



Etude des caractéristiques physico-chimiques d'un compost élaboré par une technique de compostage innovante à Madaoua, Niger

Issoufou MAMANE ABDOU^{1*}, Yahaya BISSALA HASSANE²,
Tchicama MAMANE MELLA¹ et Adamou ZANGUINA¹

¹ Laboratoire Matériaux, Eau, Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST) - Université Abdou Moumouni (UAM) de Niamey. BP 10662 Niamey, Niger.

² Centre d'Innovation et Technologie, INOVATECH, BP 2796 Niamey, Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail: mbabaye05@gmail.com; Tel (+ 227) 97001516.

Received: 21-05-2024

Accepted: 25-06-2024

Published: 30-06-2024

RESUME

Au Niger la disponibilité des engrais est une contrainte pour la productivité agricole. Afin de produire un compost de bonne qualité en un délai moyen de compostage de 35 jours avec une capacité de production pouvant aller jusqu'à 15 tonnes de compost pour un seul chargement, il a été élaboré au cours de cette étude un compost (C2) de qualité chimique à travers une technique de compostage aérobie sans retournements en système semi fermé, qui permet une optimisation de la main d'œuvre, de la quantité d'eau d'arrosage, et de la durée de compostage, et un autre compost (C1) par la méthode traditionnelle en fosse. Les matériaux utilisés étaient constitués de tige de mil broyée et de fumier de bovin dans les proportions respectives de 2/3 et 1/3. Le mélange ainsi constitué était composté durant trois mois pour les deux types de composts C1 et C2. Les composts élaborés présentaient les caractéristiques physico-chimiques suivantes : Pour le C1 après 90 jours d'incubation : pH 8.6 ; CE : 1.23mS/cm ; MO : 15.845% ; C : 9.19% ; Azote : 0.60% ; C/N : 15.31 ; Phosphore : 0.75% ; Potassium : 0.79% ; Calcium : 3.01% et Magnésium : 0.61% et pour le C2 après 30 jours d'incubation : pH 8.7 ; CE : 1mS/cm ; MO : 15.043% ; C : 8.72% ; Azote : 0.65% ; C/N : 13.41 ; Phosphore : 0.80 ; Potassium : 0.88% ; Calcium : 3.54% et Magnésium : 0.683%. Ces composts, en particulier le C2 présentait mieux des caractéristiques favorables pour être utilisé comme nutriment aux plantes, par le biais de la restauration de la fertilité du sol. Nos résultats offrent ainsi des nouveaux outils écologiques, alternatifs et innovants de restauration des terres afin de soutenir une agriculture durable et rentable au Niger.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Substrat organique, compost, Innovation, fertilité des sols, Madaoua, Niger.

Study of the physico-chemical characteristics of a compost produced using an innovative composting technique in Madaoua, Niger

ABSTRACT

In Niger, the availability of fertilizers is a constraint on agricultural productivity. In order to produce good quality compost in an average composting time of 35 days with a production capacity of up to 15 tons of compost for a single load, a compost (C2) was developed during our study. of chemical quality through an aerobic

composting technique without turning in a semi-closed system, which allows optimization of labor, the quantity of watering water, and the duration of composting, and another compost (C1) by the traditional pit method. The materials used consisted of crushed millet stalk and cattle manure in the respective proportions of 2/3 and 1/3. The mixture thus formed was composted for three months for the two types of composts C1 and C2. The composts produced had the following physicochemical characteristics: For C1 after 90 days of incubation: pH 8.6; EC: 1.23mS/cm; MO: 15.845%; C: 9.19%; Nitrogen: 0.60%; C/N: 15.31; Phosphorus: 0.75%; Potassium: 0.79%; Calcium: 3.01% and Magnesium: 0.61% and for C2 after 30 days of incubation: pH8.7; EC: 1mS/cm; MO: 15.043%; C: 8.72%; Nitrogen: 0.65%; C/N: 13.41; Phosphorus: 0.80; Potassium: 0.88%; Calcium: 3.54% and Magnesium: 0.683%. These composts, in particular C2, had better favorable characteristics to be used as a plant nutrient, through the restoration of soil fertility. Our results provide ecofriendly and innovating tools for supporting sustainable agriculture in Niger.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Organic substrate, compost, Innovation, soil fertility, Madaoua, Niger.

INTRODUCTION

Les problèmes de l'agriculture nigérienne se caractérisent par un faible rendement de toutes les cultures particulièrement vivrières. Le caractère extensif de cette agriculture, combiné aux conditions climatiques défavorables et le faible niveau de fertilité des sols, constitue une grande impotence pour l'autosuffisance alimentaire du pays (Zakari et al., 2016). La carence en matière organique et en phosphore a été identifiée comme les principaux facteurs limitant de la fertilité des sols aux Niger.

Dans cette situation la performance du secteur agricole demeure insuffisante et incertaine pour augmenter la production agricole compte tenu de la baisse progressive des rendements. (Abdoul-Habou., 2016). Aussi il s'impose aux producteurs de trouver les voies et moyens pour acquérir des fertilisants chimiques ou organiques pour une meilleure production agricole. Pour maintenir l'équilibre entre l'autosuffisance alimentaire et la croissance démographique, l'utilisation de fertilisants organiques ou chimiques sont indispensables (Bationo et Buerkert, 2001 ; Gomgnimbou et al., 2019). Les engrais chimiques sont entièrement importés au Niger et leur prix ne cesse d'augmenter, d'où une faible rémunération du capital investi et sont hors de portée financières des paysans dont la plus grande majorité ont un faible revenu. Il est bien connu qu'ils sont dangereux pour l'environnement, la santé et la qualité des aliments et qu'à long terme ils conduisent à une

acidification des sols donc à une baisse des rendements largement démontré par plusieurs études comme Atidegla et al. (2017) ; Gomgnimbou et al. (2019). La restauration de la fertilité du sol et le recyclage des déchets organiques à travers le compostage (Useni et al., 2014), permet de rehausser le taux de la matière organique et d'améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, donc constitue une source d'éléments nutritifs pour les cultures, à travers la matière organique qui améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol.

