Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2025 ; 8(3), 108-119
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Etude comparative de la production de composts à base des résidus verts de *Manihot esculenta* Crantz, des feuilles sèches de *Ficus bubu* et de la fiente de poules à Kinshasa (RD Congo)

Xavier Kusakana N'kenda[1*], Lyna Mukwa[1], Arthur Amisi Kapepa[2], Aiko Ikonso Mwengi[2], Jean de Dieu Minengu[2]

(1)Université Pédagogique Nationale. Faculté des Sciences Agronomiques. BP 8815 Kinshasa I (RDC). E-mail : xavier.kusakana@upn.ac.cd, xavierkusakana@gmail.com
(2)Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. BP. 127 Kinshasa XI (RDC).

Reçu le 12 mars 2025, **accepté** le 26 septembre 2025, **publié en ligne** le 27 septembre 2025
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v8i3.12

RESUME

Description du sujet. L'amélioration de la fertilité des sols est une contrainte majeure pour la production agricole en République Démocratique du Congo. À cet effet, la valorisation des déchets ménagers à la traîne dans les marchés de Kinshasa et les excréments d'élevage constitue une opportunité en maraîchage suite à leur disponibilité et leur coût moins élevés par rapport aux engrais chimiques.
Objectif. L'objectif de cette étude est de comparer deux types de compostage. Le premier est constitué de déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz et des feuilles sèches de *Ficus bubu* tandis que le second est un mélange de déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz, des feuilles sèches de *Ficus bubu* et de la fiente de poules.
Méthodes. Le procédé du compostage est celui d'andain en casier aéré. Les caractéristiques chimiques et agronomiques des composts sont évaluées par leur pH, leur teneur en matière organique (MO), en carbone organique (CO), en éléments fertilisants et en éléments traces métalliques, le rapport C/N et la capacité d'échange cationique. La partie minérale a été évaluée par quantification des éléments fertilisants (N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO et Na_2O) et des éléments traces métalliques (Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cr^{3+}). L'analyse en composantes principales avec le logiciel R a permis de regrouper les échantillons en fonction de leurs similitudes et divergences.
Résultats. À la fin du compostage, le pH a varié entre 6,87 et 7,72 pour le premier compost et entre 7,2 et 7,76 pour le deuxième compost. Les teneurs en MO enregistrées ont été de 37,61 % et 27,55 % respectivement pour le compost 1 et 2. Les valeurs du rapport C/N enregistrées pour les composts 1 et 2 ont été respectivement de 17,78 et 12,22. Les deux composts ont indiqué des valeurs similaires et acceptables en éléments fertilisants majeurs (N, P et K). Ces résultats montrent que les composts produits peuvent être utilisés comme fertilisants en vue de résoudre efficacement au problème de dégradation des sols destinés à la production agricole.

Mots clés : Compost, fertilité des sols, qualité chimique et agronomique, matière organique.

ABSTRACT

Description of the subject. The improvement of soil fertility is a major constraint for agricultural production in the Democratic Republic of Congo. To this end, the valorization of household waste lying around in the markets of Kinshasa and livestock excrements constitutes an opportunity in market gardening due to their availability and lower cost compared to chemical fertilizers.
Objective. The objective of this study is to compare two types of composting. The first one is made of green waste of *Manihot esculenta* Crantz and dry leaves of *Ficus bubu* while the second one is a mixture of green waste of *Manihot esculenta* Crantz, dry leaves of *Ficus bubu* and chicken droppings.
Methods. The process of composting is that of windrow in aerated crate. The chemical and agronomic characteristics of the composts are evaluated by their pH, organic matter (OM), organic carbon (OC), fertilizing elements and metallic trace elements content, C/N ratio and cation exchange capacity. The mineral part was evaluated by quantification of fertilizing elements (N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO and Na_2O) and metallic trace elements (Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2}+, Hg^{2+}, Cr^{3+}). Principal component analysis with R software was used to group the samples according to their similarities and discrepancies.

Results. At the end of composting, pH ranged from 6.87 to 7.72 for the first compost and from 7.2 to 7.76 for the second compost. The OM contents recorded were 37.61 % and 27.55 % for compost 1 and 2 respectively. The C/N ratio values recorded for composts 1 and 2 were 17.78 and 12.22 respectively. Both composts showed similar and acceptable values of major nutrients (N, P and K). These results show that the composts produced can be used as fertilizers to effectively address the problem of soil degradation for agricultural production.

Key words: Compost, soil fertility, chemical and agronomic quality, organic matter.

1. INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne, l'agriculture constitue l'activité principale des populations rurales où celles-ci exercent une forte pression sur les terres due à l'accroissement démographique et aux problèmes fonciers de plus en plus récurrents (ACF, 2009; Kasongo *et al.*, 2013). D'après plusieurs écrits, les effets de cette pression sont la dégradation biologique, chimique et physique ainsi que la réduction de la fertilité des sols conduisant à la baisse de rendements des cultures (Jama *et al*., 2000; Tejada & Gonzalez, 2007). Face à cette situation, l'utilisation des engrais chimiques, de par leur action immédiate sur la productivité des cultures, a été envisagée depuis les temps immémoriaux comme l'une des solutions idoines. Cependant, le coût élevé de ces engrais compromet leur accessibilité aux petits paysans (Useni *et al*., 2013). Selon Mulaji (2011), l'utilisation abusive des engrais chimique entraîne la pollution des nappes phréatiques, la dégradation physique et une baisse de la matière organique du sol. Dans un tel contexte, le recours aux fumures organiques constitue une alternative aux engrais chimiques.

Les fertilisants permettent d'améliorer la fertilité des sols et d'assurer un bon développement des plantes. Ils sont capables de réduire la consommation de l'eau par les plantes et de faciliter l'alimentation minérale des plantes cultivées (AGRIDAPE, 2015; Essui, 2020). Parmi les biofertilisants, les déchets ménagers et les excréments d'élevage, notamment la fiente de poules, occupent une place importante en agriculture, surtout dans le maraîchage à cause de leur disponibilité et leur coût relativement moins élevés par rapport aux engrais chimiques (Tchabi *et al*., 2012; Essui, 2020). Cependant, l'utilisation directe et sans compostage des déchets organiques nécessite de grandes quantités pour les surfaces cultivées (Bram *et al*., 2007).

Le compostage est un processus de décomposition plus ou moins contrôlée de déchets biodégradables d'origine végétale et /ou animale aboutissant à un produit final stable, appelé compost. Cette transformation s'effectue grâce à l'action de microorganismes aérobies décomposeurs. Elle se caractérise par une production de chaleur (40 à 70 °C) induisant une perte de volume de la matière organique initiale (Leclerc, 2000). Le compostage offre de nombreux avantages parmi lesquels la réduction des déchets ménagers et ceux de fermes dans les milieux urbains (Houot *et al.*, 2003 ; Mulaji, 2011). Le compost est utilisé pour l'amendement des sols, la fertilisation des cultures sur sol y compris en culture hors-sol (Inckel *et al.*, 2005 ; M'Sadak *et al.*, 2013).

