

Effet Comparé du Temps de Compostage Sur la Fertilité Chimique de deux Fumures Organiques Couramment Utilisées en Maraîchage à Daloa-Côte d'Ivoire

N'Ganzoua Kouamé René

Département de Pédologie, UFR Agroforesterie

Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Alla Kouadio Théodore

Département de Formation des Formateurs aux Métiers de l'Agriculture

Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique et Professionnel

08 BP 2098 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Zadi Florent

Programme riz, Station de recherche de Man

Centre Nationale de Recherche Agronomique (CNRA),

BP 440 Man, Côte d'Ivoire

Bakayoko Sidiky

Département de Pédologie, UFR Agroforesterie

Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

[Doi: 10.19044/esipreprint.9.2023.p107](https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p107)

Approved: 02 September 2023

Posted: 05 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

N'Ganzoua K.R., Alla K.T., Zadi F. & Bakayoko S. (2023). *Effet Comparé du Temps de Compostage Sur la Fertilité Chimique de deux Fumures Organiques Couramment Utilisées en Maraîchage à Daloa-Côte d'Ivoire*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p107>

Resume

L'étude a été réalisée d'avril 2022 à juin 2022 en période de grande saison pluvieuse sur la parcelle expérimentale de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (Côte d'Ivoire). Elle visait à évaluer l'effet de temps de compostage sur la fertilité chimique des composts produits à partir de la fiente de poules pondeuses et de la bouse de bœufs. La méthodologie a consisté à prélever la fiente de poules pondeuses et de bouse de bœufs provenant respectivement d'une ferme avicole et d'un pâturage à Daloa. Les fumures

organiques collectées ont été compostées en andain. Ainsi, quatre (4) différents tas groupés de fiente de poules pondeuses et de bouse de bœufs correspondant à 14 JAC ; 28 JAC, 42 JAC et 56 JAC (Jours Après Compostage) ont été constitués et comparés à un témoin de fumure non compostée (0 JAC). A maturité, les composts ont été prélevés et séchés à l'air libre pour les analyses au laboratoire. Les résultats de l'analyse des propriétés physico-chimiques des composts produits en fonction de la durée du compostage ont montré un pH alcalin ($\text{pH} > 7$) aussi bien pour la fiente des poules pondeuses que pour la bouse de bœufs. Les proportions de matière organique, de carbone et d'azote du compost de poules pondeuses ont baissé alors qu'elles ont augmenté pour la bouse de bœufs durant le temps de compostage. Les teneurs des cations échangeables (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^+) ainsi que celles du complexe adsorbant (CEC) ont également augmenté avec le temps de compostage aussi bien avec la fiente de poules pondeuses que la bouse de bœufs avec un taux de saturation des bases très élevé ($> 60\%$) bien que les ratios d'équilibres sont faibles. Une diminution des teneurs en oligo-éléments (Fer et Zinc) dans les composts de poules pondeuses et bouse de bœufs produits a été aussi notée avec le temps de compostage et aucune teneur de plomb n'a été observée. En conclusion, notons que le temps de compostage des fumures organiques a fortement influencé la qualité du compost et sa fertilité chimique. Le temps de compostage a permis la libération des nutriments minéraux qui sont contenus dans les substrats compostés et d'obtenir des valeurs de pH proche de 8 dans les composts produits. Ce qui offre des conditions favorables à l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et à la mise à la disposition des plantes des nutriments pour leur épanouissement. Le temps de compostage est assurément un moyen de réduire les concentrations des oligo-éléments et des éléments traces métalliques dans les composts produits.

Mots-clés: Fumures organiques, temps de compostage, propriétés physico-chimiques, fertilité du compost, Daloa-Côte d'Ivoire

Comparative effect of composting time on the chemical fertility of two organic manures commonly used in market gardening in Daloa-Côte d'Ivoire

N'Ganzoua Kouamé René

Département de Pédologie, UFR Agroforesterie
Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Alla Kouadio Théodore

Département de Formation des Formateurs aux Métiers de l'Agriculture
Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique et Professionnel
08 BP 2098 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Zadi Florent

Programme riz, Station de recherche de Man
Centre Nationale de Recherche Agronomique (CNRA),
BP 440 Man, Côte d'Ivoire

Bakayoko Sidiky

Département de Pédologie, UFR Agroforesterie
Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Abstract

The study was carried out from April 2022 to June 2022 during the main rainy season on the experimental plot at the Université Jean Lorougnon Guédé in Daloa (Côte d'Ivoire). The aim was to assess the effect of composting time on the chemical fertility of composts produced from laying hen droppings and ox dung. The methodology consisted in collecting laying hen droppings and ox dung from a poultry farm and a pasture in Daloa, respectively. The organic manures collected were composted in windrows. Four (4) different grouped piles of laying hen droppings and ox dung corresponding to 14 DAC; 28 DAC, 42 DAC and 56 DAC (Days After Composting) were formed and compared with a control of non-composted manure (0 DAC). At maturity, the composts were collected and air-dried for laboratory analysis. The results of the analysis of the physico-chemical properties of the composts produced as a function of composting time showed an alkaline pH ($\text{pH} > 7$) for both the laying hen droppings and the ox dung. The proportions of organic matter, carbon and nitrogen in laying hen compost decreased, while they increased for ox dung over the composting time. Exchangeable cation (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+) and adsorbent complex (CEC) contents also increased with composting time for both layer hen droppings and ox dung, with very high base saturation rates ($>60\%$), although equilibrium ratios were low. A

decrease in trace element content (Iron and Zinc) in the laying hen and ox dung composts produced was also noted with composting time, and no lead content was observed. In conclusion, it should be noted that the composting time of organic manures had a strong influence on compost quality and chemical fertility. Composting time enabled the release of mineral nutrients contained in the composted substrates, and resulted in pH values close to 8 in the composts produced. This provides favourable conditions for improving the physico-chemical and biological properties of the soil, and for providing plants with the nutrients they need to flourish. Composting time is certainly a means of reducing trace element and trace metal concentrations in the composts produced.