Cependant il existe plusieurs systèmes d'installation de compostage : Artisanal en fosse, en andain avec retournement, compostage industriel avec aération forcée, ou avec aération active ou encore passive et compostage électromécanique (Misra et al., 2005). Ces techniques produisent généralement du compost au bout de 60 à 90 jours avec un rendement maximum de 300 kg de compost qui équivalent à 900 kg de matières fermentescibles. Les opérations de retournement et d'arrosage occupent au moins 30% du temps utile du paysan et la qualité chimique du compost obtenu avec ces types de compostage est très souvent médiocre avec une teneur en oligoéléments assimilables directes par la plante inférieure à 45%, et d'autre part, l'opération de retournement constitue une source de transmission des germes pathogènes comme *Aspergillus Fumigatus* (CAREPS et ADEME, 2002).

Le but de cette étude était de produire du compost de bonne qualité en un délai moyen de compostage est de 35 jours avec une capacité de production pouvant aller jusqu'à 15 tonnes de compost pour un seul chargement à travers un composteur de type innovant et sans opération de retournement.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'expérimentation a été effectuée dans un site situé à Madaoua, à environ 466 Km au sud-est de la capitale, Niamey. Il se trouvait dans la région de Tahoua et dont la localisation est présentée sur la Figure 1. La région est à vocation agricole et représentait la zone phare de production d'oignons dont les revenus des producteurs se chiffraient à plusieurs milliards par an. D'après le recensement général de la population et l'habitat la population était estimée à 544 215 habitants et avec une superficie de 856 Km² (RGPH, 2012).

Matériel

Matières premières

Tiges de mil broyées, utilisées comme source de carbone, le fumier de bovin pour son apport en azote, un inoculum préparé à partir de la poudrette d'étable et de l'urée à une température environ 28°C/72h pour accélérer la décomposition des déchets organiques par les microorganismes.

Matériel technique

Un thermo- hygromètre équipé d'une sonde de type TA 298 pour la prise de température et l'humidité, deux arrosoirs pour arroser le composteur traditionnel en fosse régulièrement selon le besoin, une pelle et une fourche, utilisées pour l'étalage des matières premières dans le composteur et aussi lors des retournements.

Dispositif expérimental

Composteur en fosse

La méthode de compostage aérobie en fosse a été utilisée pour la fabrication du compost C1 dans cette présente étude à titre comparatif. La fosse a été creusée dans un endroit bien isolé et moins ensoleillé avec des dimensions : 1m x 1m x 1m, soit 1m³ (Figure 2)

Composteur Aérobie à Grande Capacité (CAGC)

Composantes du CAGC

Le composteur CAGC (Figure 3) sur lequel les travaux se sont déroulés afin de produire le compost C2, est composé de : Un compartiment de digestion de 4 m x 4 m x 1 m = 16 m³, un réservoir d'eau d'une capacité d'au moins 1000 L, un système d'aération équipé d'un tunnel qui permet le renouvellement et le maintien constant d'oxygène dans le système.

Principe de fonctionnement de CAGC

Le Composteur CAGC était une structure construite en matériaux définitifs et en surface et connectée à un système de régulation d'air, d'humidité et de température placé en-dessous. Un réservoir d'eau de 1000l placé, au-dessus de la construction permettait le ravitaillement ajusté en eau grâce à un doseur. Ses capacités de chargement de résidus agricoles fermentescibles étaient extensibles selon les besoins et pouvaient aller jusqu'à 200 m³ de matière fermentescible équivalent. Tout le bâtiment est composé de deux compartiments de 16 m³. L'intérieur des compartiments est équipé d'un circuit de tuyaux PVC reliés à système d'aération souterrain.

Principe fondamental de fonctionnement du système d'aération

Le système d'aération du CAGC était un souffleur de ventilation à double flux fabriqué avec un matériau sensible à la variation de température, d'humidité et de pression, dont le principe était basé sur la « géothermie très basse énergie ». Il fonctionnait avec l'énergie contenue dans le sol dont la température était inférieure ou égale à 35°C. Ce système permettait ainsi d'optimiser la ventilation locale en favorisant l'air du milieu grâce à l'inertie thermique du sol qui se situait entre 1,50 mètre et 2 mètres de profondeur. Le renouvellement de l'air dans le CAGC est assuré grâce au maintien constant de la pression, la température et de l'humidité dans le souffleur enterré dans le sol. L'air circulait entre le tunnel du souffleur et le composteur grâce à la différence de gradients de la pression, de la température et de l'humidité du souffleur et celui du composteur CAGC. Ainsi

l'air extérieur pouvait y pénétrer passivement dans le CAGC pour enrichir par la masse du compost en oxygène.

Grâce à ce tunnel, plus grande était la différence de températures entre l'intérieur et l'extérieur, plus fort était le mouvement ascendant de l'air qui permettait d'évacuer l'air vicié dans le hangar. Le dispositif de ventilation pouvait au besoin, fonctionner grâce à l'énergie électrique ou éolienne pour actionner le système de ventilation. Le dispositif est conçu de manière à minimiser les variations de température et de l'humidité permettant ainsi une constance de fermentation de la matière organique. Le renouvellement naturel de l'air du composteur permettait de bien aérer les micro-organismes, évitant ainsi la nécessité de retournement en cours de compostage.

Suivi des paramètres étudiés

Composteur en fosse

Un mélange du fumier de bovin et de tiges de mil broyées a été réalisé en couche successive afin d'obtenir des meilleurs composts. La proportion des matières carbonées étant supérieure à celle de la matière azotée, soit environ 69 kg de tiges de mil broyées et 33 kg de fumier. A l'aide de l'arrosoir les composteurs sont régulièrement alimentés en eau selon le besoin tout au long du processus. Soit en moyen 75L tous les trois jours. Des retournements ont été effectués toutes les deux semaines afin d'aérer le compost pour faciliter la dégradation de la matière première par les micro-organismes.

Composteur CGAC

Le composteur était rempli de tiges de mil broyées et du fumier de bovin. 2/3 de couches de tiges de mil broyées alternaient 1/3 de couche de fumier de bovin, jusqu'à une hauteur de 90 cm afin de faciliter une aération du composteur. L'arrosage du tas de matière à composter se faisait tous les trois jours, soit environ 1000 L par 72 h.