En République Démocratique du Congo, le défi majeur des exploitations agricoles urbaines à Kinshasa est l'amélioration de la fertilité des sols. En effet, les pertes des terres occasionnées par les érosions éolienne et hydrique et l'usage des engrais chimiques augmentent la dégradation chimique, biologique et physique des terres (Tejada et Gonzalez, 2007). Pour augmenter la teneur en matière organique des sols afin d'avoir un meilleur rendement, plusieurs producteurs agricoles de Kinshasa recourent à l'utilisation de la matière organique. Cependant, la valorisation des déchets urbains est abandonnée au profit d'une simple élimination des décharges publiques. Cette approche représente des coûts environnementaux et économiques pour les autorités municipales. Dès lors, la gestion efficace et efficiente des déchets organiques est cruciale au maraîchage dans les zones périurbaines de Kinshasa (Lelo, 2008).

La présente étude a pour objectif de comparer deux types de composts à bases des résidus verts de *Manihot Esculenta* Crantz, des feuilles sèches de *Ficus bubu* et de la fiente de poules. Cette étude est une contribution à la valorisation la matière organique locale dans la restauration de la fertilité de sols maraichers de Kinshasa.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée du 11 avril au 12 juillet 2021 au champ didactique de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Pédagogique Nationale, située dans la commune de Ngaliema de la ville Province de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Les coordonnées géographiques de ce milieu sont de 15°21′15″ de latitude Sud et de 4°22′05″ de longitude Est avec une altitude d'environ 500 m. Le site jouit d'un climat tropical humide (soudano-guinéen) du type AW_4 de la classification de Köppen. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1500 mm et la température moyenne oscille entre 24 et

25°C. Caractérisé par l'alternance de deux saisons dont, une pluvieuse qui dure 8 mois et une sèche de 4 mois intervenant le plus souvent entre la seconde moitié du mois de mai à mi-septembre. Les précipitations les plus abondantes s'observent en novembre, décembre et mars. Les mois de juillet et d'août sont les plus secs. Les sols du site expérimental appartiennent au type de sols de la ville de Kinshasa, classés selon l'ordre des *kaolisols*, sous-ordre des *hydro-xerokaolisols* et grand groupe des *arenoferrals.* Ces sols sont essentiellement à texture sableuse assortie de quelques éléments grossiers avec une teneur en argile généralement inférieure à 20 %.

2.2. Nature des déchets et processus de compostage

Trois catégories de déchets organiques putrescibles (déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz, feuilles sèches de *Ficus bubu* et fiente de poules) ont permis d'expérimenter deux types de composts (Tableau 1 ci-dessous). Les déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz sont issus des marchés de Kinshasa où leur évacuation pose un sérieux problème. Ils sont composés de limbes, pétioles, branchettes et des feuilles. Les feuilles mortes de *Ficus bubu* ont été ramassées sur le site de l'Université Pédagogique Nationale où plusieurs arbres ont été identifiés. La fiente de poules, avec une très faible proportion de litière du copeau de bois, est issue des unités d'élevage au sol des poules pondeuses.

Tableau 1. Composition et proportion de chaque tas à composter

	Tas I (Compost 1)		**Tas II (Compost 2)**		
Composition	Déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz	feuilles sèches de *Ficus bubu*	Déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz	feuilles sèches de *Ficus bubu*	fiente de poules
Proportion	50 %	50 %	40 %	40 %	20 %
Quantité réelle (en Kg)	212		192		

Le tableau 1 indique que le premier compost (Tas I) est constitué de déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz et des feuilles sèches de *Ficus bubu* tandis que le second (Tas II) est un mélange du premier compost et de la fiente de poules.

Le procédé du compostage dans cette étude est celui d'andain en casier aéré. Deux composteurs traditionnels en bois ont été confectionnés et utilisés. C'est un dispositif d'un volume d'1 m^3 bien aéré par des espaces de 2 cm, dans lequel a été placé le mélange des matières organiques à composter. Les tas (compost 1 et compost 2) ont été retournés de manière périodique, chaque 2 semaines, afin d'assurer une bonne aération et permettre la dégradation aérobie. L'arrosage a été régulier et la quantité d'eau apportée était fonction du taux d'humidité des tas. Il s'agissait de presser entre les mains un échantillon de compost prélevé au cœur du compost : si l'eau coule entre les doigts, le taux d'humidité est jugée bon. En revanche, si l'échantillon est quasi sec, la teneur en eau est insuffisante (Sangaré, 1993 ; Anonyme, 2006). Le monitoring du processus a concerné la température (journalière), le taux d'humidité et le pH (toutes les deux semaines). Ces paramètres ont permis de suivre le processus de compostage jusqu'à maturation pendant 93 jours. La température a été mesurée à l'aide d'une sonde thermométrique pénétrante de 30 cm de long. La valeur donnée correspond à la moyenne de 5 mesures effectuées dans la longueur de l'andain, de chaque côté et à des profondeurs variables.

2.3. Matières premières des composts

Les quantités de déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz, des feuilles sèches de *Ficus bubu* et la fiente de poules ont été pesées chacune séparément avant tout mélange pour chaque andain. Les quantités de produits finis (composts) ont été déterminées spécifiquement pour chaque andain expérimenté. Le taux de conversion (TC) (en %) sans criblage à la fin du compostage a été calculé (TC = Quantité de Produit fini x 100/Quantité de Matière brute).

2.4. Caractérisation chimique et agronomique des échantillons

Les analyses au laboratoire sont intervenues à la fin du compostage. Elles ont été effectuées au Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (CGEA/CREN-K), à la Division de Radioagronomie, Département de Physique des Sols et d'Hydrologie. Quatre échantillons ont été analysés à savoir, le *sol du site expérimental* de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Pédagogique Nationale (Sol témoin), les *composts 1* et *2* ainsi que la *fiente de poules non compostée*. Ces analyses ont concerné les paramètres ci-après :
(i) le pH (H_2O),
(ii) la teneur en matières organiques (MO) et carbone organique (COT),

(iii) la teneur en éléments fertilisants (N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO et Na_2O),
(iv) la teneur en éléments traces métalliques (Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} et Cr^{3+}),
(v) la capacité d'échange cationique (CEC),
(vi) le rapport Carbone/Azote (C/N).

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un analyseur multi paramètre WTW 350i avec une précision des mesures étant de ± 0,2 %. La CEC a été déterminée en utilisant la méthode d'acétate d'ammonium. Pour la teneur en Carbone Organique Total (COT), la méthode de Walkley-Black a été utilisée, et par convention la teneur en Matière Organique Totale (MOT) a été obtenue à partir du % COT x 1.729. Le rapport C/N a été calculé à partir des valeurs de COT et d'azote total obtenues suivant la formule : $\frac{C}{N} = \frac{COT}{\text{Azote total}}$

La partie minérale a été évaluée par quantification des éléments fertilisants (N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO et Na_2O) et des éléments traces métalliques (Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cr^{3+}). L'azote total a été déterminé par la Méthode de Kjeldhal et les autres éléments chimiques par la méthode de Spectromètre de fluorescence X.