Keywords: Organic manures, composting time, physico-chemical properties, compost fertility, Daloa-Côte d'Ivoire.

Introduction

La Côte d'Ivoire, comme beaucoup d'autres pays africains, a connu, ces dernières années, un développement rapide du maraîchage urbain et périurbain (Kouakou *et al.*, 2019) à cause de l'accélération du processus d'urbanisation avec plus de 51,6 % d'urbains en 2017 (INS, 2014). Du coup, le maraîchage, dans toute sa composante, apparaît comme une activité principale agricole qui engendre de forte pression sur les terres urbaines cultivables (Kasongo *et al.*, 2013). La conséquence directe de cette pression sur les surfaces agricoles est la dégradation continue des sols conduisant à la baisse significative de leur fertilité ainsi qu'aux rendements des cultures (Jama *et al.*, 2000). Ce qui constitue une préoccupation majeure pour les paysans dans l'amélioration des rendements des maraîchers cultivés. L'utilisation des engrais chimiques, de par leur action bénéfique immédiate sur la productivité des cultures vivrières, a été envisagée comme une des solutions pour combler les besoins nutritifs des plantes cultivées (Gala Bi *et al.*, 2011). Cependant, l'intensification du maraîchage n'est toujours pas accompagnée d'apports suffisants d'engrais minéraux pour compenser les pertes dues à l'exportation de nutriments par les produits de la récolte. En outre, leur coût élevé les rendent presque inaccessibles aux petits maraîchers (Useni *et al.*, 2013) et leur utilisation abusive dans les pratiques culturelles n'est pas sans conséquence sur l'environnement et sur la santé des populations (Mulaji, 2011). Cette situation pose un problème de durabilité de la productivité des sols naturellement pauvres et surtout de la qualité des fruits destinés à la consommation.

Pour restaurer la fertilité des sols, les maraîchers ont très souvent recours à la fumure organique, notamment, les fientes de volailles comme celles des poules pondeuses ou de chair et la bouse des bovins ou des ovins.

Ces fertilisants organiques ont la capacité d'améliorer la structure des sols et de les enrichir en éléments fertilisants nécessaires pour la nutrition des plantes (Temgoua *et al.* 2012 ; AGRIDAPE, 2015). Cependant, l'utilisation et l'application directes de ces déchets organiques dans le maraîchage, telle que pratiquée sur le terrain, constitue non seulement une source d'alimentation nutritive relativement lente ou une source potentielle de contamination des plantes cultivées mais aussi et surtout une source d'acidification et de propagation de bactéries pathogènes des sols, qui très souvent, baissent les rendements (Métras, 2003). Pour donc remédier à ces problèmes et accroître la production maraîchère, il paraît en toute logique qu'un compostage de ces déchets organiques constituerait un alternatif et présenterait l'avantage de non seulement de limiter les agents pathogènes mais aussi d'améliorer la valeur fertilisante et d'accélérer la mise à la disposition des plantes, des nutriments qui y sont contenus (Ihihi *et al.*, 2014 ; Ouédraogo, 2016). Cependant, il existe peu d'informations scientifiques sur le temps de compostage des fumures organiques susceptibles de libérer dans le sol et de mettre à la disposition des cultures, le maximum de nutriment pour leur nutrition. Il est donc nécessaire que des études soient menées afin de guider les paysans dans le temps maximal de compostage des fumures organiques utilisés en maraîchage. C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude intitulée « Effet comparé du temps de compostage sur la fertilité chimique de deux fumures organiques couramment utilisées en maraîchage à Daloa, Centre-Ouest-Côte d'Ivoire ». Elle vise à évaluer l'effet de temps de compostage sur les caractéristiques physico-chimiques de la fiente de poules pondeuses et de la bouse de bœufs pour la restauration du sol et la nutrition de la plante favorisant un accroissement des rendements du maraicher.

1. Matériel et méthodes

1-1.1. Description de la zone d'étude

L'étude a été réalisée d'avril 2022 à juin 2022 en période de grande saison pluvieuse sur une parcelle expérimentale de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. La ville de Daloa est le chef de lieu de la région administrative du Haut-Sassandra et le pôle de développement rural du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, situé entre le 6° et 7° de latitude Nord et le 7° et 8° de Longitude Ouest (Diarra *et al.* 2016). Le climat est de type tropical humide de transition avec une pluviométrie bimodale variant entre 1200 et 1600 mm/an (Koffie-bikpo & Kra, 2013). La température moyenne annuelle se situe entre 24 et 25°C et l'humidité relative moyenne est d'environ 70% (N'Guessan *et al.*, 2014). La couverture végétale, très hétérogène, varie progressivement d'une forêt humide semi-décidue à une savane préforestière. Les sols de la région sont basés sur de vastes massifs granitiques, des roches métamorphiques et schisteuses. Ils sont représentés comme un complexe de Distric plinthic ferralsol,

qui globalement présentent de bonnes aptitudes agricoles pour tous les types de culture (Zro *et al.*, 2016). La ville de Daloa est caractérisée par de grandes zones hydromorphes propices aux activités vivrières et aux maraîchers. La population, notamment, allogène s'y consacre son activité agricole.