Suivi de température et humidité

La température et l'humidité du tas ont été mesurées tous les trois jours à l'aide d'un thermo- hygromètre équipé d'une sonde de type TA 298. Cette prise se faisait à trois niveaux : en surface (0 cm), mi- profondeur (45

cm) et en profondeur (90 cm). C'était la moyenne des trois mesures qui correspondait à la valeur (de température et d'humidité) du tas.

Analyse des paramètres physico-chimiques

Le prélèvement des échantillons a été fait dans des sachets en plastiques chaque semaine, et est réalisé à 3 fois à différents niveaux à 0-45-90 cm en surface. Ces échantillons élémentaires étaient réunis pour former un composite de 500g de manière à obtenir un échantillon aussi représentatif que possible. Les échantillons prélevés étaient tamisés à l'aide d'un tamis dont le diamètre des mailles était supérieur à 5mm, puis soumis pour l'analyse.

Les paramètres température, humidité, pH et conductivité électrique CE ont fait l'objet de suivis réguliers pendant tout long de l'opération de compostage (90 jours). Le pH et la conductivité électrique (CE) ont été mesurés par mélange échantillon-eau dans les proportions (poids : volume = 1: 10). La matière organique (MO) a été déterminée à partir des cendres après séchage d'un échantillon de 10 g de poids sec à 550°C pendant 6 heures. Le carbone organique total (COT) a été obtenu en calculant le rapport de la valeur de la matière organique par 1.724. L'azote total (NTK) a été déterminé par la méthode de Kjeldahl (1883). Le rapport C/N est alors calculé en fonction de la concentration en COT et NKT. Le potassium (K) a été déterminé à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme, après calcination au four. Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) ont été dosés par compleximétrie. Le phosphore total est obtenu par la méthode d'attaque triacide.

Analyse statistique des données

Les données collectées ont été saisies et analysées avec le tableur Excel version 2010. Le test *t* de Student au seuil de 5% a été utilisé pour comparer les proportions des paramètres physico-chimiques et entre types de composts. Le logiciel R version 4.0, été utilisé pour une analyse par Composantes Principales (ACP) afin de déterminer les corrélations entre les paramètres étudiés (physiques et chimiques) des composts.



Figure 1 : Localisation du site d'étude (Madaoua).



Figure 2 : Composteur en fosse.

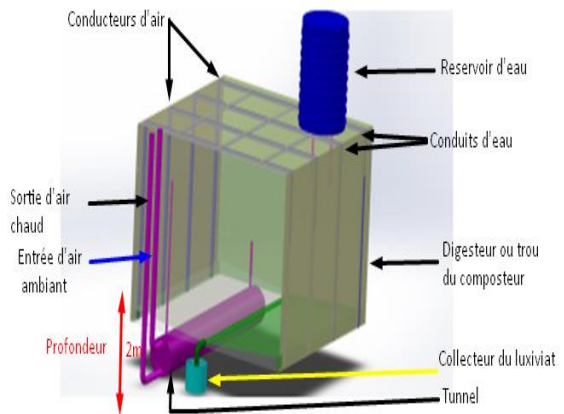


Figure 3 : Composteur aérobie à grande capacité.

RESULTATS

Caractéristiques des particules du compost

A la fin du compostage nous avons procédé au tri des différentes particules présentes dans les composts en fonction de leur taille. Ainsi pour le C1, les valeurs moyennes obtenues réparties en différentes fractions > 5 mm ; 2-5 mm ; et ≤ 2 mm étaient

respectivement de 15, 20, et 65 %. Tandis que pour le C2 elles étaient respectivement de 10, 20, et 70% (Figure 4). La répartition de ces fractions permettrait d'évaluer le degré de maturité des composts obtenus. Cependant il n'existait aucune différence significative entre les dimensions des particules des composts C1 et C2 ($p > 0,05$).

Evolution de la température et de l'humidité

Température

L'évolution de la température au cours du compostage est un facteur exprimant l'activité microbienne. La Figure 5 montrait l'évolution de la température au cours du processus dans les deux types de composteurs. Aucune différence significative n'a été observée ($p > 0,05$) entre les deux types de composteur. Il ressort que la phase oxydative correspondant à la première phase du processus a duré environ 20 jours pour le C1 pour une température maximale de 56.6°C et 15 jours avec une valeur extrême de 52°C pour le C2, et suivie rapidement par la phase de maturation, caractérisée par un retour à la température ambiante du milieu (environ 30°C) vers le 90^e jour dans le composteur en fosse (C1) et 33^e jour dans le composteur CAGC (C2) (environ 30°C jusqu'à la fin du processus).

Evolution de l'humidité

Le processus du compostage nécessite l'apport de l'eau pour le bon démarrage de la dégradation du substrat sous l'action microbienne. La Figure 6 était relative à l'évolution de l'humidité au cours du compostage. Au début du processus les tas à composter étaient très humidifiés (environ 88% pour les deux types de composteurs), mais après la mise en place de la phase oxydative et celle de refroidissement, la teneur en eau était stabilisée à la valeur moyenne de 63% pour le C1 et 61% pour le C2. Il n'existait pas de différence significative entre les teneurs en eau des deux types de composts ($p > 0,05$).

Paramètres physico-chimiques

Evolution du pH

Le suivi du pH pendant le processus de dégradation des substrats organiques a révélé que la matière première avait un pH légèrement basique 7.51 pour le C1 et 7.36 pour le C2, mais celui-ci augmentait graduellement avec le temps pour atteindre une valeur de 8.86 pour le C1 et 8.9 pour le C2 à la fin de compostage (Figure 7). Aussi il n'y a pas eu de différence

significative entre les pH des deux composts C1 et C2 ($p > 0,05$).

Evolution de la CE

Au cours du processus de compostage la conductivité électrique mesurée a varié selon le stade de décomposition du substrat du départ. Ainsi, au début du processus la CE était de 3.1 mS/cm pour le C1 et 2.9 mS/cm pour le C2, puis elle décroissait progressivement dans les types de digesteurs pour se stabiliser à la fin du compostage, 1.23 mS/cm pour le C1 et 1 mS/cm pour le C2 (Figure 8).

