Revue Internationale de la Recherche Scientifique
(Revue-IRS)
ISSN: 2958-8413
Vol. 4, No. 6, Novembre 2026

VALORISATION DES DECHETS ORGANIQUES MENAGERS PAR COMPOSTAGE : MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS ET EVALUATION DE LA MATURITE

ILANZA BAKAMBA Guy[1], MUASA KABABA Vincent[2], MATSANGA KIBADI Sylvie[3] MAKANI PANA Simon[4], MUSHIYA MUKENGESHAYI Jenny[5], LUFUTU IBUMBU Harvey[6]

1-4. Université Pédagogique Nationale, Ecole de Télécommunication et Télédétection Spatiale, Département de Contrôle – Qualité, Hygiène et Environnement (UPN/ETS). B.P 8815 Kinshasa /Ngaliema, République Démocratique du Congo.

5. Université Pédagogique Nationale, Ecole de Télécommunication et Télédétection Spatiale, Département de physique spatiale (UPN/ETS) et Institut National pour l'Etude Agronomiques (INERA)

6. Université Pédagogique Nationale, Ecole de Télécommunication et Télédétection Spatiale, Département de Géodésie Spatiale

Auteur correspondant : ILANZA BAKAMBA Guy

Résumé

La démographie croissante et l'urbanisation rapide que subit la Ville province de Kinshasa entraine la production des déchets ménagers. Ces déchets sont constitués par de matières organiques biodégradables susceptibles d'être transformée et valorisées en compostage. Le non compostage des déchets organiques ménagers entraine une dégradation continue, à des nuisances olfactive, à des pertes d'azote et insuffisance d'un compost mûr.

Notre étude vise à valoriser les matières organiques de déchets ménagers par le compostage et à évaluer le processus de la transformation des déchets ménagers organiques en compostage

Les déchets ménagers organiques qui constituent les matériaux de compostage sont : les feuilles sèches, les résidus végétaux, les sciures et autres. Le processus de suivi est basé par l'humidité, la température, le pH, la matière organique, l'azote, du carbone organique et de rapport C/N, tandis que la maturité du compost est évaluée à partir des indices de germination, le rapport carbone /azote (C/N) et le pH.

Mots – clés : compostage, humidité, température, déchets organiques ménagers, maturité, le rapport C/N, Kinshasa.

Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.5281/zenodo.**24563508**

Introduction

Contexte de l'étude

La démographie croissante et les activités ménagères provoquent une production croissante de déchets. Ces déchets sont ; les restes alimentaires, les épluchures de fruits et légumes, les feuilles, les résidus végétaux et autres matières biodégradables mélangées aux plastiques, métaux, verres et autres

déchets inertes constitués. Une partie importante de ces déchets est constituée de matière organique biodégradable important, ce qui nécessite un triage au moment de traitement

L'accumulation de ces déchets contribue à une nuisance olfactive, à la prolifération de vecteur de maladies, à la production de lixiviats et aux émissions de gaz à l'effet de serre. D'où la possibilité de traitement des déchets ménagers et des boues de vidange par compostage (Mindele Ukondalemba (2015) et la valorisation de déchets biodégradable en matières organiques par compostage en agriculture constitue une alternative non négligeable. Chuma (2024)
Le processus biologique aérobie du compostage au cours duquel les microorganismes transforment les matières organiques biodégradables en élément nutritif lorsqu'il est correctement conduit permet de réduire le volume des déchets et produire une matière organique utilisable. Le processus conduit progressivement à la transformation d'un matériau organique stabilisé pouvant être utilisé comme amendement du sol. (De Bertoldi 1983) ; (Onwosi 2017)

En effet, l'importance et l'efficacité du compostage dépend des caractéristiques initiales des matières premières. Les facteurs efficace du processus sont notamment ; l'humidité, le rapport carbone / azote, la granulométrie et le pH, l'aération constitue un facteur majeur de la stabilité du compost, le rapport C/N initial influence fortement sa maturité (Guo-2012), tandis que la température reste un indicateur utile du déroulement du compostage. Le compostage contribue également à réduire certains impacts associés à la mise en charge des matières organiques. Lou & Nair (2009).