1-2. Origine des fumures organiques

Les fumures organiques sont essentiellement constituées de fiente de poules pondeuses à base de balle de riz et de bouse de bœufs provenant respectivement d'une ferme avicole et d'un pâturage à Daloa (Figure 1). Ces fumures organiques ont été utilisées car faisant l'objet d'un intérêt croissant manifesté par la plupart des exploitants des agrosystèmes maraîchers dans la commune de Daloa comme fertilisant organique des sols.



Fiente de poules pondeuses

Bouse de bœufs

Figure 1. Fumures organiques utilisées dans le maraîchage

1-3. Compostage de la fiente et de la bouse

La technique de compostage utilisée a été celle du compostage en andain. Quatre (4) différents tas groupés de fiente de poules pondeuses et de bouse de bœufs correspondant aux différents temps de compostage ou aux jours après compostage (JAC) ont été constitués, soit 14 JAC ; 28 JAC, 42 JAC et 56 JAC, comparés à un témoin de fumure non compostée (0 JAC). Après la confection des tas, de la cendre de bois a été ajoutée pour accélérer l'activité biologique des microorganismes et recouverts avec de films plastiques noirs pour conserver l'humidité et la chaleur. Tous les trois jours, ils sont arrosés et retournés jusqu'à maturité ou les composts ont été prélevés et séchés à l'aire libre pour les analyses au laboratoire.

1-4. Analyse des composts de la fiente et de la bouse au laboratoire

Pour les analyses au laboratoire, 1kg de compost de fiente de poules pondeuses et 1 kg de compost de bouse de bœufs ont été respectivement prélevés pour chaque temps de compostage et séchés, puis envoyés pour

évaluer leur état de fertilité. Les analyses ont été réalisées au Laboratoire des Végétaux et des Sols de l'Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire et ont porté sur :

- la mesure du pH utilisant la méthode du pH-mètre électronique en verre dans un rapport sol/solution de 1/2,5 (Diack & Loum 2014). Le principe consiste à plonger l'électrode en verre du pH- mètre dans le mélange de sol et à faire directement la lecture sur le cadran du pH-mètre après stabilisation pour donner la valeur du pH.

- la détermination de la teneur du carbone total par la Méthode de Walkley & Black décrite par Nelson et Sommers (1996). Le principe consiste à oxyder, à froid, le carbone organique total présent dans le sol par une solution de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4). Le titrage de l'excès du bichromate est fait en milieu fortement acide, au moyen d'une solution de sulfate ferreux 0,5N ($FeSO_4, 7H_2O$). La proportion de carbone organique total est déterminée après virage de la solution au brun. La teneur en matière organique est déterminée en multipliant le pourcentage de carbone du sol par un facteur de conversion constante et égale à 1,724 à travers ($\%C \times 1,724 = MO$) selon Bemmelen (1890).

- la détermination de la teneur de l'azote total par la méthode de Kjeldahl modifiée (Murphy & Riley, 1962). Le principe consiste à transformer, en milieu acide, les composés organiques azotés en sulfate d'ammoniaque $SO_4(NH_4)_2$, en présence d'acide sulfurique concentré (H_2SO_2), à chaud, et d'un mélange de catalyseurs (K_2SO_4 et $CuSO_4$). L'ammoniaque ainsi formé est déplacé de ses combinaisons par la soude (NaOH) concentrée, distillée par entraînement de vapeur, recueilli dans une solution d'acide borique (H_3BO_3) et dosé par l'acide sulfurique titré.

- la détermination de la teneur du phosphore assimilable par la méthode Olsen-Dabin décrite par Olsen & Sommers (1982). Le phosphore assimilable du sol est extrait par une solution de bicarbonate de sodium ($NaHCO_3$; 0,5N), pH 8,5 sur un autoanalyseur, en mesurant l'intensité du complexe bleu phosphomolybdique.

- La capacité d'échange cationique (CEC) et les bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+) sont extraites par rinçage d'une solution d'acétate d'ammonium ($NH_4C_2H_3O_2$, 1N) à pH 7. Le principe de cette méthode est basé sur le fait que la quantité d'ammonium retenue par le sol après lavage de l'excès d'acétate d'ammonium est exprimée en capacité d'échange des cations (CEC). L'ammonium retenu est libéré par percolation, et déterminé par autoanalyseur. Les bases échangeables (Ca^{++} et Mg^{++}) sont déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique et, le K^+ , par photométrie à

flamme, dans le percolât ainsi que les éléments traces métalliques (Zn^{++} , Fe^{++} et Pb^{++}).

2. Resultats et discussion

2-1. Resultats

L'analyse des propriétés physico-chimiques de la fiente de poules pondeuses et de la bouse de bœufs compostées ont été synthétisées dans les tableaux ci-dessous.