Composition physico-chimiques

Les résultats de l'analyse chimique du compost C1 prélevé après 90 jours d'incubation et du compost C2 après un mois de processus sont présentés dans le Tableau 1. La caractérisation chimique donne la composition organique du compost (matière organique et carbonique organique) et aussi la composition minérale caractérisée par l'azote totale, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium et surtout le rapport C/N. Il n'existait pas de différence significative entre les paramètres chimiques des composts étudiés ($p > 0,05$).

Corrélation entre paramètres physico-chimiques

L'analyse en composante principales (ACP) (Figure 9) présentait des corrélations entre les paramètres physiques et paramètres chimiques du compost. Il ressort de ces données, que la température, et le taux d'humidité étaient fortement corrélés avec la teneur en Azote. Ces paramètres étaient tous corrélés avec l'axe 2 dont leurs coefficients r étaient respectivement 0,89, 0,93 et 0,70. Il existait une relation positive entre les éléments organiques (MO, C, C/N) et les éléments minéraux (P, K, Ca) d'une part et d'autre part une relation négative avec le pH. En effet, ces paramètres étaient fortement corrélés avec l'axe 1. Il existait également une relation positive entre N, Humidité et température, qui étaient fortement liés à l'axe 2.

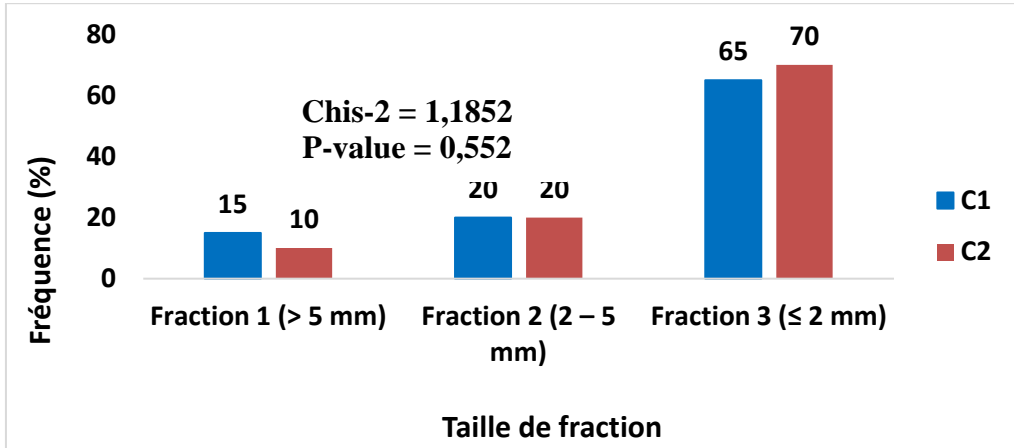


Figure 4 : Composition moyenne en granulométrie des composts.

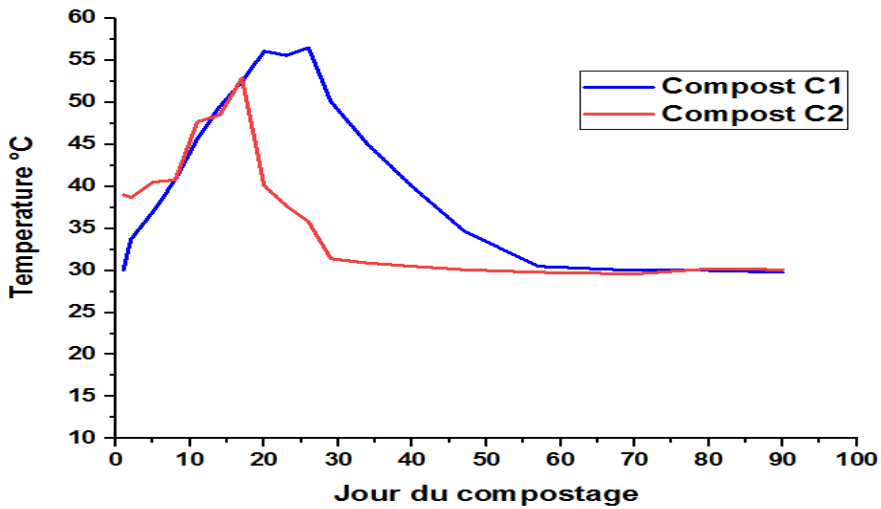


Figure 5 : Evolution de la température au cours du processus de compostage.

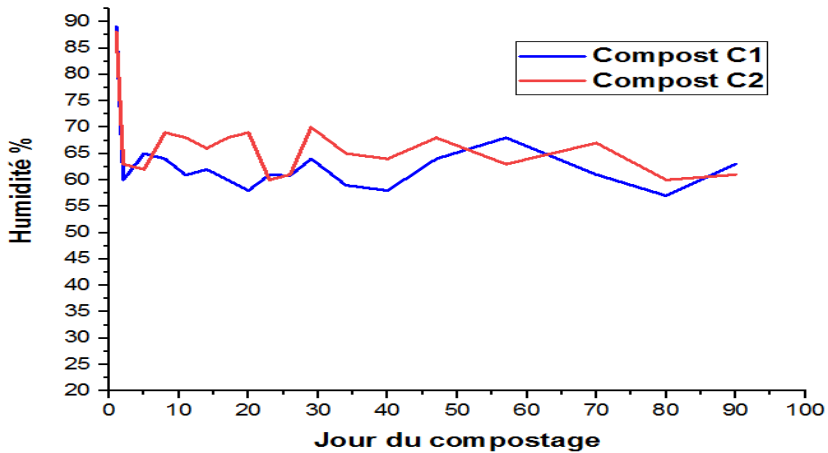


Figure 6 : Evolution de l'humidité dans les composteurs.

