



Original Paper

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

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

Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferrallitique au sud Bénin

O. D. B. BIAOU^{1*}, A. SAIDOU¹, F-X. BACHABI², G. E. PADONOU¹ et
I. BALOGOUN¹

¹ Unité de Recherche sur la Gestion Intégrée du Sol et des Cultures (ISCM),
Laboratoire des Sciences du Sol, Département de Production Végétale,
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 R.P Cotonou, Bénin.

² Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomique (ENSTA) Djougou,
Université de Parakou, Bénin, BP 123 Parakou, Bénin.

*Auteur correspondant : E-mail : biaoubernice@gmail.com, Tél. (+229) 97763095

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Fondation Espace Afrique (FEA) à travers le Centre International d'Expérimentation et de Valorisation des Ressources Africaines (CIEVRA) pour son appui financier et matériel.

RESUME

La baisse de fertilité des sols dans le Sud-Bénin et le coût élevé des engrais chimiques, ainsi que les dangers liés à leur mauvaise utilisation, amènent les producteurs à rechercher une fertilisation alternative et durable. Ainsi, deux types de compost à base de fientes de volailles et de déjections d'ovins ainsi que le guano ont été testés afin d'évaluer leur effet sur les propriétés chimiques du sol et le rendement de la carotte (*Daucus carota L.*). Le dispositif expérimental était un split plot à quatre répétitions avec les engrais organiques comme facteur principal puis trois doses d'application et un contrôle (0, 20, 30 et 40 t/ha) comme facteur secondaire. L'apport des différentes formes d'engrais organiques ainsi que les doses d'application ont eu des effets très hautement significatifs ($P < 0,001$) sur le pH (eau) ainsi que sur la teneur du sol en carbone organique, en phosphore assimilable et en calcium échangeable après la récolte. Le compost enrichi aux fientes de volailles a significativement contribué à l'augmentation du rendement de carottes comparativement au guano avec une moyenne globale de $24,24 \pm 1,34$ t/ha de carottes fraîches contre $18,93 \pm 1,68$ t/ha pour le guano. Le compost enrichi avec les fientes de volailles a induit des niveaux de rendements de carottes significativement élevés aux doses de 30 et 40 t/ha. Le compost enrichi avec les fientes de volailles pourrait être recommandé pour la production de la carotte à la dose de 30 t/ha.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Agriculture biologique, compost, *Daucus carota L.*, guano, Bénin.

Effect of organic manure on ferralitic soil and carrot (*Daucus carota L.*) production in southern Benin

ABSTRACT

The decline in soil fertility in southern Benin and the high cost of chemical fertilizers, as well as the dangers associated with their misuse, lead producers to seek alternative and sustainable fertilization. So, guano and two types of compost enriched with chicken and sheep dejections were tested in order to evaluate their effect on soil chemical properties and yield of carrots (*Daucus carota L.*) The experimental design was a split plot with four replications, organic manures were the main factors and the rates of organic manures applied (0, 20, 30 and 40 t/ha) were sub factors. The results showed that the different sources of organic manure and the rates of their application had a significant effect ($P < 0.001$) on pH (water), available phosphorus, organic carbon and exchangeable calcium after the carrots harvested. Compost enriched with chicken dejection has increased significantly ($P < 0.01$) the yield of fresh carrots (24.24 ± 1.60 t/ha) compared with the guano (18.93 ± 1.68 t/ha). Moreover, the compost enriched with chicken dejection allowed high yields of fresh carrots with the application rates of 30 and 40 t/ha. The compost enriched with chicken dejection is recommended for carrots production at the rate of 30 t/ha.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Biological agriculture, compost, *Daucus carota L.*, guano, Benin.

INTRODUCTION

En zone tropicale sèche, la mise en cultures des terres entraîne une diminution rapide du stock de matières organiques et l'apparition de carences en azote, phosphore et éléments divers (Yoni et al., 2005). La contrainte majeure de la production en Afrique sur les sols fragiles est le bas niveau de la fertilité de ces sols (Saïdou et al., 2009).