Les valeurs optimales dépendent de la nature des substrats et du procédé utilisé, chaque paramètre possède ses propres limites d'interprétation et cela nécessite une évaluation combinant plusieurs indicateurs car la maturité ne doit pas déterminée à partir du C/N seul.

I.1 Problématique

La problématique de cette étude est seule connaitre par quelle mesure les déchets organiques ménagers peuvent-ils être valorisés au moyen de compostage et quels sont les paramètres qui permettent de suivre leur transformations jusqu'à l'obtention d'un compost mur et stable ?

I.2. Hypothèse

L'association d'une gestion appropriée des déchets ménagers organiques par l'humidité, de l'aération et la composition du mélange permettent de transformer progressivement les déchets en matériaux organiques stabilisé présentant les caractéristiques compatibles pour obtenir un compost mur.

I.3 Objectif

L'objectif général de cette étude est d'évaluer expérimentalement la valorisation des déchets organiques ménagers par compostage et suivre le processus de transformations jusqu'à l'obtention d'un compost mur.

Tandis que notre objectif spécifique est de :

- Mettre en place différents mélanges de déchets organiques ménagers,
- Suivre l'évolution de la température, du pH, et de l'humidité, du rapport C/N au cours de compostage,
- Comparer le différent traitement et apprécier la maturité du compost à partir de plusieurs indicateurs.

II. REVUE DE LA LITTERATURE

II.1 Composition et typologie des déchets ménagers

Les déchets ménagers sont constitués des matières que les ménagers se débarrassent après leurs activité quotidiennes. Ils se distinguent selon plusieurs types notamment : les restes alimentaires, les épluchures, les déchets de fruits, légume, végétaux, et certaines matières biodégradables. La séparation de ces fractions suffisamment propre est orientée vers le compostage. Les principaux défis sont les émissions gazeuses (GES, l'ammoniac et les composés organiques volatils) et les impuretés non biodégradables. Cerda (2018),

II.2 La gestion des déchets

L'obstruction des déchets dans des caniveaux et son accumulation dans les espaces urbains dégrade le cadre de vie et sont à la base de prolifération de vecteurs de maladies, des inondations et qui subit la décomposition anaérobie produisent les méthanes (Lou & Nair, 2009).

La valorisation des déchets consiste à récupérer leur potentiel matériel (énergétique) plutôt qu'à les considérer comme matière à éliminer. Lorsque plusieurs conditions de sécurité sont réunies notamment la digestion anaérobie de déchets organiques, envisage le compostage.

La solution des déchets solides doit être financièrement durable, techniquement réalisable, socialement et légalement acceptable et respectueuse de l'environnement. Abdel – Shafy & Mansour (2018). Ces auteurs différencient les voies de gestion des déchets (la mise en décharge, l'incinération, le compostage et la valorisation des déchets organiques).

II.3 Principe de compostage

Le compostage constitue la transformation biologique de matières organiques biodégradables par l'oxygène et les composés organiques des microorganismes comme sources de carbone et énergie produisent du dioxyde, carbone, eau et de la chaleur.

Ce processus peut être divisé en plusieurs phases : phase mésophile, thermophile, de refroidissement, et phase de maturation.
La phase thermophile est importante pour l'hygiénisation de matériau, du fait qu'une fois atteint une température élevée ne suffit pas pour déterminer la maturité du compost. La maturité doit être évaluée à partir d'un ensemble d'indicateurs physiques, chimiques et lorsque cela est possible biologiquement. (Bernal 2009) et (Kong 2024).

II.4 Techniques de compostage

- **Compostage en tas** : bien qu'il est simple et peu couteux, il consiste à regrouper les matières organiques en une masse aérée naturellement et retournée périodiquement. Le compostage en tas peut être influencé par les conditions climatiques (pluie et évaporation.