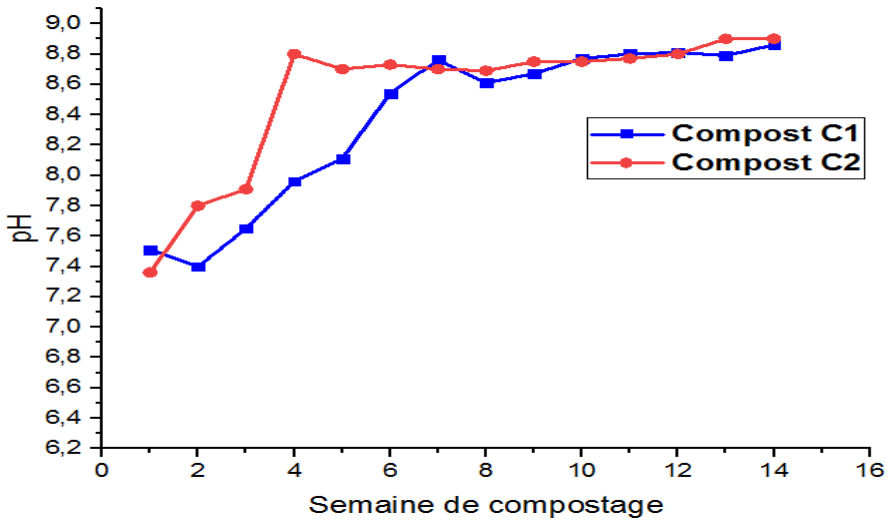


Figure 7 : Evolution du pH au cours de compostage dans les deux types de composteurs.

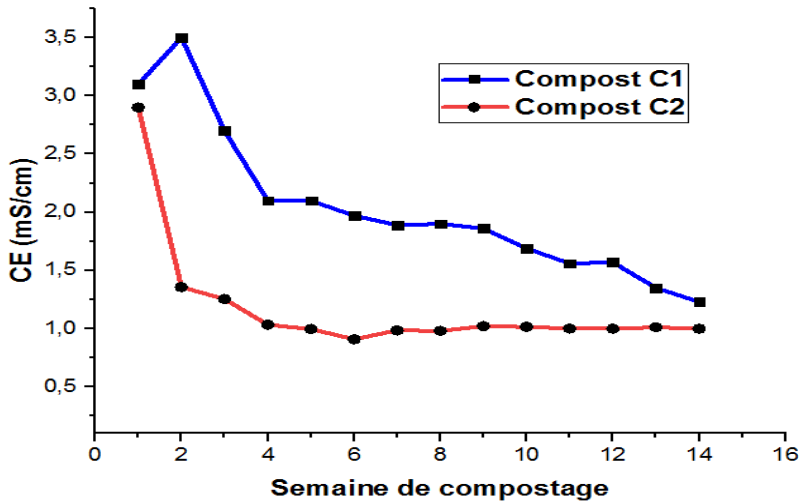


Figure 8: Evolution de la conductivité Electrique au cours de compostage dans les deux types de digesteurs (composteur en fosse et composteur CAGC).

Tableau 1 : Composition chimique du compost en fin du compostage.

Type de Compost	C1	C2	P-value
Température	29,80 ± 1,014 ^a	31,40 ± 0,458 ^a	0,067
Humidité	63,00 ± 1,85 ^a	70,00 ± 1,85 ^a	0,055
pH	8,60 ± 0,17 ^a	8,70 ± 0,20 ^a	0,548
MO	15,43 ± 2,22 ^a	15,03 ± 2,31 ^a	0,843
N	0,60 ± 0,087 ^a	0,65 ± 0,095 ^a	0,539

C.org	$8,95 \pm 1,29^a$	$8,72 \pm 1,34^a$	0,841
C/N	$15,14 \pm 3,28^a$	$13,67 \pm 3,41^a$	0,620
P	$0,75 \pm 0,22^a$	$0,80 \pm 0,20^a$	0,793
K	$0,79 \pm 0,185^a$	$0,88 \pm 0,183^a$	0,582
Ca	$3,01 \pm 0,57^a$	$3,58 \pm 0,71^a$	0,372
Mg	$0,61 \pm 0,11^a$	$0,68 \pm 0,08^a$	0,448

M.O : Matière organique ; C.org : Carbone organique ; N : Azote ; P : Phosphore ; K : potassium ; Ca : Calcium ; Mg : Magnésium et C/N : Carbone/Azote.

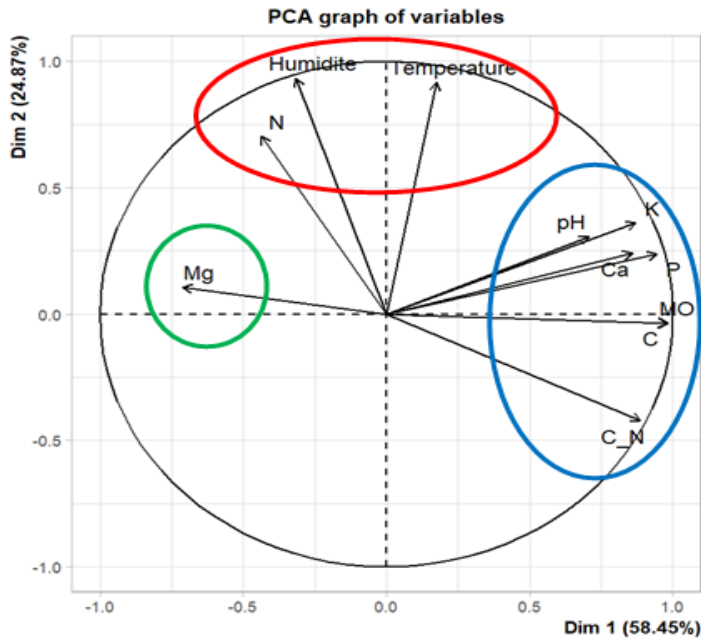


Figure 9 : Représentation graphique de la projection des paramètres physico-chimique des variables dans le même plan F1 x F2 de l’A.C.P.

DISCUSSION

Les composts obtenus (C1 et C2) dans cette étude présentaient un maximum de particules dont la taille était inférieure ou égale à 2 mm. C’était la proportion la plus importante avec un taux de 65% pour le C1 et 70% pour le C2. A l’état mûr un compost possédait une grande proportion de particules très fines, donc sa texture se rapprochait de celle d’un sol. Ceci s’explique d’une part du résultat de l’activité des microorganismes sur le substrat et d’autre part dans certains cas par les interventions mécaniques telles que les retournements. Ce résultat est en adéquation avec ceux de plusieurs auteurs comme Chen, (1999) ; Charnay (2005) ; Biekre et al.(2018).