Le développement économique et social du Bénin, repose principalement sur son agriculture, laquelle contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté et la sécurité alimentaire (IFDC, 2002). Au Bénin, le problème de la baisse de la fertilité des sols est une préoccupation aussi bien pour les agriculteurs qui se heurtent au coût élevé des intrants que pour les chercheurs dont les travaux de recherche visent à maintenir ou à restaurer la fertilité des sols dégradés pour une intensification de la production agricole (Saïdou et al., 2009). L'une des stratégies pour l'amélioration de la fertilité des sols, en particulier les sols ferrallitiques reconnus pour leur pauvreté en azote et en phosphore (Koné et al., 2009), est l'utilisation de compost.

Une bonne pratique agricole qui implique l'apport de substances organiques

tels que les engrais organiques, les résidus de récolte ou différents types de composts pourrait améliorer leur fertilité (Weber et al., 2007). En effet, l'utilisation des composts produits avec les déchets organiques améliorent les propriétés des sols, rend disponible des nutriments dans le sol et réduit les risques de pollution (Crichton et al., 2000 ; Laos et al., 2000 ; Douglas et al., 2003; Kowaljow et Mazzarino, 2007; Weber et al., 2007). Ils améliorent 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 (Kowaljow et Mazzarino, 2007). De plus, les sources d'engrais organiques 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 ont été conduits au Bénin (Amadji et al., 2009). Mais très peu d'informations existent sur la contribution du guano (compost à base de déjections de chauve-souris) et des composts enrichis avec la fiente de volaille et les

déjections d'ovins sur la production de la carotte. 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 carotte sur les sols ferrallitiques.

C'est dans ce contexte qu'il faut situer ce travail dont l'objectif principal est de valoriser les différentes sources de résidus organiques en compost et du guano pour la production de la carotte.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

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 (Figure 1) 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, et 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-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 et carbone sont respectivement de 0,33 g/kg et 5,5 g/kg. La concentration en phosphore assimilable est de 15 mg/kg. La teneur en cations échangeables est de 2,2 cmol/kg; 1,4 cmol/kg et 0,05 cmol/kg

respectivement pour le calcium, le magnésium et le potassium.

Matériel végétal

Substrats organiques

La variété Hybride NX39 de la carotte (*Daucus carota L.*) a été utilisée dans le cadre de cette expérimentation. Les semences issues de cette variété hybride constituent une première génération homogène. Les plantes qu'elles engendrent sont toutes identiques à feuillage vigoureux, racine longue, lisse et très uniforme. Elle est de très belle coloration interne et externe. C'est une variété précoce de 90 jours, résistante aux maladies avec une bonne aptitude à la conservation et un rendement potentiel qui varie entre (30-35) t/ha.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour cet 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 volailles provenant des élevages environnants; 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 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 kg; 14,4 kg et 19,2 kg par parcelle élémentaire. L'essai comprend 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.

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, de fleurs taillées, de 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. Avant l'installation des essais, des échantillons composites de sol ont été prélevés entre 0-20 cm de profondeur en vue de l'appréciation de l'état de fertilité initial du sol des parcelles expérimentales. Des échantillons de sols ont été également prélevés à 0-20 cm de profondeur à la fin de l'expérimentation afin d'apprécier la variation de la fertilité du sol.

Mise en place de l'essai

Une semaine avant le semis de la 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 semis.

Un semis direct a été effectué pour la carotte à la date du 17 juin 2009. Les écartements de 20 cm entre ligne et 10 cm sur les lignes ont été observés soit une densité de semis de 375 000 plants par hectare. Deux arrosages par jour ont été effectués (soient 11 litres d'eau par planche). Les carottes ont été récoltées sur la surface interprétable (0,80 m x 1 m, après avoir éliminé les plants et lignes de bordure), le 17 septembre 2009 (90 jours après semis).

Le rendement de la carotte a été évalué après avoir détaché la partie aérienne. Cette observation a consisté à peser à l'aide d'une balance électronique de portée 4 kg.

Analyses physico-chimiques des sols

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'analyses développées par Page et al. (1982). Ces analyses ont consisté à la détermination du pH (eau) (méthode potentiométrique dans un rapport sol/eau distillé de 1/2,5); de l'azote total (méthode de kjeldahl); du carbone organique (méthode de Walkey & Black); du potassium échangeable (la méthode de l'acétate d'ammonium 1 N à pH = 7); du magnésium et du calcium échangeables (titrimétrie EDTA (Acide Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique); du phosphore assimilable (méthode Bray 1).