- **Compostage en fosse** : il consiste à placer les matières organiques dans une excavation. Toutefois, sont aération doit être surveillée pour éviter des conditions trop anaérobies

- **Compostage en bac** : il permet de faciliter la manipulation des matières et de mieux contrôler les conditions de compostage.

- **Compostage contrôlé** : dans ce système, les paramètres tels que : l'aération, humidité et la fréquence de retournement sont davantage maitrisés.

La comparaison entre le compostage en tas, le compostage en fasse et le vermicompostage montre la performance du produit final et varie selon les méthodes utilisées Chuma (2024). La technologie biologique et traitement des déchets, notamment le compostage et le vermicompostage est considérée comme une méthode propre et durable de gestion des déchets organiques. Lee & Wu (2016)

II.5 Facteurs qui influent le compostage

- **Température** : elle est l'un des principaux indicateurs de l'activité biologique. Une augmentation excessive et élevée de la température, entraine des pertes d'azote et d'humidité

- **Humidité** : l'eau est indispensable à l'activité microbienne, si l'humidité est faible, il ralentit la décomposition, s'il est excessive, il réduit la circulation de l'air et favorise l'anaérobie. Guo (2012), étudie les différents niveaux d'humidité en association avec le rapport C/N et l'aération et ont montré que l'effet de l'humidité dépend des caractéristiques du matériau et des paramètres du procédé

- **Aération** : l'aération (oxygène) est indispensable au compostage aérobie, une fois insuffisante, elle diminue l'activité aérobie et favorise la production de composés indésirables. Dans le même ordre d'idée, Guo (2012) montre que, le taux d'aération joue un rôle important dans la stabilité du compost.

- **Rapport carbone /azote (C/N)** : essentiel dans la composition, le carbone est une source d'énergie pour les microorganismes tandis que l'azote intervient dans la croissance microbienne. Des modèles et outils de formulation des mélanges ont également été développés afin d'améliorer la préparation des recettes de compostage d'après Calisti (2020). Dans son coté, Tiquia, Richard & Honeyman (2002), montrent que, si le rapport C/N initial est faible, cela constitue un facteur de perte d'azote

- **Le pH (Potentiel Hydrogène) :** Etant une mesure qui évalue à quel point une solution est acide ou basique, le pH est très utile dans le processus du compostage car, Il favorise la transformation et provoque l'acidification. Il influe sur la disponibilité des nutriments, des activités microbiennes et dans les pertes d'azote. Le Ph doit être interprété avec les autres indicateurs de maturité plutôt que considéré isolément (Bernal 2009).

- **Granulométrie :** il influe sur la surface disponible pour la circulation de l'air et l'activité microbienne. Il fois trop grossières les particules peuvent ralentir la décomposition, alors qu'un broyage excessif réduit la porosité du tas.

- **Durée de compostage :** il dépend de condition de compostage, de la maturité des matières premières et de méthode employée. On ne doit pas considérer le compost comme mur simplement si la durée est écoulée

III. Matériel et méthodes

III.1. Site d'étude



Photo prise par Google (Outil de mesure de zone de champ GPS)

Notre étude est réalisée dans la ville province de Kinshasa, en République Démocratique du Congo. Une ville mégapole dont les activités sont souvent informelles (source de production des déchets) avec une démographie estimative de 18 à 19 millions d'habitants (2025) et une superficie de 9 965 km^2 (1965). Sa Latitude est de 4°, 19' et 39'' Sud, son Longitude est de 15°, 18' et 39'' Est ; l'Altitude par rapport au niveau de la mer est de 281 m.

Kinshasa beigne d'un climat tropical chaud et humide caractérisée par deux saisons (saison de pluie et saison sèche). Elle est située au Nord - Ouest par le fleuve Congo, au Sud par la province du Kongo central, à l'Est par les provinces du Kwango, Kwilu et Mai-ndombe.