2-1-1. Acidité, Matière organique, Azote et Phosphore des composts

Les teneurs des paramètres physico-chimiques (pH, carbone, matière organique, azote, rapport carbone/azote et phosphore assimilable) issues des analyses des composts produits sont présentées dans le tableau 1. Elles indiquent globalement que tous les traitements ont significativement ($P < 0,05$) affectés les teneurs des paramètres physico-chimiques des fumures organiques déterminées excepté la teneur du rapport C/N pour la fiente de poules pondeuses, la teneur du rapport C/N et la teneur du Pass pour la bouse de bœufs qui ont affiché des valeurs non significatives ($P > 0,05$). De façon plus explicite, on a enregistré un pH alcalin ($pH > 7$) aussi bien pour la fiente des poules pondeuses que pour la bouse de bœufs et cela quel que soit le temps de compostage. Par ailleurs, il convient également d'observer que le pH a subi une augmentation progressive et significative ($P < 0,05$) durant le temps de compostage en passant de $pH = 7,5$ (0JAC) à $pH = 8,1$ (56JAC) pour la fiente de poules pondeuses et pour la bouse de bœufs en passant de $pH = 8,1$ (0JAC) à $pH = 9,0$ (56JAC). En comparant les valeurs des pH des deux fumures organiques (fiente et bouse) aux différents temps de compostage, on observe que les valeurs des pH de la bouse de bœufs sont nettement supérieures à celles de la fiente des poules pondeuses quel que soit le temps de compostage. Cette variation des valeurs du pH révèle que le pH de la bouse de bœufs brute non compostée ($pH = 8,1$) correspond au pH de la fiente de poules pondeuses compostée à 56 jours ($pH = 8,1$). On note aussi que les proportions de la matière organique, du carbone et de l'azote des composts de poules pondeuses baissent progressivement et significativement ($P < 0,05$) alors qu'elles augmentent pour la bouse durant le temps de compostage.

Tableau 1. Teneurs des paramètres physico-chimiques (pH, carbone, matière organique, azote et phosphore assimilable) des composts

Acidité, Matière organique, Azote et Phosphore des composts											
Traitements	Fiente de poules pondeuses						Bourse de bœufs				
	pHeau	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N	Pass (ppm)	pHeau	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N
0 JAC	7,5c B	66,53a A	38,99a A	1,78a A	15,77aA	406,00e A	8,1c A	36,5c B	21,36c B	1,50c A	9,75a A
14 JAC	7,6bc B	52,63b A	30,84b A	1,58abA	14,22aA	422,67d A	8,3bc A	67,9bc B	22,18bcB	1,54bcA	10,04aA
28 JAC	7,9ab B	52,10b A	30,53b A	1,47b A	14,64aA	499,33c A	8,6b A	39,37abB	23,07abB	1,65abA	9,95a A
42 JAC	7,8abcB	48,53c A	28,44c A	1,36b B	14,79aA	514,00b A	8,7a A	40,33a B	23,63a B	1,75a A	9,40a A
56JAC	8,1a B	43,76d A	25,66d A	1,30b B	14,07aA	543,00a A	8,9a A	41,42a A	24,27a A	1,76a A	9,81a A
Moy.Gle	7,8	52,71	30,89	1,50	14,69	477,00a	8,5	39,09	22,90	1,64	9,78
CV (%)	2,34	1,45	1,60	7,48	74,21	1,10	2,05	2,72	3,23	3,96	72,39
Probabilité	0,0107	< 0,0001	< 0,0001	0,0028	0,999	< 0,0001	0,0016	0,0015	0,0015	0,014	1,000
Significacité	S	HS	HS	TS	NS	HS	TS	TS	TS	S	NS

NS = Non significatif ; S = Significatif ; TS = Très significatif ; HS = Hautement significatif

Les valeurs suivies par la même lettre en majuscule ne sont pas statistiquement différentes sur une ligne et les valeurs suivies par la même lettre en minuscule ne sont pas statistiquement différentes dans la colonne pour les nutriments des fumures respectivement au seuil de $\alpha = 0,05$

Cependant, la comparaison des teneurs pour ces trois paramètres (MO, C et N) durant le temps de compostage montre qu'elles ont été plus élevées dans la fiente de poules pondeuses compostée que la bouse de bœufs. Le rapport C/N est élevé ($C/N > 15$) et moyen ($C/N < 15$) respectivement dans les composts de poules pondeuses et de bouse de bœufs produits en fonction du temps de compostage mais les valeurs n'ont pas été significatives ($P > 0,05$). De plus, la comparaison du rapport C/N de la fiente de poules pondeuses et de la bouse de bœufs affiche des valeurs similaires. Une augmentation des teneurs a été également observée avec le phosphore assimilable (Pass) durant le temps de compostage aussi bien avec la fiente de poules pondeuses que la bouse de bœufs. Ces valeurs du phosphore assimilable ont été significatives ($P > 0,05$) pour la fiente de poules pondeuses et non significative ($P > 0,05$) pour la bouse de bœufs avec le temps de compostage. Par ailleurs, les teneurs du phosphore assimilable de la fiente de poules pondeuses ont été plus élevées que celles de la bouse de bœufs tout au long du temps de compostage.