Méthode de collecte des données

Le diamètre au collet ainsi que la longueur des carottes ont été mesurés. Ces observations ont été effectuées sur 4 carottes sélectionnées au hasard. La circonférence de la carotte a été mesurée au collet puis le diamètre a été calculé par la formule $d = \text{circonférence} / \pi$ ($\pi = 3,14$); par contre la mesure de la longueur a été réalisée du collet à l'extrémité de la racine.

Le poids frais des carottes a été pris après avoir détaché la partie aérienne et rincé les racines. Une balance électronique de portée 4 kg a été utilisée. Les mesures ont été effectuées au niveau de la surface interprétable (0,80 m x 1 m) tout en éliminant les plants et lignes de bordure. Le rendement est estimé en rapportant la production à l'hectare.

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

Traitement des données

Le logiciel Statistical Analysis System (SAS) version 9.2 a servi à l'analyse des données. Ces analyses statistiques ont essentiellement consisté en des analyses de variance à deux facteurs (sources d'engrais organique et doses) suivies du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% pour la séparation des moyennes.

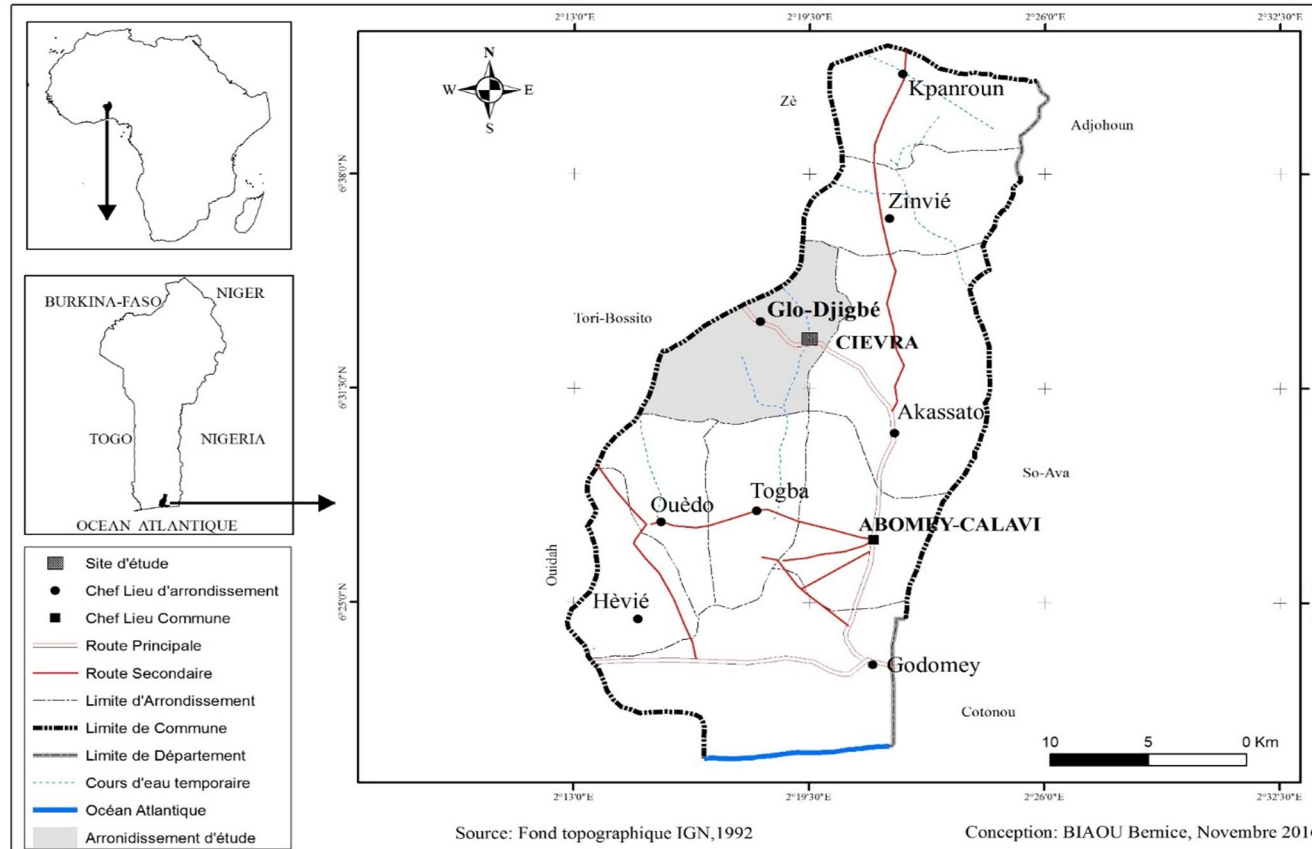


Figure 1 : Carte de la zone d'étude.