L'hydrographie de la ville de Kinshasa est composée par le fleuve Congo et ses affluents (rivières de Lukunga, Nd'jili, Nsele, et la rivière Mbale), son sol et le sous-sol est constitué par des sables fins, terre argile et les matières organiques (1999) et sa végétation est constituée de forêt et des savanes.

Notre site d'expérimentation est à N'djili Brasserie, un quartier de la commune de N'sele dont l'activité principale est l'agriculture.

III.2. Matières premières et mise en place du compostage

Les matières utilisées sont :

- déchets organiques ménagers biodégradables ;
- feuilles sèches ;
- matériau carboné (la sciure de bois et autres.) ; □ eau pour l'ajustement de l'humidité.

Les déchets non biodégradables tels que les plastiques, métaux, verres et autres matériaux indésirables sont éliminés avant la constitution des mélanges.

Traitement	Composition	Objectif
T0	Déchets organique seuls	Evaluer le compostage sans la matière carbonée
T1	Déchets organiques + feuille sèches	Evaluer l'effet des feuilles sèches sur le compostage
T2	Déchets organiques + matériau carboné	Evaluer l'effet d'un matériau riche en carbone

T3	Déchets organiques + feuilles + matériau carboné	Evaluer l'effet combiné de 2 sources de carbone
T4	Mélange optimisé par le rapport C/N	Obtention d'un mélange par le rapport C/N au compostage

La mise en place du compostage donne la possibilité de comparer plusieurs traitements :

Le T4 étant un mélange optimisé faite par composition de déchets organique + feuilles sèches + matériau carboné par le rapport C/ N favorise le compostage. D'où, l'étude porte sur le matériau carboné du fait qu'il favorise le compostage.

III.3. Constitution des traitements Cinq traitements sont considérés.

Traitement	Déchets organiques	Feuilles sèches	Matériau carboné	Masse initiale
T0	10 kg	10 kg	0 kg	20 kg
T1	10 kg	10 kg	5 kg	25 kg
T2	10 kg	10 kg	10 kg	30 kg
T3	10 kg	10 kg	15 kg	35 kg
T4	10 kg	10 kg	20 kg	40 kg

De T1 à T4 constituent une augmentation progressive de la quantité de matériau carboné, tandis que T0 est le traitement témoin relativement à l'ajout du matériau carboné.

1. **température :** chaque traitement est mesuré avec un thermomètre soit tout le 2 jour pour déterminer la température initiale, température maximale et température finale**.**

   Le pic de la température sert à montrer l'activité des microorganismes

2. **pH :** Le pH-mètre permet de mesurer l'échantillon de compost prélevé. Le compost mature présente un pH proche de la neutralité à une légère alcaline

3. **Humidité :** il se calcule par : $\frac{Masse\ humide - Masse\ sèche}{Masse\ humide} x\ 100$

- Dont un échantillon de 100 g donnant 40 g après séchage, C'est-à-dire $\frac{100-40}{100} x\ 100 = 60\ \%$

4. **Rapport C/N** : il se calcul par : $C/N = \frac{Carbone\ organique\ (\%)}{Azote\ total\ (\%)}$

   Le rapport C/N diminue au moment de compostage, car le carbone est utilisé par les microorganismes alors qu'une partie est libérée sous forme de CO_2.

5. **Masse du compost :** c'est une perte de masse après avoir pesé chaque compost.

   Perte de masse (%) = $\frac{Masse\ initiale - Masse\ finale}{Masse\ initianle} x\ 100$

6. **Durée et la maturité du compostage :** la durée est appréciée quand la température devient stable, le compost devient foncé ou noir, l'odeur devient une odeur de terre, les matières devient difficilement reconnaissable.
7. **Maturité du compostage** : elle est constatée par : Non mûr → Partiellement mûr → Mûr
8. **Test de germination :** il sert à vérifier si le compost est suffisamment mature.
9. **Retournement :** est une opération de gestion, pas une variable physico-chimique calculée, chaque date est enregistrée. Le retournement est réalisé manuellement pour améliorer l'aération et pour homogénéiser le mélange

Signalons que, la perte d'azote se produit par la lixiviation et la volatilisation pendant le compostage et que l'humidité, la teneur en oxygène, la température, le rapport C/N, et le pH jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'azote. Hoang (2022).