2.5. Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée avec Excel 2013 pour l'obtention des graphiques, courbes et moyennes et écart-types. En complément, une analyse multivariée du type ACP (Analyse en Composantes Principales) avec le logiciel R (version 4.0.2) a permis de regrouper les échantillons en fonction de leurs similarités et de mieux interpréter les différences.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Processus de compostage, évolution des températures et pH des composts

Le compostage de deux tas de déchets organiques a duré 93 jours moyennant des arrosages et des retournements toutes les deux semaines. Les composts issus à la fin du processus de compostage étaient visiblement mûrs et caractérisés par le manque d'odeur d'ammoniac ou autre type de mauvaise odeur, la présence d'un substrat foncé et granuleux, la température avoisinant celle du milieu ambiant, l'homogénéisation des composés d'origine, la diminution sensible du volume de lots et la présence de vers de terre et arthropodes (cloportes, mille pattes et des carabes). Durant le processus de compostage, les températures (internes de deux composts et ambiantes) et le pH ont été prélevés (Figure 1).

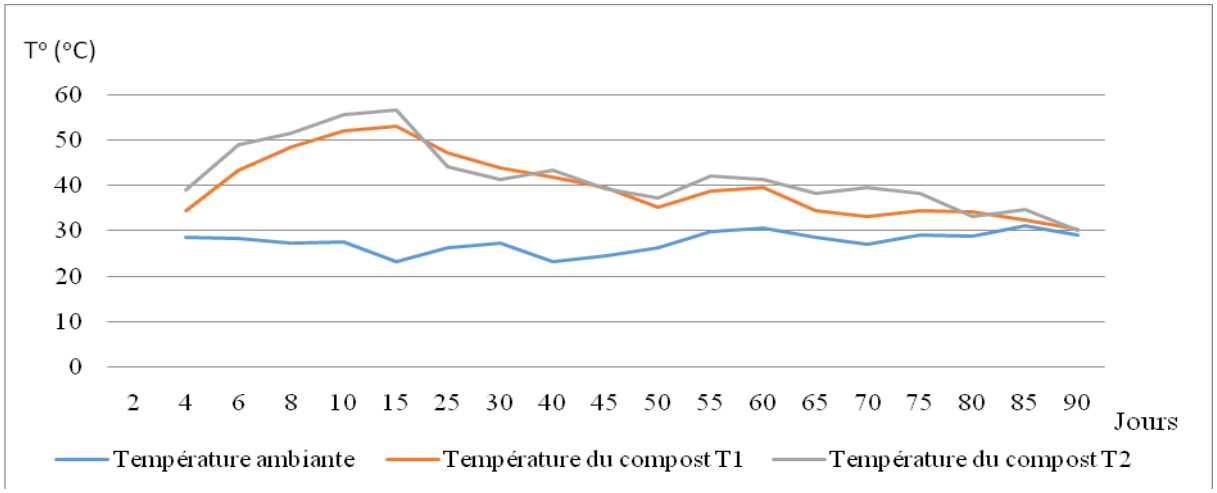


Figure 1. Evolution de la température au cours de compostage

Des hausses de températures supérieures à la température ambiante ont été observées dès le 4ème jour dans les deux tas. Les températures maximales atteintes au 15ème jour par les deux composts ont été presque similaires (53,2 °C pour le compost 1 et 56,7 °C pour le compost 2) et ont été maintenues supérieures à 50°C du 6ème au 15ème jour. Ce qui permet la destruction d'une proportion acceptable des agents pathogènes initialement présents dans les déchets organiques brutes à composter et l'hygiénisation des composts (Burge *et al.*, 1981). Dans cette évolution des températures, les deux phases successives ont été observées notamment la phase mésophile (25 à 45 °C) et la phase thermophile (plus de 45 °C). Cela indique une bonne évolution de processus de compostage (Bari, 1999, cité par Pujol, 2015). Ces températures ne s'écartent pas de la gamme optimale exigée par les différentes souches des microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique durant le processus de compostage (Mustin, 1987). Des baisses des températures sont intervenues au 25ème jour et se sont poursuivies jusqu'au 93ème jour pour devenir presque identiques à la température ambiante,

indiquant ainsi la fin théorique du processus de compostage. L'abaissement de la température s'explique par la diminution de la matière organique biodégradable et la mort de micro-organismes décomposeurs sous l'effet de la chaleur (Hassen *et al*., 2001). Ces résultats sont conformes à ceux de Toundou (2016) et Koledzi *et al*. (2011). L'évolution du pH de deux composts indique qu'il y a accroissement durant les premières semaines (Figure 2).

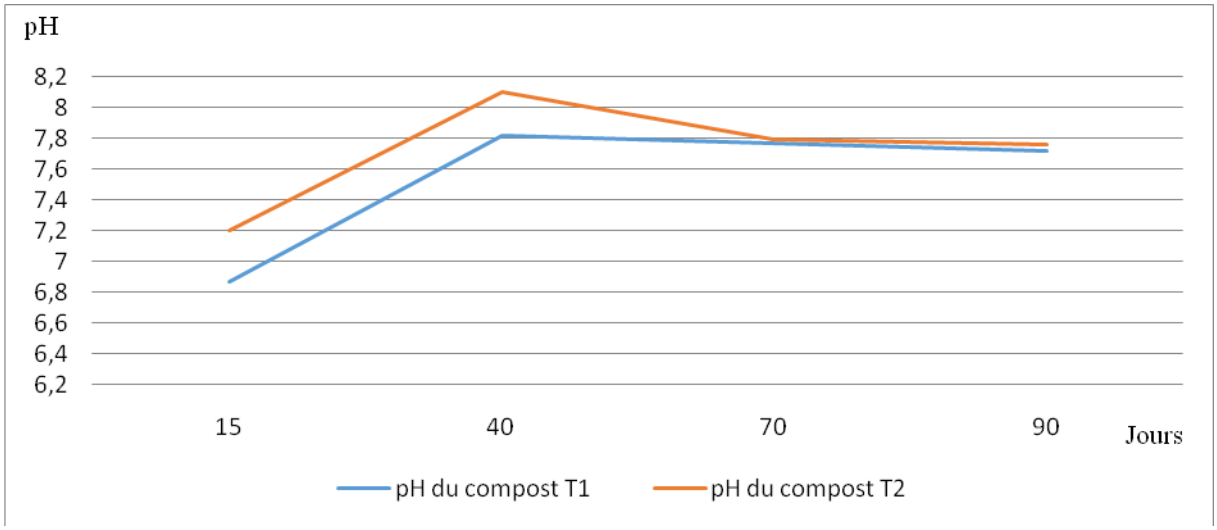


Figure 2. Evolution du pH au cours du processus du compostage

Le pH varie entre 6,87 et 7,72 pour le premier compost, et entre 7,2 et 7,76 pour le deuxième compost. Le pic a été observé au 40ème jour du compostage, il est de 7,82 pour le premier compost et de 8,1 pour le deuxième compost. Ces valeurs de pH constituent à ce stade proche de la maturité de deux composts et leur valorisation en agriculture sur les sols acides (Temgoua *et al.*, 2012). La hausse du pH des composts peut s'expliquer notamment par la dégradation de composés azotés engendrant la libération d'ammoniac qui, en se solubilisant, fait augmenter le pH (Sanchez-Monedero *et al.*, 2001). L'augmentation de pH (basique) favorise ainsi le développement des bactéries alcalines qui déterminent la phase de décomposition (Mustin, 1987). Le pH demeure constant qu'à partir du 70ème jour du compostage et rapproche de la neutralité, comme l'ont fait observer Godden (1986) et Gobat *et al.* (1998). Francou (2003) estime que le pH lors du compostage peut rester longtemps inchangé (manque de sensibilité) et par conséquent exclut son utilisation comme indicateur de maturité de compost. Les mêmes résultats ont été obtenus par Ben Ayed *et al*. (2005) et Koledzi (2011) qui estiment que le pH des suspensions solides (déchets en phase de dégradation aérobie, compost mûr) varie entre 5 et 8 et peut atteindre 9. En effet, une phase acidogène se produit au début du processus de dégradation par les bactéries acidogènes, décomposeurs du carbone complexe, provoquant ainsi une diminution du pH initial. La seconde phase correspond à une alcalinisation qui est une hydrolyse bactérienne de l'azote avec production d'ammoniac (NH_3) associée à la dégradation de protéines et à la décomposition d'acides organiques (Record, 2002).