La variation de la température est une identité remarquable au cours du compostage. Après la phase mésophile réduite (environ 5 premiers jours dans le composteur C1 et 3 premiers jours dans le composteur C2), la température des tas augmentait vers une valeur très significative pour les types de composts, due à l’oxydation de la matière organique biodégradable. Cette décomposition de la matière organique permettait de libérer de l’énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives. Nos résultats sont en accord avec ceux de Misra et al. (2005) ; Biekre et al. (2018), qui ont notifié que pour les composts à base de fumier de bovin, la phase mésophile durait environ 4 jours et les

températures de la phase thermophile étaient inférieures à 59°C qui s'étalait sur une semaine. Cette chaleur générée permettait d'assainir les tas de composts en éliminant les micro-organismes pathogènes. La phase de refroidissement ainsi que celle de maturation s'installaient rapidement à partir du 50^e jour pour le C1 et 30^e jour pour le C2. Cet état de fait pourrait s'expliquer d'une part par le retour des microorganismes mésophiles et d'autre part par le fait que les déjections de bovin ont déjà subies une décomposition partielle chez l'animal au cours du processus de digestion (Biekre et al., 2018 ; Gnimassoun et al., 2020).

L'oxydation de la matière organique pendant le processus de compostage libérait une forte énergie sous forme de chaleur et de vapeur d'eau, qui avait pour conséquence une diminution de la teneur en eau du tas, favorisant ainsi l'activité microbienne. Ceci est en accord avec les résultats de recherche de Misra et al. (2005) ; Gnimassoun et al. (2020) qui affirmaient qu'un processus normal de compostage était celui dont l'optimum d'humidité était au tour de 40 à 60%.

Au début du processus de compostage le pH était légèrement basique pour s'agissant du C1 et C2, ce qui était dû à la composition du substrat du départ, ensuite la dégradation des substances azotées comme les acides aminés d'une part et des acides organiques d'autre part car des bactéries auraient tendance à alcaliniser le milieu suite à la production de l'ammoniac pendant la phase de maturation (Tang et al., 2004 ; Mériçout, 2006). D'après Biekre et al. (2018), l'obtention d'un pH basique en fin de compostage serait un bon indicateur du bon déroulement du processus et caractérisait un compost mature. Cette étude corrobore les travaux de Albrecht (2007) , qui soulignait que le pH d'un compost mûr varie entre 7 et 9. Mais pour Kerkeni (2008), la mesure du pH n'exprimait pas très précisément la maturité d'un compost.

La conductivité électrique traduit le degré de salinité et la phyto-toxicité du compost produit. Une forte teneur pouvait inhiber la germination des plantes. L'effet de la minéralisation de la matière organique pendant le compostage conduisait à la libéralisation des sels comme les phosphates et les ions ammonium dans le milieu (Larbi, 2006 ; Gómez-Brandón et al., 2008). La diminution de

la CE à la fin du processus (C1 et C2) pourrait s'expliquer par la volatilisation de l'ammoniac et la précipitation des sels minéraux (Wong et al., 1995). Nos résultats issus de cette étude sont comparables à ceux de Francou (2003). Mais d'autres auteurs (Sæbø et Ferrini, 2006) estimaient qu'un compost dont la conductivité était comprise entre 2 à 3 mS/cm était acceptable pour les cultures. La différence des résultats entre les auteurs pourrait s'expliquer par le fait que la conductivité électrique est très sensible au rapport d'extraction et surtout à la température d'extraction (Francou, 2003). Aussi selon d'autres résultats (Chen, 1999), un compost de faible Conductivité pouvait être utilisé directement aux plantes.

Au cours de la dégradation du substrat la teneur en matière organique était minéralisée, ce qui entraînait sa diminution progressive. Environ 20 à 40% de la teneur initiale étaient perdus à travers la décomposition par les microorganismes pour assurer le métabolisme cellulaire (M'sadak et al., 2013 ; Chennaoui et al., 2016). Il était rapporté par M'sadak et al. (2013) qu'un compost mûr devrait avoir une teneur en matière organique inférieure à 50%. Selon les recommandations de Misra et al. (2005), la valeur de la matière organique pour un compost mur, se situait entre 10 et 30%. En fin, ces faibles teneurs en matières organiques dans les composts obtenus indiquaient que les intrants sont moins riches en composés ligneux et aussi le fumier utilisé contenait une quantité de sable (Larbi, 2006).

La teneur en carbone organique des produits que nous avons obtenu était légèrement comparable à celles obtenues au cours d'autres travaux (Larbi, 2006 ; Upite et al., 2019). Toutefois elle restait faible par rapport aux résultats publiés par d'autres auteurs (Chennaoui et al., 2016; Laouar et al., 2020). La teneur en carbone organique était plus importante pour le compost C1 que pour le compost C2. Ceci était en relation avec les conditions d'incubations au cours du compostage (l'aération en occurrence). En effet, la circulation de l'air dans le composteur C2 était continue dans tout le compartiment, accélérant ainsi la décarboxylation de la matière organique au cours du temps, tandis que dans le composteur C1, l'aération n'était

complète qu'au cours des opérations de retournements.

L'azote, un élément indispensable pour la décomposition de la matière carbonée. Sa quantité devrait diminuer au cours du processus. D'après les prescriptions de normes internationales, la teneur en azote devrait être comprise entre 0,4 – 0,5% (Misra et al., 2005) et > 0,25% (AFNOR, 2006). Nos résultats sont en accord avec ceux de certains travaux de la littérature (Konate et al. 2018 ; Upite et al., 2019) mais légèrement supérieurs à ceux des normes ci-dessus. La teneur en azote du C2 étant supérieure à celle du C1, cette différence de valeur serait probablement liée à la durée d'incubation des substrats à composter. Plus le temps de décomposition de la matière organique est long plus, la quantité d'azote contenue les matières fermentescibles diminuait par volatilisation. Ceci confirmait les argumentaires de Weill et Duval (2009) ; GAB 44 (2015). Pour ces auteurs, les pertes en azote au cours de compostage augmentaient considérablement avec la durée ainsi que la fréquence de retournement.