2-1-2. Cations échangeables et Capacité d'échanges cationiques des composts

Les teneurs des cations échangeables ainsi que celles de la capacité d'échange cationique sont enregistrées dans le tableau 2. Globalement, ces teneurs indiquent que les traitements ont significativement ($P < 0,05$) affectés les cations échangeables et capacités d'échanges cationiques des fumures organiques déterminées excepté le volume de saturation (V_{sat}) pour la fiente de poules pondeuses et la teneur du magnésium-Mg pour la bouse de bœufs qui ont affiché des valeurs non significatives ($P > 0,05$). Explicitement, on observe dans l'ensemble une augmentation des teneurs des cations échangeables (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^+) ainsi que celles du complexe adsorbant (CEC) avec le temps de compostage aussi bien avec la fiente de poules pondeuses que la bouse de bœufs. Toutefois on a noté par comparaison et dans l'ensemble que les teneurs des cations échangeables et de la capacité d'échanges cationique ont été un peu plus élevées dans le compost des poules pondeuses que celui de la bouse des bœufs durant tout le temps du compostage. Le taux de saturation des bases a été très élevé ($> 60\%$) dans les deux composts (fiente de poules pondeuses et de bouse de bœufs).

2-1-3. Ratio d'équilibre entre les cations

Le tableau 3 présente les ratios d'équilibre entre les cations des composts de fiente de poules pondeuses et de bouse de bœufs particulièrement entre le calcium-Ca, le magnésium-Mg et le Potassium-K. On note qu'aucun traitement n'a affecté significativement ($P > 0,05$) les ratios d'équilibres entre le calcium-Ca, le magnésium-Mg et le Potassium-K des fumures organiques produits. De façon plus explicite, on note que dans le compost de la fiente de poules pondeuses, le ratio calcium/magnésium est de 1 ($Ca^{2+} / Mg^{2+} > 1$) indiquant qu'il y a un équilibre entre la teneur du calcium et celle du magnésium quel que soit la durée du compostage. En revanche, dans la bouse de bœufs, le ratio calcium/magnésium est de 3 ($Ca^{2+} / Mg^{2+} > 3$) montrant que la teneur du calcium est le triple de celle du magnésium. Pour ce qui concerne, le ratio potassium /magnésium, le ratio indicatif montrent bien qu'il est de 4 ($K^+ / Mg^{2+} > 4$) dans le compost de la fiente de poules pondeuses et de 2 ($K^+ / Mg^{2+} > 2$) dans le compost de la bouse de bœufs. Ce qui montre la teneur du potassium est 4 fois la teneur du magnésium dans le compost de la fiente de poules pondeuses et 2 fois la teneur du magnésium dans la bouse de bœufs quel que soit le temps de compostage. Le ratio calcium + magnésium / potassium est de 3 ($Ca^{2+}+Mg^{2+} / K^+ > 3$) dans le compost de la fiente de poules pondeuses et de 7 ($Ca^{2+}+Mg^{2+} / K^+ > 7$) dans la bouse de bœufs indiquant que la teneur du potassium est plus élevée (3fois) que la teneur de somme calcium-magnésium dans la fiente de poules pondeuses et 7 fois dans celle de la bouse de bœufs.

Tableau 2.Teneurs des cations échangeables et capacité d'échange cationique des composts

Cations échangeables et capacité d'échange cationique des composts (cmol.kg ⁻¹)												
Traitements	Fiente de poules pondeuses							Bourse de bœufs				
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SBE	CEC	Vsat	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SBE
0 JAC	13,52c A	4,09d B	3,24c A	0,76d A	21,62d A	23,54d A	91,97aA	6,12b B	7,62c A	2,81aB	0,95b A	17,42c B
14 JAC	14,15bcA	4,29c B	3,58bcA	1,32cdB	23,34cdA	26,95c A	86,75aA	7,72a B	9,09b A	2,85aB	1,21a A	20,87b B
28 JAC	15,54abA	4,62b B	3,90abA	1,98bcA	26,05bcA	31,71b A	82,11aA	8,17a B	9,86a A	3,08aB	1,29a A	22,40a A
42 JAC	16,51a A	4,76ab B	4,17abA	2,70abA	28,14abA	33,05abA	85,30aA	8,49a B	10,34a A	3,15aB	1,33a B	23,29a B
56JAC	17,45a A	4,88a B	4,33a A	3,22a A	29,89a A	34,62a A	86,28aB	8,68a B	10,47a A	3,18aB	1,37a B	23,70a B
Moy.Gle	15,44	4,53	3,85	1,99	25,81	29,97	86,48	7,83	9,48	3,00	1,25	21,53
CV (%)	5,74	1,99	7,16	25,29	6,13	3,25	6,70	8,41	3,41	5,48	7,34	3,83
Probabilité	0,0016	< 0,0001	0,0043	0,0009	0,0005	< 0,0001	0,395	0,0052	< 0,0001	0,062	0,0068	< 0,0001
Significacité	TS	HS	TS	TS	TS	HS	NS	TS	HS	NS	TS	HS

NS = Non significatif ; S = Significatif ; TS = Très significatif ; HS = Hautement significatif

Les valeurs suivies par la même lettre en majuscule ne sont pas statistiquement différentes sur une ligne et les valeurs suivies par la même lettre en minuscule ne sont pas statistiquement différentes dans la colonne pour les nutriments des fumures respectivement au seuil de $\alpha = 0,05$

Tableau 3. Ratios d'équilibres entre les cations (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) des composts