3.2. Bilan massique

Les données relatives au bilan massique après compostage font état d'une diminution des tas de compost (Tableau 2).

Tableau 2. Quantité de compost obtenue après 93 jours du compostage

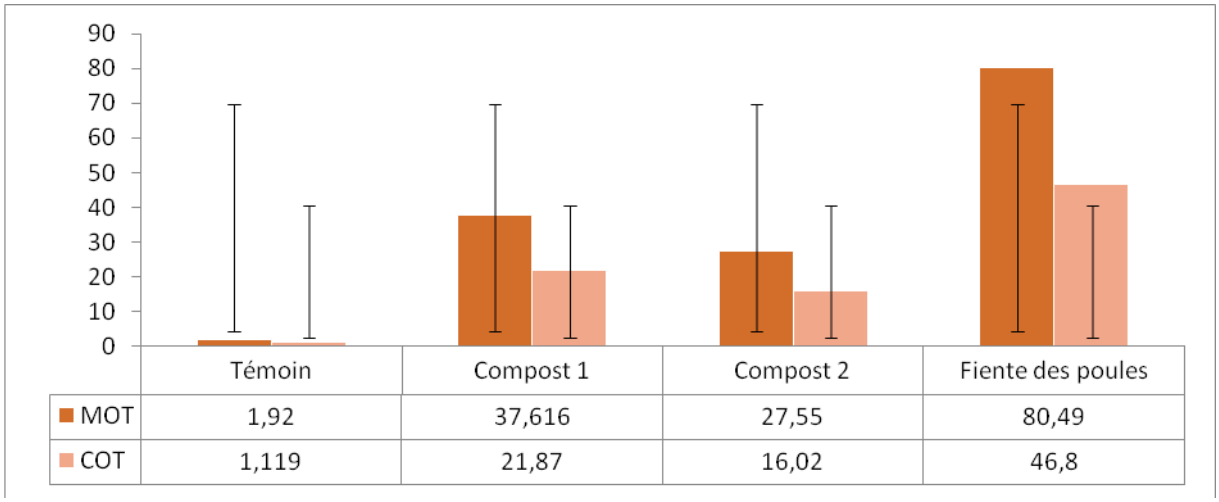
Type de compost	Quantité de MO compostée (*en Kg*)	Volume (*en m³*)	Compost obtenu (*en Kg*)	Taux de conversion (%)
Compost I	212	1	98,4	46,4
Compost II	192	1	83,8	43,6

Les composts obtenus (sans criblage) représentent un taux de conversion de 46,4 % pour le compost 1 et 43,6 % pour le compost 2. La réduction sensible des solides dans les deux tas indique sans doute une proportion plus élevée de matières biodégradables. La matière organique (MO), composée de molécules complexes et diverses, subie d'abord une décomposition microbienne qui libère les composés simples le plus souvent solubles (Amir, 2005). Une partie facilement assimilable (sucres, acides aminés, etc.) subit une minéralisation complète et libère différents composés minéraux solubles ou gazeux. Une autre partie plus résistante ou moins biodégradable telle que la lignine échappe à la minéralisation et après certaines biotransformations sert de matériau de base à

l'édification de molécules nouvelles qui deviendront les substances humiques (Kögel-knabner, 2002 cité par Amir, 2005).

3.3. Caractéristiques chimiques et agronomiques des différents échantillons

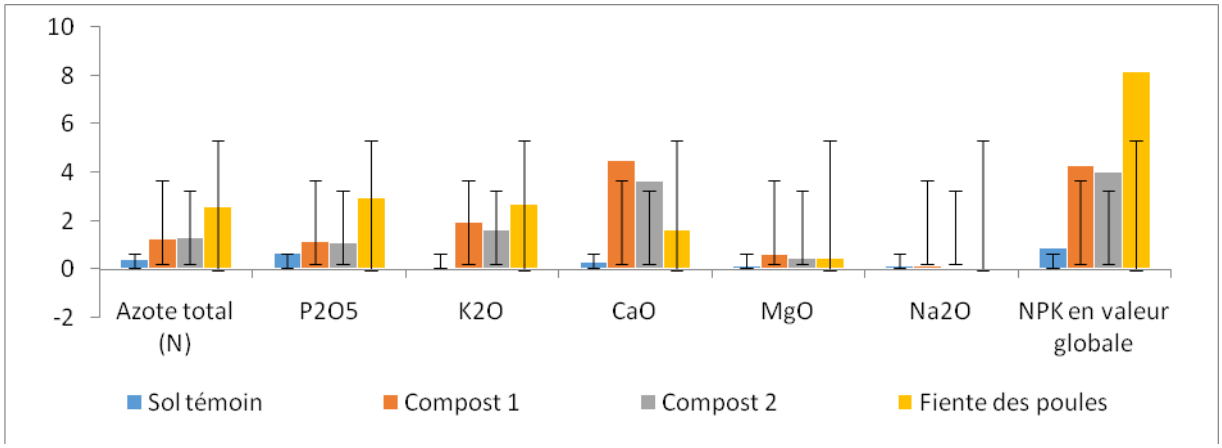
Les caractéristiques chimiques et agronomiques des composts sont évaluées par leur teneur en matière organique, en carbone organique, en éléments fertilisants et en éléments traces métalliques, le rapport C/N et la capacité d'échange cationique (Figure 3).