RESULTATS

Caractéristiques chimiques des engrais organiques utilisés

Le Tableau 1 présente les caractéristiques chimiques des engrais organiques appliqués. Il ressort de l'analyse des résultats du tableau, une richesse en nutriments de la fiente de volaille comparativement aux déjections d'ovins. Une perte considérable de nutriments tout au long du processus de compostage est notée avec pour conséquence, la baisse de la teneur en nutriments dans les composts fabriqués. Cette situation serait probablement due au lessivage lors de l'arrosage. Toutefois, le compost enrichi avec la fiente de volaille est riche en azote comparativement aux deux autres sources d'engrais organique utilisées. Par contre, de fortes teneurs en phosphore, potassium, calcium et magnésium ont été enregistrées au niveau du guano.

Effet des différentes sources d'engrais organique et des doses d'application sur les propriétés chimiques du sol après la récolte de la carotte

Le tableau d'analyse de variance indique que l'apport des différentes formes d'engrais organiques ainsi que les doses d'application ont eu des effets très hautement significatifs ($P < 0,001$) sur le pH (eau), la teneur du sol en carbone organique, phosphore assimilable, et en calcium ceci après la récolte de la carotte (Tableau 2). Par contre, seules les sources d'engrais organiques ont eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur la teneur du sol en Azote total alors que l'on enregistre une variabilité significative entre les différents blocs pour les teneurs du sol en potassium et magnésium échangeables.

Les pH (eau) du sol sont neutres et varient entre 6,5 et 7,4 (Tableau 3). Au niveau des parcelles ayant reçu le compost enrichi aux fientes de volailles, on note des différences significatives entre le témoin sans engrais organique et les parcelles fumées. Toutefois, les différentes doses appliquées n'influent pas significativement sur le pH (eau). Les parcelles fumées avec le compost

enrichi de fientes de volailles et celles enrichies avec les déjections d'ovins diffèrent significativement de celles ayant reçu le guano. Les parcelles ayant reçu 40 t/ha de compost enrichi aux fientes de volailles ont significativement amélioré les teneurs du sol en carbone organique et en azote total comparativement aux autres traitements. Toutefois, les doses d'application de 30 et 20 t/ha de compost n'ont pas significativement modifié les teneurs du sol en ces éléments. Les mêmes tendances s'observent avec le guano mais les doses d'application de 30 et 40 t/ha du compost ne diffèrent pas entre elles. Par contre, celle de 20 t/ha ne diffère pas du témoin en ce qui concerne la teneur du sol en azote total. Globalement, les composts enrichis aux fientes de volailles et en déjections d'ovins ont significativement amélioré les teneurs du sol en carbone organique comparativement au guano.

Les doses d'application ont eu des effets significatifs sur les teneurs en phosphore assimilable et en calcium au niveau des parcelles ayant reçu le guano. Les doses d'application de 40 t/ha de guano ont permis d'améliorer significativement les teneurs du sol en ces éléments comparativement aux doses d'application de 30 et 20 t/ha et au témoin sans engrais organique. Globalement, les plus fortes valeurs de calcium sont enregistrées avec le guano comparativement aux composts enrichis aux fientes de volailles et aux déjections d'ovins. On note une nette différence entre les sources d'engrais organiques en ce qui concerne les teneurs du sol en phosphore assimilable avec les plus fortes valeurs notées avec le guano suivi des parcelles enrichies avec les fientes de volailles.