Traitements	Fiente de poules pondeuses			Bourse de bœufs		
	Ca^{2+}/Mg^{2+}	K^+/Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}/K^+$	Ca^{2+}/Mg^{2+}	K^+/Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}/K^+$
0 JAC	1,26a B	4,17a A	3,06a B	2,72a A	2,18a B	5,06a A
14 JAC	1,24a B	3,97a A	3,20a B	3,24a A	2,74a B	6,76a A
28 JAC	1,18a B	3,98a A	3,38a B	3,21a A	2,66a B	7,15a A
42 JAC	1,12a B	3,96a A	3,50a B	3,31a A	2,71a B	7,58a A
56JAC	1,12a B	4,04a A	3,59a B	3,29a A	2,73a B	7,69a A
Moy.Gle	1,18	4,03	3,34	3,15	2,61	7,03
CV (%)	7,35	6,08	72,91	7,74	12,17	67,68
Probabilité	0,358	0,814	0,998	0,070	0,224	0,990
Significativité	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non significatif

Les valeurs suivies par la même lettre en majuscule ne sont pas statistiquement différentes sur une ligne et les valeurs suivies par la même lettre en minuscule ne sont pas statistiquement différentes dans la colonne pour les nutriments des fumures respectivement au seuil de $\alpha = 0,05$

Toutefois, les valeurs moyennes des ratios d'équilibres les cations dans la fiente des poules pondeuses ont montré que le rapport calcium-magnésium (1,18) et le rapport de calcium+magnésium sur potassium (3,34) ont été faibles comparativement aux valeurs moyennes du calcium/magnésium (3,15) et calcium+magnésium/potassium (7,03) dans la bouse de bœufs. En revanche, la moyenne du rapport potassium-magnésium (4,03) a été plus élevée que celle du rapport potassium-magnésium (2,61) dans la bouse de bœufs.

2-1-4. Oligo-éléments et métaux lourds des composts

Les teneurs des oligo-éléments (Fer et Zinc) et celles des métaux lourds (Chrome et Plomb) ont été enregistrées dans le tableau 4. Elles indiquent globalement que tous les traitements ont significativement ($P < 0,05$) affectés les teneurs des oligo-éléments et des métaux lourds des fumures organiques produits. De façon plus explicite, on observe globalement une diminution des teneurs en oligo-éléments (Fer et Zinc) et en métaux lourds (Chrome et Plomb) respectivement dans les composts de poules pondeuses et bouse de bœufs produits avec le temps de compostage. Aussi, il convient d'indiquer que les teneurs moyennes des oligo-éléments, du Fe (28,34) et du Zn (10,99) ont été plus faibles respectivement dans la fiente de poules pondeuses que dans la bouse de bœufs qui ont affiché les teneurs moyennes plus élevées du Fe (48,33) et du Zn (30,88). Pour ce qui concerne, les teneurs moyennes des métaux lourds, le chrome a eu une teneur moyenne faible (155,73) alors que la teneur moyenne du plomb a été plus élevé (54,40) dans la fiente de poules pondeuses comparativement à la teneur moyenne du chrome (208,93) et du plomb (8,60) dans la bouse de bœufs.

2-2. Discussion

Le temps de compostage a globalement entraîné une décomposition de la matière organique et une minéralisation libérant des éléments nutritifs riches en acides humiques, sels minéraux, glucides, protéines et en microorganismes. C'est la libération de ces éléments nutritifs au cours du processus de compostage qui traduit l'augmentation des teneurs des paramètres physico-chimiques (pH, phosphore, complexe adsorbant) des composts des poules pondeuses et des bœufs produits. En effet, selon les travaux d'Albrecht (2007) et ceux de Temgoua *et al.* (2012), le compostage permet la libération des cations échangeables qui sont contenus dans les substrats compostés et d'obtenir des valeurs de pH proche de 8 dans les composts produits. Ces augmentations dénotent de la maturité des composts produits qui est un critère important à considérer pour l'estimation de la qualité du compost et essentiel pour une utilisation saine et optimale des composts comme amendement susceptible d'améliorer la fertilité du sol et comme source de nutriments pour les plantes (Chefetz *et al.*, 1998). Ondo (2011) et Ognalaga *et al.* (2015) ont également montré qu'un pH alcalin ($\text{pH} > 7$) d'un compost est un atout pour une meilleure absorption racinaire des éléments nutritifs. En effet, en présence des valeurs élevées de pH, les bases échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) se fixeraient sur le complexe adsorbant du sol réduisant ainsi le nombre d'ions H^+ adsorbés qui sont sources d'acidité des sols (Ye, 2007). Selon Lompo (2009), le calcium et le magnésium sont des amendements qui permettent de fixer certains ions acidifiants tels que l'aluminium et les ions H^+ , réduisant ainsi, leurs teneurs dans le compost. L'obtention de ces valeurs de pH alcalin, offrirait donc des conditions favorables à l'amélioration des propriétés biologiques et à la mise à la disposition des plantes cultivées des cations contenus dans les composts produits (Temgoua *et al.*, 2012).