Légende : Barre d'erreur = Ecart type

Figure 3. Composition des échantillons en MOT et COT (en %)

Les teneurs en MO enregistrées à la fin du compostage étaient de 37,61 % et 27,55 % respectivement pour le compost 1 et le compost 2. Celles en CO étaient de 21,87 % pour le compost 1 et de 16,02 pour le compost 2. Ces valeurs sont supérieures à celles du sol témoins (MO = 1,92 ; CO = 1,119) mais inférieures aux valeurs obtenues avec la fientes de poules non compostée (MO = 80,49 ; CO = 46,8). Des teneurs telles qu'enregistrées pour les deux composts sont courants dans la littérature et sont attribuées par le fait de la diminution du taux de matière organique et à une minéralisation microbienne de la matière organique (Bernal *et al.*, 1998 ; Grigatti *et al.*, 2004). La diminution sensible des teneurs en matière organique (27,55 %) et en carbone organique (16,02 %) observées au niveau du compost 2 pourrait être attribuée à la présence de la fiente des poules dans sa composition, et qui aurait accéléré le processus de la dégradation et de la minéralisation des matières organiques, étant donné la nature moins lignino-cellulosique de la fiente de poules. Francou (2003) estime que le taux de carbone organique inférieur à 15 % confère au compost une maturité élevée et le rend stable. Les valeurs du CO et de la MO obtenues pour les composts 1 et 2 sont très proches des références de la littérature qui considèrent que le carbone organique compose la moitié de la matière organique et que le rapport MOT/COT varie en fonction du type de mélange initial. Il est de 1,7 dans le mélange composé principalement de déchets verts alors qu'il est proche de 2 dans les mélanges à forte proportion de biodéchets (Francou, 2003). Néanmoins, ces valeurs sont supérieures aux seuils exigés par la norme NF U 44-051, aussi bien pour les deux composts que pour la fiente de poules. D'après les directives rapportées par Fuchs *et al*. (2001), le compost mûr doit avoir une teneur en MO inférieure à 50 % (% MS). Pour un compost de qualité, du point de vue stabilité et maturité, la teneur en MO devrait être comprise entre 35 et 45 % (Figure 4).



Légende : Barre d'erreur : Ecart type

Figure 4. Composition de la matière organique des composts en éléments fertilisants (en %)

Les deux composts ont présenté des valeurs similaires et acceptables en éléments fertilisants majeurs (N, P_2O_5, K_2O). Les pourcentages en éléments fertilisants sont plus importants que ceux du sol témoin, et généralement inferieurs aux valeurs enregistrées avec la fiente des poules non compostée.

La teneur en azote du compost est un paramètre lié à l'activité biologique mais fortement influencé par les paramètres chimiques, physiques et thermiques du procédé. L'azote est une composante de la matière organique (protéines, acides aminés, etc.) et de certaines molécules minérales (nitrates, nitrites et azote ammoniacal). La teneur en azote est un paramètre assez systématiquement déterminé dans les composts, notamment en vue d'établir la valeur du C/N, mais aussi de connaître le potentiel fertilisant du compost (Tremier *et al.*, 2007). Ainsi, les deux composts sous étude ont présenté des valeurs intéressantes en azote ; 1,23 % pour le compost 1 et 1,31 % pour le compost 2. Ces valeurs sont inférieures à 3 % et sont considérées moyennement bonnes, répondant ainsi aux normes AFNOR (2005) concernant les composts à base des déchets organique (Norme NF U 44-051).

Les teneurs en éléments nutritifs (% P_2O_5, % K_2O, % CaO, % MgO, % Na_2O) pour les deux composts sont presque similaires comme l'indique l'analyse en composantes principales (ACP), et présentent une moyenne acceptable reconnue dans la littérature pour les composts des déchets verts. Les teneurs en P_2O_5 et K_2O pour les deux types de compost sont respectivement de 1,128 et 1,908 % pour le compost 1, de 1,069 et 1,627 % pour le compost 2. La teneur en P_2O_5 de deux compost est moyenne ($0.5 \leq$ teneur $< 1,5$ %) et sont par contre très riches en K_2O (teneur $\geq 1,5$ %) (AFNOR, 2005). Le NPK en valeur globale pour le compost 1 et 2 a indiqué des valeurs respectives de 4,266 et 4,006 % avec prédominance du potassium ; ces teneurs sont courant dans plusieurs littératures et exigées pour les amendements organiques par la norme NF U 44-051. Les teneurs en CaO et MgO sont dans des limites acceptables.

Ces éléments sont présents dans les matières organiques sous des formes minérales solubles et se retrouvent rapidement dans la solution du sol. Ce sont d'intéressants amendements calco-magnésiens pour les sols acides et auraient sans doute un effet alcalinisant sur les composts. Les valeurs supérieures en NPK observées chez la fiente des poules s'expliquent par l'état non composté de celle-ci. La valeur globale (NPK=8,128 %) enregistrée chez la fiente des poules est supérieure à celle recommandée par AFNOR (< 7 %) pour les amendements organiques. Son compostage aurait causé des pertes en nutriments liées à la volatilisation de l'ammoniac concernant l'azote et à un lessivage concernant les autres éléments. Selon Weill et Duval (2009) les pertes en nutriments augmentent avec la durée du compostage et le nombre de fois de retournements. L'augmentation du pH pourrait aussi entrainer une perte de l'azote durant la phase de compostage en particulier pour la fiente de volaille (Weill et Duval, 2009) (Figure 5).

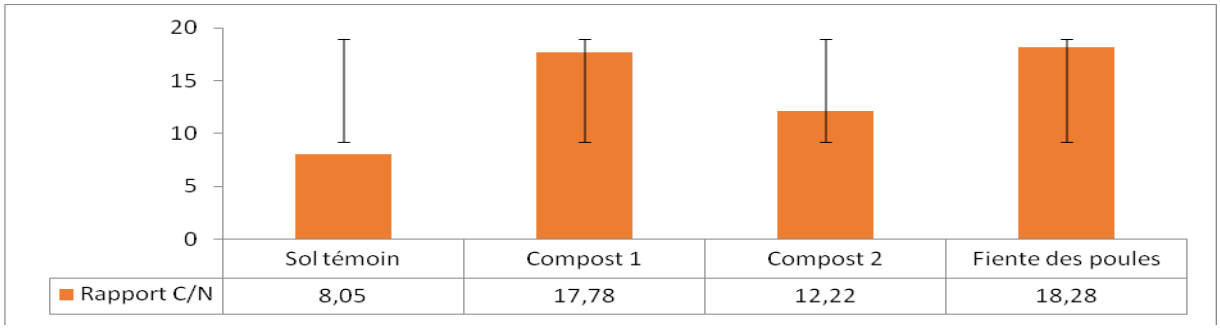
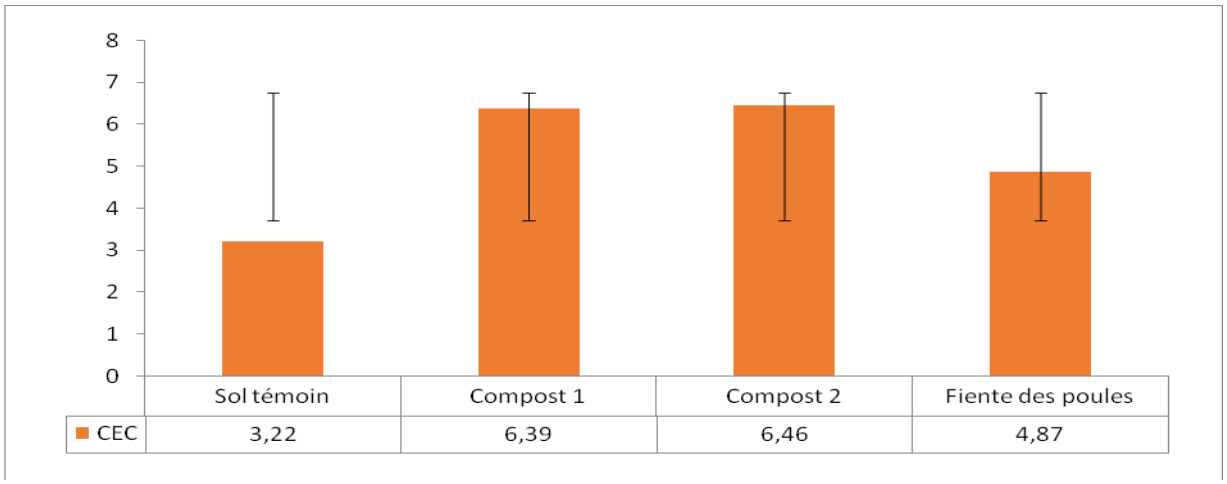