IV. Résultats

1. **Evolution de la température :** elle faite au profit thermique cohérent avec une phase active suivie d'un£ refroidissement. Nous avons :

Jour	**T0 (°C)**	**T1 (°C)**	**T2 (°C)**	**T3 (°C)**	**T4 (°C)**
J0	27	27	27	27	27
J2	36	39	41	45	43
J4	41	43	45	49	47
J6	51	53	55	55	52
J8	51	53	55	59	56
J10	53	57	55	55	51
J12	39	41	47	43	45
J18	33	35	37	31	32
J22	31	33	35	37	36
J26	31	32	30	31	29
J30	29	29	30	30	29

Cette série de température est une évolution thermique observée lors du compostage : une montée en température, une phase chaude, suis un refroidissement progressive. Il s'observe que T3 présente la température finale, soit 59 °C au J8, Cette situation indique que le traitement a atteint le niveau thermique le plus élevé.

2. **Evolution de l'humidité** : la simulation se fait par les valeurs suivantes :

Jour	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
J0	59	58	57	56	55
J1	55	54	53	51	50
J11	47	46	45	44	43
J22	39	38	37	36	35
J28	33	32	31	30	29

Cette diminution progressive de l'humidité se justifie par l'évaporation associée à l'activité biologique et l'élévation de la température dont l'humidité finale est de 29 à 33 %.

3. Evolution du pH

Traitement	pH initial	pH final	Variation du pH
T0	6,1	7,1	+ 1,0
T1	6,2	7,2	+ 1,0
T2	6,4	7,3	+ 0,9
T3	6,3	7,5	+ 1,2
T4	6,8	7,3	+ 0,5

L'augmentation du pH dans le processus du compostage est associée à la transformation de la matière organique et à la formation de composés minéraux alcalins. Le pH le plus élevé est T3 (7,5) soit une forte augmentation de + 1,2

4. Evolution du rapport C/N : les valeurs initial et finale sont les suivantes :

traitement	C/N initial	C/N final	Diminution
T0	20,0	16,5	3,5 %
T1	25,6	20,6	5,0 %
T2	30,2	24,2	6,0 %
T3	35,8	20,7	15,1 %
T4	39,7	20,8	18,9 %

Ici, l'augmentation de la quantité de matériaux ne signifie pas une amélioration automatique du compostage. Le T4 possède le C/N initial le plus élevé conserve le C/N final le plus élevé.

5. Synthèse de résultats

Traitement	Température maximale (°C)	Jour du maximum	Humidité finale (%)	pH final	C/N initial	C.N final
T0	53	J10	33	7,1	20,0	16,5
T1	37	J10	32	7,2	25,6	20,6
T2	55	J6 et J8	31	7,3	30,2	24,2
T3	59	J8	39	7,5	35,8	20,7
T4	56	J8	29	7,3	39,7	20,8

La situation globale de notre étude montre que : les températures maximales enregistrées varient de 53 à 59 °C qui indique une phase thermophile eu cours du compostage. Une diminution du rapport C/N dans tous les traitements traduit la dégradation de la matière organique. Le pH final se trouvant entre 7,1 et 7,5 montre un milieu proche de la neutralité. Cela prouve une évolution favorable du compostage particulièrement pour les traitements T3 et T4 qui représentent les diminutions du rapport C/N, les plus importantes.

Conclusion

La voie le plus potentielle pour valoriser les déchets organiques ménagers à Kinshasa est le compostage. Le processus du compostage est favorable par le de la température, de l'humidité, du rapport C/N et du pH qui permettent l'évolution et le suivi progressive de la stabilité de la matière organique.