Tableau 4. Teneurs des oligo-éléments (Fe^{2+} et Zn^{2+}) et métaux lourds (Cr^{2+} et Pb^{2+}) des composts

Traitements	Fiente de poules pondeuses				Bourse de bœufs		
	Fe^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{2+}	Pb^{2+}	Fe^{2+}	Zn^{2+}	Cr^{2+}
0 JAC	48,99a B	13,33a B	252,00a B	85,66a A	102,43a A	43,82a A	353,33a A
14 JAC	33,33b B	11,59b B	197,33b B	74,66b A	59,80b A	37,48b A	273,33b A
28 JAC	24,51c B	10,98b B	141,67c B	56,00c A	36,98c A	30,44c A	204,33c A
42 JAC	20,68cd A	10,19b B	103,67cd A	36,00d A	24,05d A	22,85d A	121,33d A
56JAC	14,19d A	8,87c B	81,00d A	19,66 ^e A	18,41d A	19,86d A	92,33d A
Moy.Gle	28,34	10,99	155,73	54,40	48,33	30,88	208,93
CV (%)	15,20	6,36	14,32	6,52	11,83	7,43	9,37
Probabilité	< 0,0001	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Significacité	HS	TS	HS	HS	HS	HS	HS

TS = Très significatif ; HS = Hautement significatif

Les valeurs suivies par la même lettre en majuscule ne sont pas statistiquement différentes sur une ligne et les valeurs suivies par la même lettre en minuscule ne sont pas statistiquement différentes dans la colonne pour les nutriments des fumures respectivement au seuil de $\alpha = 0,05$

Par ailleurs, la baisse des taux de matières organiques, carbone de l'azote particulièrement observée dans le compost de la fiente de poules pondeuses durant le compostage s'expliquerait par une minéralisation du carbone organique en carbone minéral (Bernal *et al.* 1998) d'une part et d'autre part par la minéralisation de l'azote organique en nitrate (NO₃) et aussi par des pertes de l'azote sous forme de composés volatiles durant le processus de compostage (Hien *et al.*, 2018). En revanche, les teneurs de la matière organique et du carbone du compost de la bouse de bœufs ont augmenté avec les durées de compostage. Ce qui dénote que le compostage, par le processus de décomposition et de synthèse, libère des éléments nutritifs au cours du processus de maturation du compost (Ngnikam & Tanawa, 2000).

Au niveau des teneurs des composts en oligo-éléments (fer et zinc) et en métaux lourds (Chrome et plomb), le compostage a entraîné une baisse des teneurs de ces paramètres chimiques. Cette baisse des teneurs traduit une élimination considérable de ces matières indésirables pendant le processus de compostage.

Conclusion

Le présent travail a été mené en vue d'évaluer les effets du temps de compostage sur les fumures organiques, notamment, sur la fertilité chimique de la fiente de poules pondeuses et la bouse de bœufs. Il est ressorti de cette étude qu'à maturité, les composts produits à partir de la fiente de poules pondeuses et de la bouse de bœufs induisent globalement des paramètres physico-chimiques (pH, matière organique, carbone, azote, phosphore assimilable, cations échangeables et complexe absorbant) qui dénotent de la qualité du compost produit susceptible d'améliorer la fertilité chimique des sols et de mettre à la disposition des plantes des nutriments nécessaires pour leur croissance et leur développement. L'obtention des valeurs de pH voisine de 8 dans les composts offre des conditions favorables à l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et à la mise à la disposition des plantes des nutriments pour leur épanouissement. Le temps de compostage a également permis de réduire les concentrations des oligo-éléments (Fer et Zinc) et des éléments traces métalliques (chrome et Plomb) dans les composts produits.

Contributions des auteurs

Ce travail a été réalisé en collaboration entre tous les auteurs. Les auteurs N'GANZOUA Kouamé René et ALLA Kouadio Théodore ont conçu l'étude, rédigé le protocole expérimental. Les auteurs ZADI Florent et BAKAYOKO Sidiky ont fait les traitements statistiques et interprété les résultats de l'étude. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

Conflits d'Intérêts:

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

Références:

1. AGRIDAPE. (2015). *Agriculture durable à faibles apports externes N°31 volume I*. 35 p.
2. ALBRECHT, R. (2007). *Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique*. Thèse de doctorat, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III, 189 p
3. BEMMELLEN, V.J.M. (1890). *Ueber die Bestimmung des Wassers, des Humus, des Schwefels, der in den colloïdalen Silikaten gebundenen Kieselsäure, des Mangans u.s.w. im Ackerboden*. Landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen, 37 : 279-290
4. BERNAL, M.P., NAVARRO, M.A., SANCHEZ-MONEDERO, M.A., ROIG, A. & CEGARRA, J. (1998). *Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil*. Biochemical and Soil Biology., 30 (3): 305-313.
5. CHEFETZ, B., HATCHER, P.G., HADAR, Y. & CHEN Y. (1998). *Characterization of Dissolved Organic Matter Extracted from Composted Municipal Solid Waste*. Soil Science Society American Journal, 62: 326-332.
6. DIARRA, A., DALI, G.C. & SEKONGO, L.G. (2016). *Crise de l'eau potable en milieu urbain : cas de la ville de Daloa*. Revue de Géographie de l'Université Ouaga I, 2 (5) : 134-135.
7. DIACK, M. & LOUM, M. (2014). *Caractérisation par approche géostatistique de la variabilité des propriétés du sol de la ferme agropastorale de l'Université Gaston Berger (UGB) de Saint Louis. Dans le bas delta du fleuve Sénégal"*. Revue de géographie du laboratoire Leïdi. N°12. 15 p.
8. GALA BI, T.I., CAMARA, M., YAO-KOUAME, A., & KELI, Z.J, (2011). *Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : cas de la zone de gagnoa dans le centre ouest de la côte d'ivoire*. Journal of applied biosciences 46: 3153 – 3162
9. HIEN, O.C., SALISSOU, I., OUEDRAOGO, A., OUATTARA, L., DIARRA, B. & HANCOCK, J.D. (2018). *Effets comparés de rations à base des variétés de maïs « ESPOIR » et de maïs « SR21 » sur la productivité du poulet de chair de souche cobb-500*. International Journal of Biology and Chemical. Sciences. 12(4): 1557-1570.
10. IHIHI, A., KITANE, M., LAKHTIB, I., BAHLOUL, A., BENQLILOU, C. & EL K., K. (2014). *Fabrication d'un nouveau*