Effet des engrais organiques et des doses d'application sur la production de carottes

Le Tableau 4 présente l'effet des engrais organiques et des doses d'application des engrais organiques sur la quantité de carottes produites. Il ressort de l'analyse des résultats de ce tableau que, le compost enrichi

aux fientes de volailles a significativement ($P < 0,01$) contribué à l'augmentation du rendement de la carotte comparativement au guano avec une moyenne totale de $24,24 \pm 1,34$ t/ha de carottes fraîches contre $18,93 \pm 1,68$ t/ha pour le guano. De plus, le compost

enrichi avec les fientes de volailles a induit des rendements de carottes significativement élevés aux doses de 30 et 40 t/ha avec des valeurs respectives de $29,40 \pm 1,60$ et $27,30 \pm 0,42$ t/ha contre $19,09 \pm 1,74$ t/ha pour le témoin sans engrais.

Tableau 1: Teneurs en N, P, K, Ca²⁺ et Mg²⁺ (g/kg) des déjections et des composts fabriqués.

Variables	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 fiente de volailles	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

Tableau 2: Effets des engrais organiques à différentes doses d'application sur le rendement de carottes.

Engrais	Doses (t/ha)	Rendement carotte (t/ha)
Compost enrichi avec la fiente de volailles	0	$19,09 \pm 1,74$ b
	20	$21,19 \pm 2,41$ b
	30	$29,40 \pm 1,60$ a
	40	$27,30 \pm 0,42$ a
	Moyenne	$24,24 \pm 1,34$ A
Compost enrichi avec les déjections d'ovins	0	$18,53 \pm 4,07$ b
	20	$22,13 \pm 4,97$ a
	30	$21,87 \pm 6,49$ a
	40	$21,71 \pm 5,12$ a
	Moyenne	$21,06 \pm 2,37$ AB
Guano	0	$18,20 \pm 4,83$ ab
	20	$14,76 \pm 2,64$ b
	30	$21,14 \pm 3,37$ a
	40	$21,63 \pm 1,58$ a
	Moyenne	$18,93 \pm 1,68$ B

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et du même caractère ne sont significativement différentes au seuil de 5 % avec le test de Student Newman-Keuls

Tableau 3 : Teneur du sol en N, P assimilable, et K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ échangeables après la récolte de la carotte considérant les différentes sources d'engrais organiques et les doses d'application.

Variables	pH (eau)	C	N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P (Bray 1)
Engrais organiques	13,38**	5,20*	4,39*	12,21**	1,21 ns	3,32 ns	19,39***
Blocs	0,74 ns	10,82**	1,72 ns	0,28 ns	0,04*	6,07*	0,23 ns
Doses	16,16***	13,17**	7,01**	30,68 **	0,95 ns	1,76 ns	19,25***
Engrais organiques * Bloc	4,50*	0,42 ns	0,28 ns	1,93 ns	1,09 ns	1,02 ns	1,80 ns
Engrais organiques * Dose	1,76 ns	2,65 ns	1,71 ns	8,06**	1,14 ns	5,04*	8,54**

* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$; ns : non significatif.

Tableau 4 : Effet de différentes sources d'engrais organiques sur la teneur (valeurs moyennes \pm erreurs standards) de la carotte en N, P, K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ considérant les différentes doses d'application.