Figure 5. Valeurs du rapport C/N des différents échantillons

Le rapport C/N d'une matière renseigne sur sa vitesse de minéralisation. Les valeurs du rapport C/N enregistré en fin du compostage pour les composts 1 et 2 sont respectivement de 17,78 et 12,22 ; et donc corroborent celles relevées dans la littérature (< 25) et celle proposée par les normes AFNOR (> 8) pour des composts finis. Il est de 8,05 pour le sol témoin et de 18,28 pour la fiente des poules non compostée. La valeur finale du C/N a donc souvent été proposée comme indicateur standard de la maturité des composts et demeure un élément essentiel dans l'évaluation des composts destinés à un usage agricole : entre 20 et 25 pour un compost « mi-mûr » et une valeur inférieure à 20 pour un compost mûr (Eawag, 1975, cité par Mustin, 1987). La faible valeur enregistrée dans le compost 2 pourrait traduire la minéralisation rapide de l'azote issu de la fiente des poules, l'une des composantes du compost 2. Le rapport C/N est fréquemment utilisé pour évaluer le processus de minéralisation de la MO (Annabi, 2005) et comme indicateur de maturité des composts (Larbi, 2006). Ce rapport varie largement selon l'origine des déchets compostés et il est influencé directement par la teneur relative en azote du substrat, alors que la détermination du C/N d'un compost n'est pas suffisante pour évaluer sa maturité (Vanai, 1995; Serra-Wittling *et al*., 1995). Pour certains auteurs, la diminution du rapport C/N traduit le degré de maturation des composts (Huang *et al*., 2006) (Figure 6).

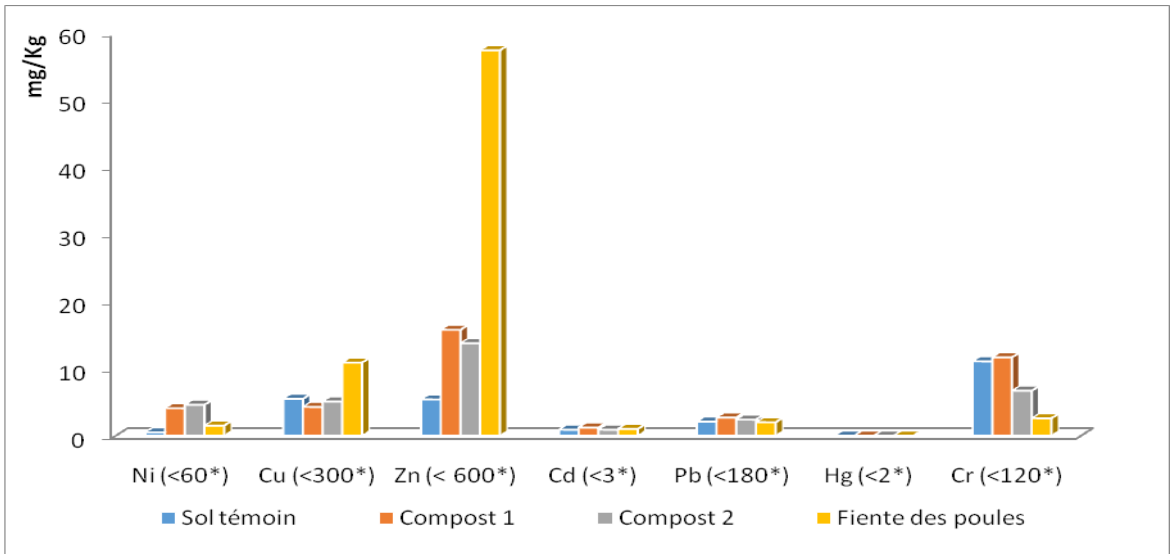


Barre d'erreur = Ecart type

Figure 6. Capacité d'Echange Cationique (CEC) (Cmol/kg) des échantillons

Les valeurs de CEC obtenues sont de l'ordre de 6,39 et 6,46 cmol/kg respectivement pour les composts 1 et 2 ; 3,22 cmol/kg pour le sol témoin et 4,87 cmol/kg pour la fiente de poules. Ces valeurs sont faibles par rapport aux valeurs guides, et indiquent que les composts produits, le sol témoin et la fiente de poules ont une capacité limitée de rétention en éléments nutritives particulièrement les cations (Sanchez *et al*., 2001). Néanmoins, les valeurs de deux composts sont supérieures que celle du sol témoin et de la fiente de poules non compostée. Il est certain que les teneurs élevées en CaO et MgO échangeables des composts ont influencé de façon significative les valeurs de la CEC, comme l'ont fait observer Félix-Faure *et al*., (2013). Selon Jimenez et Garcia (1989), une CEC supérieure à 60 meq/100 g de matière organique est nécessaire pour considérer un compost comme mûr. Mais Saharinen (1998) cité par Francou (2003), rapporte que la CEC ne peut pas être utilisée comme indicateur de maturité et/ou de stabilité universel, car sa valeur varie en fonction de l'origine des composts. Elle dépend en outre, de la nature et de l'association des argiles avec les composés humiques, et aussi de la nature minéralogique des argiles et des charges électriques superficielles développées par les matières organiques (Thonart et Diabaté, 2005). D'un point de vue agronomique, la connaissance de la valeur de CEC est néanmoins

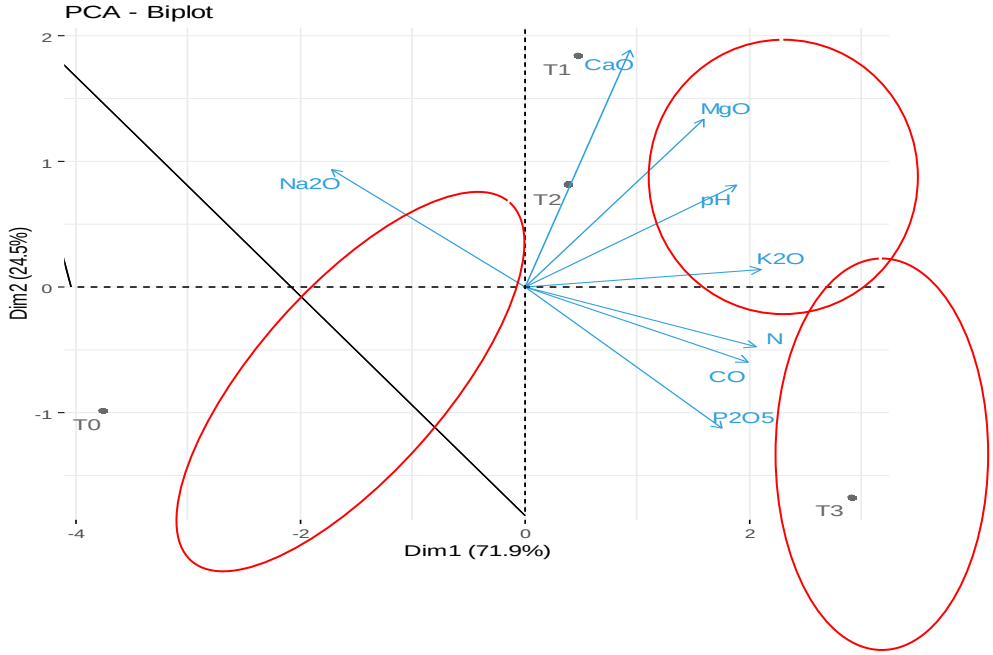
intéressante, puisqu'une forte CEC permettra d'éviter la lixiviation des cations fertilisants (Na^+, Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}) après incorporation dans le sol (Tremier *et al*., 2007) (Figure 7).



