Doses*Cultures	3	3,85 *
Engrais*Doses*Cultures	6	0,54 ns

*: $P < 0,05$; **: $P < 0,0001$; ns: différence non significative; ddl: Degré de liberté

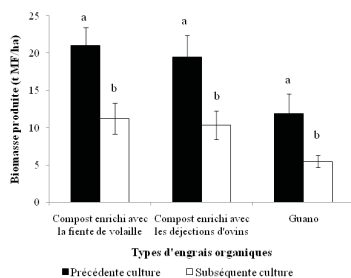


Figure 2 : Biomasse traicne des cultures précédente et subséquente de laitue en fonction des types d'engrais organiques.

DISCUSSION

Influence des engrais organiques et des doses d'application sur les propriétés chimiques du sol après la première récolte de la laitue

L'incorporation des composts et du guano a modifié les caractéristiques chimiques du sol. Cependant, les différentes doses n'ont pas eu d'influence sur les propriétés chimiques du sol. Le pH(H₂O) du sol est légèrement neutre à modérément alcalin, ce qui confirme les observations faite par Amadji et Migan (2001) après incorporation de différents types de composts pour la culture du chou et de l'amarante. Si les teneurs en P assimilable et en Ca²⁺ au niveau des parcelles ayant reçu le guano ont doublé comparativement à celles des parcelles fertilisées avec les composts enrichi avec les fientes de volailles et déjections d'ovins, cela s'explique par la richesse du guano en ces nutriments (cf. Tableau I). D'une manière générale, les doses d'application des engrais organiques n'ont pas eu d'effets significatifs sur les propriétés chimiques du sol. Ce résultat peut s'expliquer

par la nature des engrais organiques (Douglas et al., 2003) et par les méthodes d'application qui ont peut-être accentué les pertes par lessivage surtout pour les doses élevées.

Les teneurs en azote total, en carbone organique, en phosphore assimilable et en cations échangeables observées au niveau du sol après la récolte de la laitue sont largement supérieures à celles obtenues avant l'installation de l'essai. De plus, le rapport C/N du sol obtenu après l'application des engrais organiques est largement inférieur à 25 comparativement à celui obtenu au début de l'essai. Selon Baize (2000), lorsque le rapport C/N est inférieur à 25, la libération d'ammonium et de nitrates est plus importante et l'alimentation azotée des plantes devient possible à partir des réserves azotées du sol. Cette observation corrobore celles de Busby et al. (2007) et Amadji et al. (2009). Les trois formes d'engrais organiques ont donc eu des effets positifs sur le sol et ont favorisé une meilleure nutrition azotée de la première culture ce qui confirme les observations de Busby et al. (2007) après application des résidus de déchets solides compostés et non compostés sur sols sableux et Douglas et al. (2003) après application de cinq types de compost à base des résidus non agricole. De façon générale, la somme des bases échangeables obtenue pour les trois formes d'engrais après la récolte est moyenne car elle est comprise entre 5 - 10 cmol/kg (Mallouhi et Bioyara, 1997; Amadji et Migan, 2001) comparativement à celle obtenue avant l'essai qui est inférieure à 5 cmol/kg. Ce qui justifie réellement la contribution des trois formes d'engrais organiques dans l'amélioration du statut des bases échangeables du sol juste après une première culture.

Influence des sources d'engrais organiques et des doses d'application sur le rendement en biomasse fraîche de la laitue

Les différents types d'engrais organiques ont eu des effets très significatifs sur la production de biomasse fraîche comparativement à la biomasse produite par la culture subséquente. Cette différence entre les deux cultures peut être due comme expliqué précédemment à une minéralisation complète de l'azote (Busby et al., 2007; Chaves et al., 2007; Tognetti et al., 2008; Amadji et al., 2009) qui aurait profité à la culture. La conséquence directe de cette observation est la pauvreté relative du sol en azote après la première culture lequel n'a pas pu soutenir la nutrition azotée de la culture subséquente tout au long de son cycle de développement. Ces présents résultats

corroborent les observations faites par Amadji et al. (2009) et confirment les principes de la fertilisation azotée qui stipulent que l'arrière-effet des engrais organiques n'est réellement efficace que dans les cas d'apports réguliers et importants (Weber et al., 2007 ; Tognetti et al., 2008). Nous pouvons également lier ces différents résultats à la méthode d'application des composts qui aurait probablement occasionné une grande perte de nutriments par lessivage et par volatilisation (cas du N) sous forme de NH₃.

Les divers engrais organiques ont influencé différemment les rendements en biomasse fraîche de la laitue. Les plus fortes productions sont observées au niveau de la dose d'application de 30 t/ha de compost enrichi avec les fientes de volailles. La richesse des fientes de volailles en azote confirment les résultats précédemment obtenus. Ceci corrobore les observations faites par Amadji et al. (2009) après utilisation du compost enrichi avec la fiente de volaille pour la production de choux sur sol sableux. En effet, l'azote étant un élément constitutif de la chlorophylle, il est un élément important pour la croissance et la détermination du rendement des plantes (Sikora et Szmids, 2001; Douglas et al., 2003). La production a globalement baissé à la dose de 40 t/ha. Ces résultats laissent entrevoir que la minéralisation de l'azote contenu dans le compost à base de fientes de volailles n'est pas totale compte tenu de la quantité apportée. Pour des questions de sauvegarde de l'environnement contre les risques de pollution du sol en nitrate et son accumulation dans les feuilles (Tittonell et al., 2003) l'on ne pourrait suggérer une telle dose pour la production durable de laitue. Une application raisonnable de compost de résidus enrichis avec les fientes de volaille à la dose de 30 t/ha serait judicieuse pour le maraîcher.