Plusieurs auteurs ont fréquemment utilisé le rapport C/N pour évaluer le processus de minéralisation de la matière organique et comme indicateur de maturité de compost (Charnay, 2005; Misra et al., 2005 ; Larbi, 2006 ; M'sadak et al., 2013). Au cours du processus de compostage la variation du rapport C/N dépendait du type de matériaux et de conditionnement des microorganismes. Il ressort de plusieurs travaux (Charnay, 2005 ; Albrecht, 2007 ; Konate et al., 2018 ; Garba et al., 2022 ; Magnoudéwa et al., 2022) qu'un compost mûr serait caractérisé par un rapport C/N compris entre 10 et 15. Mais il était rapporté par Konate et al. (2018) que selon la norme AFNOR (2006) ce rapport est situé entre 15 et 20. A la lumière de ce qui précédait, nos composts pouvaient être utilisés pour fertiliser des terres agricoles.

Les composts produits (C1 et C2) présentaient des faibles teneurs en phosphore comparés aux travaux publiés par Upite et al. (2019) ; Traore et al. (2021) respectivement 39,50% et 1,6743% malgré qu'elles étaient comprises dans la gamme recommandée par les normes internationales (Misra et al., 2005) et AFNOR (2006) (< 3%). Ces teneurs en phosphore de ces composts élaborés au cours

de notre étude seraient dues à la nature du substrat organique utilisé. Par ailleurs, des résultats similaires ont été obtenus par Mulaji (2011) au Kinshasa en République Démocratique du Congo et aussi au Togo par Etsè et al. (2014). Ces auteurs ont produit des composts issus respectivement des bio-déchets ménagers et des déchets urbains.

Les teneurs en potassium des composts produits étaient inférieures à 1%, selon Leclerc (2001) ; Gobat et al. (2003), la teneur en cet élément fertilisant majeur devrait être comprise entre 0,6-1,8%. Pour ces auteurs, ce taux était relativement dépendant de la matière première du départ. Nos résultats sont comparables à ceux de Mulaji (2011) ; Upite et al. (2019), mais inférieurs à ceux de Nassy et al. (2020) (2,01%). Les teneurs en phosphore et potassium du C2 étaient supérieures à celles du C1, cela serait dû par une forte diminution de la matière organique au cours du compostage, entraînant ainsi une augmentation des teneurs en matières minérales non volatiles (P et K) (Paillat et al., 2005).

Les teneurs en Calcium et Magnésium des composts étudiés étaient légèrement comparables à celles obtenues par Mulaji (2011) par Mulaji (2011). Au regard des valeurs guides de ADAS Consulting Ltd. (2005), les teneurs étaient nettement différentes. Cependant les teneurs en Calcium étaient largement supérieures à celle proposée par ces auteurs (0.3%), tandis que les teneurs en magnésium étaient très faibles au regard de ces valeurs guides (3%). Pour Mulaji (2011), ces valeurs sont acceptables au vu des valeurs seuils proposées par Leclerc (2001) ; Gobat et al. (2003) (3-12% pour le calcium et 0,7-3,0% pour le magnésium). La faible teneur en magnésium pourrait être liée à la composition des matériaux utilisés en particulier le fumier ou par un lessivage au cours du compostage.

Conclusion

La technique utilisée (composteur C2) pour cette étude a permis de produire en quantité et en qualité un compost en un temps réduit d'un mois, contrairement aux méthodes habituelles qui duraient plusieurs mois, voire 3 mois et plus dans certains cas. Le compost C2 obtenu était riche en éléments fertilisants avec un bon rapport C/N et qui pourrait être utilisé pour rétablir la fertilité des sols. En

perspectives, afin d'apprécier au mieux les qualités agronomiques de notre compost des essais agronomiques seront effectués sur des cultures maraîchères et/ou champêtres. Nos résultats offrent ainsi des nouveaux outils écologiques, alternatifs et innovants de restauration des terres afin de soutenir une agriculture durable et rentable au Niger.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Conception de l'étude : IAM et AZ ; Techniques : IAM, et YBH, Premier draft : Manuscrit : IAM ; Correction du document : AZ, YBH et TMM. Tous les auteurs ont lu et approuvé la dernière version du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Dr ADAMOUBRAHIM Mahamane Laouali, Biostatisticien à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey qui nous a aidé dans les traitements des données statistiques, à Abdoul-Aziz MAIGA, doctorant à l'Université Joseph KI-ZERBO de Ouagadougou (Burkina Faso), à Dr IRO Souleymane de Centre de Recherche Médicale et Sanitaire (CERMES), au centre d'innovation et technologie (INOVATECH), et enfin à l'ENABEL-Niger pour leur soutien technique et financier pour la réalisation de ce travail.

REFERENCES

Abdoul-Habou Z, Boubacar MK, Adam T. 2016. Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 1262-1272. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28>

ADAS Consulting Ltd. 2005. Assessment of Options and Requirements for Stability and Maturity Testing of Composts. The Waste and Resources Action Programme The Old Academy, 21 Horsefair, Banbury, Oxon OX16 0AH, p.104

AFNOR. 2006. Amendements organiques, dénominations, spécifications et marquages. NFU 44-051, Paris, p.17

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, p. 189.

Atidegla SC, Bonou W, Agbossou EK. 2017. Relations entre perceptions des producteurs et surfertilisation en maraichage urbain et péri urbain au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(5): 2106–2118. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.14>

Bationo A, Buerkert A. 2001. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudan-Sahelian West Africa, in: Martius, C., Tiessen, H., Vlek, P.L.G. (Eds.), *Managing Organic Matter in Tropical Soils: Scope and Limitations. Springer Netherlands*, **61**: 131–142. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-2172-1_13

Biekre AHT, Tie BT, Dogbo DO. 2018. Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1): 596–609. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.45>

CAREPS, ADEME. 2002. Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets. Rapport n° 317, p.220.

Charnay F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement. Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, p.277.

Chen J. 1999. Characteristic and applications of domestic animal wastes. In *Animal Waste Products Quality and Treatment Alternatives Manual*, Soil Survey and Testing Center. National Chung Hsing University, Taiwan ; 15-22.