Engrais	Doses (t/ha)	pH eau (1/2,5)	C (g/kg)	N (g/kg)	P Bray I (mg/kg)	Ca ²⁺ (cmol/kg)	Mg ²⁺ (cmol/kg)	K ⁺ (cmol/kg)
Compost enrichi avec la fiente de volaille	0	7,40 \pm 0,10 a	5,15 \pm 0,35 c	0,58 \pm 0,01 b	37,50 \pm 16,50 a	2,20 \pm 0,20 a	1,30 \pm 0,30 a	0,03 \pm 0,01 b
	20	7,10 \pm 0,20 b	6,40 \pm 0,00 b	0,58 \pm 0,06 b	72,00 \pm 36,00 a	3,10 \pm 0,70 a	1,00 \pm 0,40 a	0,09 \pm 0,03 b
	30	7,10 \pm 0,10 b	6,65 \pm 0,25 b	0,65 \pm 0,055 a	68,00 \pm 23,00 a	3,10 \pm 0,30 a	1,00 \pm 0,40 a	0,13 \pm 0,00 b
	40	6,95 \pm 0,15 b	7,80 \pm 0,20 a	0,76 \pm 0,02 a	202,00 \pm 41,00 a	4,50 \pm 0,30 a	1,90 \pm 0,10 a	0,21 \pm 0,03 a
	Moyenne	7,13 \pm 0,08 A	6,50 \pm 0,36 A	0,63 \pm 0,03 A	94,88 \pm 26,58 B	3,22 \pm 0,34 AB	1,30 \pm 0,18 A	0,12 \pm 0,02 A
Compost enrichi avec les déjections d'ovins	0	7,40 \pm 0,10 a	5,15 \pm 0,35 a	0,58 \pm 0,01 a	37,50 \pm 16,50 a	2,20 \pm 0,20 a	1,30 \pm 0,30 a	0,09 \pm 0,01 a
	20	7,30 \pm 0,00 a	6,90 \pm 1,00 a	0,55 \pm 0,05 a	31,00 \pm 7,00 a	3,10 \pm 0,70 a	0,90 \pm 0,10 a	0,20 \pm 0,07 a
	30	7,35 \pm 0,05 a	6,70 \pm 0,10 a	0,59 \pm 0,01 a	48,50 \pm 18,50 a	2,40 \pm 0,00 a	1,20 \pm 0,20 a	0,07 \pm 0,01 a
	40	7,00 \pm 0,10 a	6,25 \pm 0,15 a	0,57 \pm 0,02 a	143,50 \pm 110,50 a	3,40 \pm 1,00 a	0,80 \pm 0,20 a	0,07 \pm 0,01 a
	Moyenne	7,26 \pm 0,06 A	6,25 \pm 0,32 A	0,57 \pm 0,01 A	65,13 \pm 27,52 C	2,77 \pm 0,29 B	1,05 \pm 0,11 A	0,10 \pm 0,02 A
guano	0	7,40 \pm 0,10 a	5,15 \pm 0,35 a	0,58 \pm 0,01 ab	37,50 \pm 16,50 b	2,20 \pm 0,2 b	1,30 \pm 0,01 a	0,09 \pm 16,5 a
	20	6,75 \pm 0,05 a	5,80 \pm 0,10 a	0,51 \pm 0,01 b	276,00 \pm 15,00 b	3,30 \pm 0,1 b	0,90 \pm 0,5 a	0,07 \pm 00 a
	30	6,90 \pm 0,10 a	6,25 \pm 0,65 a	0,60 \pm 0,02 a	127,50 \pm 48,50 b	3,20 \pm 0,40 b	0,90 \pm 0,10 a	0,09 \pm 0,025 a
	40	6,55 \pm 0,25 a	5,85 \pm 0,55 a	0,68 \pm 0,03 a	977,00 \pm 218,00 a	8,30 \pm 0,10 a	0,90 \pm 0,10 a	0,10 \pm 0,025 a
	Moyenne	6,90 \pm 0,13 B	5,76 \pm 0,22 B	0,58 \pm 0,02 A	354,50 \pm 145,90 A	4,25 \pm 0,90 A	1,00 \pm 0,13 A	0,083 \pm 0,00 A

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et du même caractère ne sont significativement pas différentes au seuil de 5 % avec le test de Student Newman-Keuls

DISCUSSION

Influence des engrais organiques et des doses d'application sur les propriétés chimiques du sol

L'incorporation des composts et du guano a modifié les caractéristiques chimiques du sol après la culture de la carotte. Cependant, les différentes doses n'ont pas eu d'influence sur les propriétés chimiques du sol. Le pH (eau) du sol est légèrement neutre, ce qui confirme les observations faites par Amadji et Migan (2001) après incorporation de différents types de composts pour la culture du chou et de l'amarante. Un pH voisin de la neutralité constitue un atout pour une meilleure absorption racinaire des éléments nutritifs (Ondo, 2011; Ognalaga, 2015). Le résultat du pH obtenu dans le cas de cette étude est certainement lié au lessivage de certains cations comme le calcium dans le sol. Si les teneurs en phosphore et en calcium au niveau des parcelles ayant reçu le guano ont doublé comparativement aux parcelles fertilisées avec les composts à base de fientes de volailles et de déjections d'ovins, cela est dû à leur concentration importante dans le guano. Cette observation confirme les résultats initialement trouvés sur la teneur des fientes et composts en éléments nutritifs.