CONCLUSION

L'apport du compost enrichi avec de la fiente de volailles a amélioré les propriétés chimiques du sol après la première culture et par conséquent, le rendement en biomasse fraîche ceci à la dose de 30 t/ha. Le compost enrichi avec les déjections d'ovin n'a pas influencé significativement le rendement. L'apport du guano a également amélioré les teneurs du sol en P assimilable et en Ca²⁺ échangeable comparativement au niveau initial de fertilité du sol avant l'installation des essais.

De toutes les sources d'engrais organiques appliquées, le compost enrichi avec la fiente de volailles a eu un arrière-effet considérable sur la biomasse fraîche de la laitue comparativement aux autres engrais organiques. Mais d'une façon générale, on note une baisse considérable du rendement en biomasse fraîche au niveau de la subséquente culture comparativement à la précédente. Cette observation dénote le faible effet résiduel des engrais organiques utilisés et confirme les lois de la fertilisation organique. Dans le cas de la présente étude, la minéralisation complète de l'azote pourrait expliquer cet état de chose.

D'une façon générale, les différentes doses n'ont eu aucun effet significatif sur les paramètres mesurés. Cette observation s'explique par la méthode d'application des différents types d'engrais organiques. Toutefois, au vue des résultats obtenus, le compost enrichi avec les fientes de volailles pourrait être recommandé aux producteurs de laitue à la dose de 30 t/ha. Mais pour une efficacité de l'amendement organique, il est suggéré des apports réguliers afin de mieux valoriser les arrières effets.

REFERENCES

Amadji GL, Migan D. 2001. Influence d'un amendement organique (compost) sur les propriétés physico-chimiques et la productivité d'un sol ferrugineux tropical. *An Sci Agro Bénin*, **2**(2):123-139.

- Amadji GL, Saïdou A, Chitou L. 2009. Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *Int J Biol Chem Sci*, **3**(2):192-202.
- Baize D. 2000. Guide des analyses en Pédologie. 2^{ème} ed. Paris: INRA.
- Busby RH, Torbert A, Gebhart DL. 2007. Carbon and nitrogen mineralization of non-composted and composted municipal solid waste in sandy soils. *Soil Biol. Bioch.* **39**:1277-1283.
- Chaves B, De Neve S, Piulats LM, Bocckx P, Van Cleemput O, Hofman G. 2007. Manipulation the N release from N-rich crop residues by using organic wastes on soils with different textures. *Soil Use and Man*, **23**:212-219.
- De Neve S, Gaona Sae'z S, Chave B, Sleutel S, Hofman G. 2004. Manipulation N mineralization from high N crop residues using on- and off farm organic materials. *Soil Biol Bioch*, **36**:127-134.
- Douglas JT, Aitken MN, Smith CA. 2003. Effects of five non-agricultural organic wastes on soil composition and on the yield and nitrogen recovery on Italian ryegrass. *Soil Use and Man*. **19**:135-138.
- Koné B, Oikeh S, Diatta S, Somado E, Kotchi V, Sahrawat KL. 2010. Response of interspecifics and sativa upland rice to Mali phosphate rock and soluble phosphate fertilizer. *Arch Agro Soil Sci*, **57**(4):421-434.
- Kowalijow E, Mazzarino MJ. 2007. Soil restoration in semarid Patagonia : chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol Bioch*, **39**:1580-1588.
- Mallouhi N, Bioyara JP. 1997. Effet de *Leucaena leucocephala*, des fientes de volaille ou du fumier de bovins sur la productivité du maïs cultivé sur "terre de barre" au sud Bénin. *Tropicultura* **15**(2):67-70.
- Page AL, Miller RH, Keeney DR. 1982. Methods of soil analysis, part 2, 2nd ed. Madison, USA: Soil Science Society of America.
- Saïdou A, Kossou D, Azontondé A, Hougni D-GJM. 2009. Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *Int J Biol Chem Sci*, **3**(3):587-597.
- Sikora LJ, Szmids AK. 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from composts. In: Stoffella PJ, Kahn BA, editors, Compost utilization in horticultural cropping systems, New York, USA: Lewis Publishers, 287-305.
- Tittonell PA, De Grazia J, Chiesa A. 2003. Nitrate and dry matter concentration in a leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivar as affected by fertilization and plant population. *Agricoltura Tropica*, **36**: 82-87.
- Tognetti C, Mazzarino MJ, Laos F. 2008. Compost of municipal organic waste: effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biol Bioch*, **49**:2290-2296.
- Weber J, Karczewska A, Drozd J, Lieznar M, Lieznar S, Jamroz E, Kocowicz A. 2007. Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol Bioch*, **39**:1294-1302.
- Wood R, Lenzen M, Dey C, Lundie S. 2006. A comparative study of some environmental impacts of conventional and organic farming in Australia. *Agric Syst*, **89**:324-348.
- Yoni M, Hien V, Abbadie L, Serpentini G. 2005. Dynamique de la matière organique du sol dans les savanes soudaniennes du Burkina Faso. *Cahiers Agric* **14**(6):525-532.