- compost équilibré à partir de la partie fermentescible des ordures ménagères et de la fiente de poulet*; Scientical Editions Mersenne: 1(1312), 12 p.
11. INS. (2014). *Institut national de la statistique "Recensement général de la population et de l'habitat de Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse*, 50 p.
 12. JAMA, B., PALM, C.A., BURESH, R.J., NIANG, A.I., GACHENGO, C. & NZIGUHEBA, G. (2000). *Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review*. *Agroforestry Systems*, 49: 201-221.
 13. KASONGO, L.M.E., MWAMBA, M.T., TSHIPOYA, M.P., MUKALAY, M.J., USENI, S.Y., MAZINGA, K.M. & NYEMBO, K.L. (2013). *Réponse de la culture de soja (Glycine max L. (Merril)) à l'apport des biomasses vertes de Tithonia diversifolia (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo*. *Journal of Applied Biosciences*, 63: 4727–4735.
 14. KOFFIE-BIKPO, C.Y. & KRA K.S. (2013). *La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire*. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 9 p.
 15. KOUAKOU, K.J., YAO, K.B., SIKA, A.E., GOGBEU, S.J. KONE, L.S.P. & DOGBO, D.O. (2019). *Caractérisation de l'activité de maraîchage dans la commune de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)*. *Journal of Animal & Plant Sciences Vol.41 (1)*: 6747-6756.
 16. LOMPO, F. (2009). *Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états de phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Cocody, Côte d'Ivoire 214 p.
 17. METRAS, R. (2003). *Utilisations et dangers sanitaires microbiologiques liés aux effluents d'élevage*, Thèse de doctorat unique de médecine vétérinaire, Université Claude Bernard, 150 p.
 18. MULAJI, K.C. (2011). *Utilisation des composts de bio-déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo)*. Thèse de Doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 220 p.
 19. MURPHY, J. & RILEY J.P. (1962). *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*. *Anlytica Chimica Acta*. 27: 31-36.
 20. NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. (1996). *Total carbon, organic carbon, and organic matter*. In Sparks, D.L., et al., Eds., *Methods of Soil Analysis. Part 3, SSSA Book Series*, Madison, 961-1010.

21. N'GUESSAN, A.H., N'GUESSAN, K.F., KOUASSI, K.P., KOUAMEN, N. & N'GUESSAN, P.W. (2014). *Dynamique des populations du foreur de tiges du cacaoyer, Eulophonotusmyrmeleon. Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire*, 9 p.
22. NGNIKAM, E. & TANAWA, E. (2000). *Les villes d'Afrique face à leurs déchets. Université de technologie de Belfort Montbéliard, (UTBM), Metthez (France)*, 287 p.
23. OGNALAGA, M, ODJOGUI, P.I.O., LEKAMBOU J.M. & POLIGUI, R.N. (2015). *Effet des écumes à cannes à sucre, de la poudre et du compost à base de Chromolaena odorata (L.) sur la croissance de l'oseille de Guinée (Hibiscus sabdariffa L.)*. International Journal of Biology and Chemical Sciences, 9(5): 2507-2519.
24. OLSEN, S.R. & SOMMERS, L.E. (1982). *Phosphorus*. In Methods of soil analysis. Ed Page *et al.*. Madison. Wisc. : ASA and SSSA: 403-430.
25. ONDO, J.A. (2011). *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon région de Libreville: acidification et mobilité des éléments métalliques*. Thèse Université de Provence, France, 113-128.
26. OUEDRAOGO, R. (2016). *Evaluation des effets de la fiente de volaille, du fumier de vache et du fumier de porc sur le flétrissement bactérien de la tomate*. Mémoire de fin de cycle du Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, Option: Agronomie. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, 48 p.
27. TEMGOUA, E., NTANGMOTSAFACK, H., NJINE, T. & SERVE, M.A. (2012). *Vegetable production systems of swamp zone in urban environment in West Cameroon: case of Dschang city*. Universal Journal Research Technology, 2(2): 83-92.
28. USENI, S.Y., CHUKIYABO, K.M., TSHOMBA, K.J., MUYAMBO, M.E., KAPALANGA, K.P., NTUMBA, N.F., KASANGIJ, K.P., KYUNGU, K.A., BABOY, L.L., NYEMBO, K.L. & MPUNDU, M.M. (2013). *Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (Zea mays L.) sur un ferralsol du sud-est de la RD Congo*. Journal of Applied Biosciences, (66) : 5070-50811.
29. YE, L. (2007). *Caractérisation des déchets urbains solides utilisables en agriculture urbaine et périurbaine : cas de Bobo-Dioulasso*, mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 48 p.

30. ZRO, B.G.F., GUEI, A.M., NANGAH, K.Y., SORO, D. & BAKAYOKO, S. (2016). *Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire)*. African Journal of Soil Science, Vol. 4 (4): 328-338.