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 carotte sont supérieures à celles obtenues avant l'installation de l'essai. De plus, le rapport C/N du sol obtenu après l'essai est inférieur à 25 quelles que soient les formes d'engrais utilisés 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 l'emporte sur la réorganisation et l'alimentation azotée des plantes devient possible à partir des réserves azotées du sol. Cette observation corrobore celle de Amadji et al. (2009). Ainsi, les trois

formes d'engrais organiques ont donc amélioré les propriétés du sol et ont favorisé la nutrition azotée de la carotte. Les résultats sont aussi conformes à ceux de Douglas et al. (2003) après application de cinq types de compost à base des résidus non agricole. La somme des bases échangeables obtenue pour les trois formes d'engrais après la récolte est moyenne car elle est entre 5-10 cmol/kg (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 dans l'amélioration des bases échangeables du sol juste après une première culture.

Influence des engrais organiques et des doses d'application sur le rendement de la carotte

Les différents types d'engrais organiques ont eu des effets très significatifs sur le rendement de la carotte. La plus forte production de carotte est observée avec la dose de 30 t/ha avec les fientes de volailles. La richesse des fientes de volailles en azote confirment les résultats précédemment obtenus sur la grosseur des carottes, d'où le rendement élevé enregistré pour la carotte ($29,40 \pm 1,60$ t/ha) par rapport aux composts à base de déjections d'ovins ($21,87 \pm 6,49$ t/ha) et au guano ($21,14 \pm 3,37$ t/ha). 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. Les mêmes résultats ont été obtenus par Saïdou et al. (2012) après utilisation du compost enrichi avec la fiente de volaille pour la production de laitue sur un sol ferralitique. L'azote étant un élément constitutif de la chlorophylle, il est un facteur déterminant dans la croissance et la détermination du rendement des plantes (Sikora et Szmids, 2001; Douglas et al., 2003;

Magnan, 2006). Les effets positifs du compost à base de fientes de volaille sont apparus plus explicitement sur le développement du système racinaire (Bouhaouach et al., 2009), ce qui a permis de voir les améliorations très claires en réponse à la dose de 30 t/ha.

La production de carottes a globalement baissé à la dose de 40 t/ha. Cette baisse s'explique par le fait que, à cette dose, l'excès en azote a été préjudiciable pour la carotte (Chabi et al., 2012). Aussi, selon Bressoud et al. (2003), la fertilisation doit être mesurée et limitée pour éviter l'excès d'azote. Selon Sou et al. (2005), un apport excessif d'azote peut entraîner une diminution de rendement. De plus, des questions de sauvegarde de l'environnement contre les risques de pollution du sol en nitrate et son accumulation dans les plantes (Tittonell et al., 2003; Saidou et al., 2012) peuvent amener à ne pas suggérer une telle dose pour la production durable de la carotte. Ces résultats sont également liés à la méthode d'application des composts qui aurait probablement occasionné une grande perte de nutriments par lessivage et par volatilisation sous forme de NH_3 . 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 récolte de la carotte et, le rendement en carottes fraîches, ceci à la dose de 30 t/ha. Il a donc eu des effets positifs très marqués sur le système racinaire de la carotte. Le compost enrichi avec les déjections d'ovins n'a pas influencé significativement le rendement. L'apport du guano a également amélioré les teneurs du sol en phosphore assimilable et en calcium échangeable comparativement au niveau initial de fertilité du sol avant l'installation des essais. Les

différentes doses du guano n'ont eu aucun effet significatif sur les paramètres mesurés. Toutefois, au vue des résultats obtenus, le compost enrichi avec les fientes de volailles pourrait être recommandé aux producteurs de carottes à la dose de 30 t/ha. Mais pour une efficacité de l'amendement organique, il est suggéré des apports fractionnés pour éviter les pertes de nutriments par lessivage.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ODBB a rédigé le protocole, a conduit les essais sur le terrain et a rédigé le manuscrit de l'article ; AS et F-XB, ont contribué pour les analyses statistiques, la supervision des essais, l'interprétation des résultats d'analyse de laboratoire et la correction du draft du manuscrit ; GEP a participé à l'installation et au suivi des essais sur le terrain ; IB a participé à l'analyse statistique des données.

REMERCIEMENTS

Nous passons par ce moyen pour remercier tous ceux qui ont lu et amélioré la qualité de ce manuscrit.