Chennaoui M, Salama Y, Makan A, Mountadar M. 2016. Valorisation Agricole D'un Compost Produit À Partir Du Compostage En Cuve Des Déchets Municipaux. *Eur. Sci. J.*, **12**(35): 247. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n35p247>

- Etsè A, Sanonka T, Kokou S, Magnoudéwa B B, Kokou D, Koffi K A, Gado T, Gnon B. 2014. Etude de la disponibilité du phosphore assimilable des composts des déchets urbains dans deux sols différents. *European Scientific Journal*, **10**(6) : 156-167. DOI: <https://doi.org/10.19044/ESJ.2014.V10N6P>
- 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, Institut national agronomique, Paris- Grignon, p. 289.
- GAB 44. 2015. Améliorer la fertilisation organique et la durabilité des exploitations bio. GAB 44, p. 23.
- Garba O, Zanguina A, Tchicama M, Saidou I, Kiari SA. 2022. Etude de l'efficacité agronomique de composts de déchets de récolte sur deux cultures maraichères : la tomate et la laitue. *IOSR J. Appl. Chem.*, **15**(8) : 68–77. DOI: <https://doi.org/10.9790/5736-1508016877>
- Gnimassoun EGK, Ettien JBD, Masse D. 2020. Caractérisation des propriétés physico-chimiques et chimiques d'un compost issu d'un mélange de rafles de palmier et de fientes de volaille au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(1): 289–305. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.24>
- Gobat JM, Aragno M, Matthey M. 2003. *Le sol vivant*. Bases de pédologie- Biologie des sols. (2e éd.) Revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes : Lausanne, Suisse.
- Gómez-Brandón M, Lazcano C, Domínguez J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, **70**(3): 436–444. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.065>
- Gomgnimbou APK, Bandaogo AA, Coulibaly K, Sanon A, Ouattara S, Nacro HB. 2019. Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs (*Zeamays L.*) et les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(4): 2041-2052. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i4.1>
- Kerkeni A. 2008. Contribution à la valorisation des composts et des jus de composts : Incidence sur la fertilisation et la protection phytosanitaire de quelques espèces légumières. Thèse Agriculture Durable pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Tunisie, p.158.
- Kjeldahl J. 1883. New Method for the Determination of Nitrogen. *Chem. News.*, **48** (1240) : 101–102.
- Konate Z, Abobi HDA, Soko FD, Yao-Kouame A. 2018. Effets de la fertilisation des sols à l'aide des déchets ménagers solides compostés dans les décharges sur le rendement et la qualité chimique de la laitue (*Lactuca sativa L.*). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(4) : 1611–1625. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.9>
- Laouar F, Halilat MT, Oustani M, Benbrahim F, Aidoud A, Guessoum H. 2020. Evolution of the physical and physico-chemical parameters of compost resulting from a mixture of oasis waste and poultry manure. *J. Fundam. Appl. Sci.*, **12**(3): 1436–1451. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i3.28>
- 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, Neuchâtel, p.161.
- Leclerc I. 2001. *Guide des Matières Organiques* (2e éd., Tome 1). ITAB: Paris.
- 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>
- Magnoudéwa BB, Mèhèssa KSA, Lankondjoa K, Dihéénane BD. 2022. Stabilization of Spent Grains by Composting: Case of the BB Brewery in Lomé (Togo). *Am. J. Anal. Chem.*, **13**(5) : 175–185. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajac.2022.135012>

- Mérigout P. 2006. Etude du métabolisme de la plante en réponse à l'apport de différents fertilisants et adjuvants culturaux. Influence des phytohormones sur le métabolisme azoté. Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, p. 110.
- Misra RV, Roy NR, Hiraoka H. 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Cahiers techniques de la FAO, documents de travail sur les terres et les eaux, p. 48.
- Mulaji KC. 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, p. 220.
- Nassy MLM, Hauser S, Egwekhide M, Batawila K, Kulakow P, Abberton M. 2020. Leaf and roots yields responses of three improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties to organomineral fertilizers and leaf harvest in the South-West Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14**(4): 1432-1447. DOI: 10.4314/ijbcs.v14i4.21.
- Paillat JM, Robin P, Hassouna M, Leterme P. 2005. Effet du compostage d'effluents porcins sur les émissions gazeuses et les teneurs en éléments polluants. Rapport final, Porcherie Verte, p. 106.
- RGPH. 2012. Rapport sur l'évaluation de la qualité des données. Recensement général de la population et de l'habitat. Institut National de la Statistique, Niger, p.100.
- Sæbø A, Ferrini F. 2006. The use of compost in urban green areas – A review for practical application. *Urban For. Urban Green.*, **4**(3): 159–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.003>
- Tang JC, Kanamori T, Inoue Y, Yasuta T, Yoshida S, Katayama A. 2004. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by the quinone profile method. *Process Biochem.*, **39**(12): 1999–2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2003.09.029>
- Traore A, Yameogo LP, Olivier Djindiere KT, Bazongo P, Traore O. 2021. Effets comparés du tourteau de neem [*Azadirachta indica* (A. Juss)] et du compost sur le rendement du sorgho [*Sorghum bicolor* (L. Moench)] en zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *J. Appl. Biosci.*, **163**: 16834–16845. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.163.3>
- Upite JT, Misonga AK, Lenge EKM, Kimuni LN. 2019. Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières: cas de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(7): 3411-3428. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.35>
- Useni SY, Baboy LL, Kanyenga LA, Assani BL, Mbuyi KM, Kasanda MN, Mbayo Kyongo LJ, Mpundu MM, Nyembo KL. 2014. Problématique de la valorisation agricole des biodéchets dans la ville de Lubumbashi : identification des acteurs, pratiques et caractérisation des déchets utilisés en maraîchage. *J. Appl. Biosci.*, **76**: 6326-6337. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v76i1.5>
- Weill A, Duval J. 2009. Les amendements organiques, fumiers et composts. In : Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée ; Module 7 : Amendement et fertilisation. Équiterre , 1-19.
- Wong JWC, Li SWY, Wong MH. 1995. Coal fly ash as a composting material for sewage sludge: effects on microbial activities. *Environ Technol.*, **16**(6): 527–537. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593331608616294>
- Zakari AH, Mahamadou B, Adam T. 2016. Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 1262-1272. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28>