*NF U 44-051 (mg/Kg)

Figure 7. Composition de la matière organique des échantillons en éléments traces métalliques (mg/kg)

Les teneurs en éléments traces métalliques (ETM) quantifiées dans les quatre échantillons restent systématiquement faibles. Elles sont inférieures aux valeurs maximum autorisées par la norme NF U 44-051(*) concernant la matière organique, et aussi à celles des digestats produits par Mindele (2016) à partir des déchets ménagers. Ceci pourrait se justifier par la méthode de production des digestats (digestion anaérobie) et la diversité des déchets (déchets ménagers et boues de vidange) utilisés par Mindele pour la production de ses digestats. Les échantillons étudiés seraient moins exposés aux fractions réputées indésirables (métaux, plastiques, déchets spéciaux, verre, incombustibles non classés). Selon Pakou *et al.* (2009), le compostage réduit la disponibilité de métaux présents dans les déchets organiques. Amir *et al.* (2005), a fait observer qu'au cours du compostage, le taux des ETM tend à diminuer par lessivage suite à leur libération par décomposition des structures organiques. Ainsi, l'amendement des sols avec du compost peut être bénéfique pour les cultures alimentaires. Néanmoins, il devrait être contrôlé dans la mesure où les applications répétées des composts pourraient avoir par accumulation de polluants, un effet perturbateur sur le fonctionnement biologique des sols (Houot *et al.*, 2009) (Figure 8).



Légende : (T0 : Sol témoin ; T1 : Compost I ; T2 : Compost II ; T3 : Fiente de poules) / pH, CO / Eléments fertilisants : (N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO, Na_2O)

Figure 8. Répartition des échantillons en fonction des caractéristiques chimiques selon l'axe 1 et 2 d'une Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de regrouper les échantillons étudiés sur base de leurs paramètres chimiques (composition en éléments fertilisants). Les deux axes (1 et 2) ont contribué à 96,4 % à la variation totale observée. Le pH, le CO, et les éléments fertilisants (N, P_2O_5, K_2O, CaO et MgO) sont bien représentés et donc positivement corrélés à l'axe 1(71,9 %). Le CaO a particulièrement une corrélation très positive avec l'axe 2, et le P_2O_5 étant négativement corrélé à Na_2O. Ces axes (1 et 2) ont permis de répartir les échantillons en trois groupes. Le premier groupe est constitué par les composts 1 (T1) et 2 (T2) présentant des valeurs importantes concernant le pH, le CaO et le MgO. Le deuxième groupe est formé par la fiente de poules (T3) avec une concentration importante en CO, N, P_2O_5 et K_2O. Le troisième groupe est constitué par le sol témoin (T0) caractérisé par une valeur importante en Na_2O et une faible représentation en d'autres éléments chimiques.

La corrélation observée entre le pH, le CaO et le MgO pourrait se justifier par le fait que le Ca et le Mg sont des amendements calco-magnésiens intéressants pour les sols acides et auraient sans doute un effet alcalinisant sur les composts. Ce qui justifie les valeurs importantes de pH enregistrées au niveau de deux composts. Il s'observe que la fiente des poules possède une teneur assez élevée en NPK et en CO (éléments corrélés positivement) qui dépasse les teneurs acceptables relatives aux supports de culture, ce matériau organique ne peut pas être utilisé seul ou à l'état brut comme support de culture. Il conduit souvent à un affaiblissement des résistances mécaniques de la plante et à lui conférer une plus grande sensibilité à certaines maladies cryptogamiques (Leclerc, 2002). La teneur élevée du Na_2O au niveau du sol témoin comparée à celle des composts et de la fiente des poules, peut causer des risques de dégradation de structure des sols entrainant ainsi des effets dépressifs sur les cultures installées (Vanai, 1995). Ce qui pourrait justifier la corrélation négative observée avec les autres éléments fertilisants, en particulier le P_2O_5.

4. CONCLUSION

Cette étude a permis de comparer deux types de compostage par l'analyse des caractéristiques chimique et agronomique des différents échantillons. Le premier compostage est constitué de déchets verts de *Manihot esculenta* Crantz et des feuilles sèches de *Ficus bubu* tandis que le second est un mélange du premier compost et de la fiente de poules. Elle indique que les composts 1 et 2 ont présenté des qualités intéressantes c'est-à-dire riches en macroéléments fertilisants (N, P et K) et faibles teneurs en ETM, répondant ainsi aux normes exigées quant à l'utilisation de la matière organique dans la production agricole. Ces composts auront pour effet d'améliorer la fertilité des sols et de contribuer, à travers la formation d'agrégats stables, à minimiser les risques de dégradation des sols. Toutefois, des tests de ces composts sur la production des plantes cultivées et leur durabilité c'est-à-dire le temps de biodisponibilité de ces fertilisants, permettraient d'apprécier leur efficacité.

Références

ACF (Action Contre la Faim), 2009. *Rapport d'étude sur l'agriculture périurbaine (maraîchage) de Kinshasa, République Démocratique du Congo*, 87 p.

AFNOR, 2005. *Le compost : Dénominations, spécifications et marquage*. Eds AFNOR, 16 p.

AGRIDAPE. 2015. *Agriculture durable à faibles apports externes*. N°31 volume 1, 35 p.

Amir S, Hafidi M, Merlina G, Revel JC. 2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere*, 59(6), 801-810.

Amir S., 2005. *Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomie, Institut National Polytechnique (ENSAT-INP), Toulouse, France, 341 p.

Annabi M., 2005. *Stabilisation de la Structure d'un Sol Limoneux par des Apports de Composts d'Origine Urbaine : Relation avec les Caractéristiques de leur Matière Organique*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique (INA), Paris-Grignon, 280 p.

Anonyme, 2006. Le compostage des déchets verts. *Revue Dossier Amorce, Série Technique n° DT10*, Janvier 2006.

Ben Ayed L., Hassen A., Jedidi N., Saidi N., Bouzaiane O., Murano F., 2005. Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères. *Déchets - revue francophone d'écologie industrielle*, 40(4), 11.