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. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin.*, **2** (2):123-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v11i01.6>
- Amadji GL, Saïdou A, Chitou L. 2009. Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3**(2): 192-202.

- Baize D. 2000. *Guide des Analyses en Pédologie* (2nd edn). INRA: Paris.
- Bouhaouach H, Culot M, Kouki K. 2009. Compostage et valorisation des déchets oasiens pour l'amélioration des sols et la productivité. Symposium international «Agriculture durable en Région méditerranéenne (AGDUMED)» Rabat, Maroc, 14-16 mai 2009. p. 239.
- Bressoud F, Parès L, Lecompte F. 2003. Tomate d'abri froid. Fertilisation et restriction en azote : le standard actuel inadapté au sol. *Réussir Fruits et Légumes*, **220** : 30-31.
- 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.*, Univ Ghent, Dept Soil Management and Soil Care. *Coupure Links 653, B-9000 Ghent, Belgium.*, **23**: 212-219.
- Crichton L, Shrama A, Hewett SS, Ortega LB. 2000. *Report of Resource Recovery Forum. Recycling Achievements in Europe*. Ellesemer Press: Skipon North, Yorkshire; 44.
- De Neve S, GaonaSae'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 Biology and Biochemistry*, **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 Man.*, **19**: 135-138.
- IFDC (Centre International pour la Fertilité des Sols et le Développement Agricole), 2002. L'État du Marché des Intrants Agricoles au Bénin. Projet, MIR., p.106.
- Koné B, Diatta S, Saïdou A, Akintayo I, Cissé B. 2009. Réponses des variétés interspécifiques du riz de plateau aux applications de phosphate en zone de forêt au Nigeria. *Canadian Journal of Soil Science*, **89**: 555-565. DOI: <https://doi.org/10.4141/CJSS08086>.
- Kowaljow E, Mazzarino MJ. 2007. Soil restauration in semarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biological. Biochemistry*, **39**: 1580-1588.
- Laos F, Satti P, Walter I, Mazzarino MJ, Moyano S. 2000. Nutrient availability of composted and non-composted residues in a Patagonia Xeric Mollisol. *Biol. Fert. Soil.*, **31**: 462- 469.
- Magnan J. 2006. Epandage post récolte des engrais organiques et risques environnementaux reliés aux pertes d'azote. *Ordre des Agronomes du Québec.*, p.75.
- Ognalaga M, Odjogui PIO, Lekambou JM, Poligui RN. 2015, Effet des écumes à cannes à sucre, de la poudre et du compost de à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(5): 2507-2519.
- Ondo JA, 2011. Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon région de Libreville: acidification et mobilité des éléments métalliques. Thèse Université de Provence, France, 113-128.
- Page AL, Miller RH, Keeney DR. 1982. *Methods of Soil Analysis* (part 2, 2nd end). Madison, Soil Science Society of America: USA.
- 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 endomycorhyziens: cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *International*

- Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3**(3): 587-597.
- Saïdou A, Bachabi SFX, Padonou GE, Biaou ODB, Balogoun I, Kossou D. 2012. Effet de l'apport d'engrais organiques sur les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique et la production de laitue au Sud Bénin. *Rev. CAMES-Série A.*, **13**(2): 281-285.
- Sikora LJ, Szmidt AK, 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from composts. In *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*, Stoffella PJ, Kahn BA (eds). Lewis Publishers : NewYork, USA ; 287-305.
- Sou M, Yacouba H, Mermoud A. 2005. Valorisation du pouvoir fertilisant des eaux usées en agriculture maraichère. Ouagadougou, Burkina-Faso., p.14.
- Tchabi VI, Azocli D, Biaou GD. 2012. Effet de différentes doses de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(6): 5078-5084.
- 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. *Agricultura 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 Biology Biotechnology*, **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 Biology and Biochemistry*, **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. School of Physics, A 28. The University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia and Centre for Water and Waste Technology, School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales, Kensington, NSW 2060, and Australia. *Agricultural Systems*, **89**: 324-348.
- Yoni M, Hien V, Abbadie L, Serpentini G. 2005. Dynamique de la matière organique du sol dans les savanes soudanaises du Burkina Faso. *Cahiers d'Agriculture.*, **14**(6):525-532.