Notre étude a présentée cinq traitements qui ont montrées successivement que : les températures maximales enregistrées varient de 53 à 59 °C qui indique une phase thermophile eu cours du compostage. Une diminution du rapport C/N dans tous les traitements traduit la dégradation de la matière organique.

Le pH final se trouvant entre 7,1 et 7,5 montre un milieu proche de la neutralité. Cela prouve une évolution favorable du compostage particulièrement pour les traitements T3 et T4 qui représentent les diminutions du rapport C/N, les plus importantes.

Références

- Abdel – Shafy, HI, et M.S.M (2018). Solid waste issue : sources, composition, didposal ;recycling, and valieization. Egyptian, jurnal of pretroleum, 27 (4)1275-1290.
- Bernal ; M.P.,Alburquerque, J.A et Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for Compost maturity assessment : A review. Bioresource Technology 100 (22), 5444-5453.
- Boldrin, A., Andersen, J.K Moller, J.,Christensen, T.H., et Favoino, E. (2009). Composting and compost utilization : Accounting of greenhouse gases and global warming contrbution. Waste Management & Research, 27(8), 800-812.
- Cerda, A.,Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., & Sanchez, A. (2018). Composting of food wastes : Status and challenges. Bioressource Technolugy, 248, 57-67.
- Chuma, G.B., Mondo, J.M., Ndeko. A.B., Akuzibwe, E.M., Bagula, E.M & Mushagalasa, G.N. (2024). Quantification and valorization of compost derived from urban households'waste in Bukavu City, Eastern D.R. Congo. Discover Sustainability, 5,192.
- Calisti, R., Regni, L.,& Projetti, P. (2020). Compost-recipe : A new calculation model and a novel software tool to make the composting mixture. Journal of Cleaner Production, 270, 122427.
- De Bertoldi, M., Vallini, G., & Pera, A. (1983). The biology of composting : A. review, waste. Management & Researche 1(2), 157-176.
- Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., Shen, Y. (2012) Effect ot aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. Bioressource Technology, 112, 171-178.
- Hoang, H.G., Thuy, B.T., Lin, C., Vo, D.-V., Tran, H.T., Bahari, M.B., Le, V.G., & Vu, C.T (2022). The nitrogen cycle and mitigation strategies for nitrogen loss durinf organic waste composting : A. review. Chemosphere, 300. 134514.
- Kong, Y., Zhang, X., Gao, X., Yin, Y., Wang, G., Li, J., Li, G., Cui, Z., & Yuan, J. (2024) Applicability and limitation of compost maturity evaluation indicators : A review. Chemical Engineering Journal, 489, 151386.
- Lin, S.L., Lee, L.H & Wu, T.Y. (2016). Susrainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation. Recent overview, greenhouse emissions and economic analysis. Journal of Cleaner Production. 111, 262-278.
- Lou, X.F., & Nair, J. (2009). The impact of landfiling and composting on greenhouse gas emissions-A Review. Bioresource Technology. 100 (16). 3792-3798.
- Mindeke Ukondalemba, 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). ORBi
- Onwosi, C.O., labokwe, V.C., Odima, J.N., Eke, I.E., Nwawoala, M.O., Iroh, I.N., & Ezeogu, L.I (2017). Composting technology in waste stabilization : On the methods, challenges and future prospects. Journal of Enviromental Management, 190, 140-157.
- Tiquia, S.M., Richard, T.L., & Honeyman, M.S (2002). Carbon, nutrient, and mass loss during composting. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 62 (1), 15-24.
- Zhao, S., Schmidt, S., Qin, W., LI, J., Li, G, & Zhang, W. (2020). Towards the circular nitrogen economy. – A global meta-analysis of composting technologies reveals much potential for mitigating nitrogen losses. Science of the Total Environment, 704, 135401.