Bernal M. P., Paredes C., Sanchez-Monedero M. A. & Cegarra J., 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, 63, 91-99.

Bram G., Mariela F., Monica M., Julie M. N., Jozef D., Jorge D. E., Benjamin F-S. & Ken D.S., 2007. Infiltration, soil moistrure, root rot and nematode population after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil and Tillage Research*. 94, 209-219.

Burge W. D., Colacicco D. & Cramer W. N., 1981. Criteria for achieving pathogen destruction during composting. *Journal (water pollution controlfederation)*, 1683–1690.

Essui A. R., 2020. *Effets des durées de compostage de la fiente de poulet sur les paramètres agronomiques de la laitue* (*Lactuca sativa* L.). Mémoire de Master en Bio-ressources-Agronomie, option Amélioration des ressources agricoles. Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, 45 p.

Félix-Faure B., Carrière M. & Kalt S., 2013. *Prendre en compte tous les indicateurs de l'acidité des sols pour l'interprétation et le conseil*. 11èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse COMIFER-GEMAS - Poitiers-Futuroscope, 18 p.

Francou C., 2003. *Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains: Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage*- Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de doctorat INAPG, Institut National de Recherche Agronomique Paris-Grignon, 289 p.

Fuchs J. G., Galli U., Schleiss K. & Wellinger A., 2001. *Caractéristiques de Qualité des Composts et des Digestats Provenant du Traitement des Déchets Organiques*. Association Suisse des Installations de Compostage (ASIC) & Forum Biogaz Suisse, 26 p.

Fuchs J. G. & Bieri M., 2000. Neue Pflanzentests, um die Kompostqualität zu charakterisieren. *Agrarforschung*, 7, 314–319.

Gobat J. M., Aragno M. & Matthey W., 1998. *Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Collection Gérer l'Environnement N° 14. Lausanne, Suisse, 519 p.

Godden B., 1986. *Etude du processus de compostage du fumier de bovin*. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 p.

Grigatti M., Ciavatta C. & Gessa C., 2004. Evolution of organic matter from sewage sludge and garden trimming during composting. *Bioresource Technology*, 91, 163-169.

Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cerif M. & Boudabous A., 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 80: 217-225. DOI: https://doi.org/10.1016/S0960- 8524(01)00065-7

Hassen A. K., Belguith N., Jedidi A., Cherif M. & Boudabous A., 2001, Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresour Technol*, 80, 217-225.

Houot S., Cambier P., Benoit P., Deschamps M., Jaulin A., Lhoutellier C. & Barriuso E., 2009. Effet d'apports de composts sur la disponibilité de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *Étude et Gestion des Sols*, 16, 255-274.

Houot S., Francou C., Vergé-Leviela C., Michelina J., Bourgeois S., Linères M. M., Parnaudeau V., Bissonnais Y., Dignac M., Dumat C., Cheiab A. & Poitrenaud M., 2003. Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine : variation avec la nature du compost. *Dossier de l'environnement de l'INRA n°25, AGREDE*, pp. 107-124.

Huang G.F., Wu Q.T., Wong J.W.C. & Nagar B.B., 2006. Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. Bioresource Technology, 97, 1834- 1842. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.02 4

Inckel M., Peter D.S., Tersmette T. & Veldkamp T., 2005. *La fabrication et l'utilisation du compost*. Agrodok, 8: 73p.

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.

Jimenez E. I. & Garcia V. P., 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological Wastes*, 27, 115-142.

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. *J. Appl. Biosci.*, 63, 4727–4735.

Koledzi E.K., 2011. *Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo): approche méthodologique pour une production durable de compost*. Thèse de doctorat de l'Université de Lomé (TOGO) en cotutelle avec l'université de limoges, faculté des sciences et techniques, 199 p.

Larbi M., 2006. *Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques*. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel - Institut de Botanique (Laboratoire sol et végétation), p.161.

Leclerc D., 2002. Le compost : Une filière de valorisation des déchets organiques à développer. *Courrier de l'environnement de l'INRA n°47, octobre 2002*, 125 p.

Lelo N., 2008. *Kinshasa : Ville et environnement*. Édition Harmattan, Paris, 281 p.

M'Sadak Y., Jelali R. & Aicha A., 2013. Valorization aboveground of the extract of compost ovine for fertigation of the vegetables plants in Tunisia. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 5(2), 167-176. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ jfas.v5i2.3

Mindele U.L., 2016. *Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshasa*. Thèse de doctorat, université de Liège, Faculté des Sciences, Belgique, 313 p.

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.

Mustin M., 1987. *Le compost: gestion de la matière organique*. Editions Francois Dubusc, Paris, France, 954 p.

Pakou C., Kornaros M., Stamatelatou K. & Lyberatos G., 2009. On the fate of LAS, NPEOs and DEHP in municipal sewage sludge during composting. *Bioresour. Technol*., 100(4), 1634-1642.

Pujol A., 2015.*Modélisation du procédé de compostage – Impact du phénomène du séchage*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France, 268 p.

Record, 2002. *Aide à la définition des déchets dits biodégradables, fermentescibles, méthanisables, compostables*. Etude Record n°00-0118/1A, 151 p.

Sanchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C. & Bernal M.P. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, Ec and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*, 78, 301-308.

Sangaré A., 1993. *Le compostage, fiche technique*. IER/SOTUBA (Bamako), 5 p.

Serra-Wittling C., Houot S. & Barriuso E., 1995. Soil Enzymatic Reponse to Addition of Municipal Solid-Waste Compost. *Biology and Fertility of Soils*, 20(4), 226-236.

Tchabi V.I., Azocli D. & Biaou G.D., 2012. Effet des différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (Lactuca sativa L.) à Tchatchou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(6), 5078-5084.

Tejada, M. & Gonzalez, J.L., 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil and Tillage Research*, 93,197–205.

Temgoua E., Ntangmo T. 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 Reseach Technology*, 2(2), 83-92.

Thonart P. & Diabaté S.I., 2005. *Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du sud*. Publication de l'I.E.P.F.

Toundou O., 2016. *Évaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (Zea mays L. Var. Ikenne) et de la tomate (Lycopersicum esculentum L. Var. Tropimech) sous deux régimes hydriques au Togo*. Thèse de doctorat de l'Université de Lomé en cotutelle avec l'Université de Limoges, 213 p.

Tremier A., De Guardia A. & Mallard P., 2007. Indicateurs de stabilisation de la matière organique au cours du compostage et indicateurs de stabilité des composts : analyse critique et perspectives d'usage. *TSM*, N° 10 - 2007 – 102ème année. http://tsm.astee.org.

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. *J. Appl. Biosci*., 66, 5070-50811.

Vanai P., 1995. *Valorisation Agronomique d'un Compost Urbain Produit par Méthanisation: Etude en Milieu Tropical*. Thèse de Docteur en Sciences de l'Université Française du Pacifique (UFP), Spécialité Chimie, 172 p.

Weill A. & Duval J., 2009. *Les amendements organiques : fumiers et composts*. Equiterre, 19 p.

Weill A. & Duval J., 2009. *Les amendements organiques, fumiers et composts. Dans Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée ; Module 7 : Amendement et fertilisation*. Équiterre, pp. 1-19.