

Caractérisation et évolution de vermicompost des déchets ménagers des vers de terre *Eisenia foetida* et *Perionyx escavatus* au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, République Démocratique du Congo

Jean Augustin Kituta RUBABURA^{1*}, Jean Jacques Mashimango BAGALWA²,
Aguirre Cadarso LORENA¹, Clarisse Nyenyezi NGERENGO¹ et Christian Lubaki MASUNGA¹

¹ Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN Lwiro), Département de Biologie,
Laboratoire d'Entomologie Agricole, Sud Kivu, D.S./Bukavu, République Démocratique du Congo

² Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN Lwiro), Département de Biologie,
Laboratoire de Malacologie, Sud Kivu, D.S./Bukavu, République Démocratique du Congo

* Correspondance, courriel : dodorubabura@gmail.com

Résumé

Le travail sur la caractérisation et l'évolution de vermicompost des déchets ménagers des vers de terre *E. foetida* et *P. escavatus* au CRSN/Lwiro, RD. Congo a été réalisé par le screening phytochimique, les méthodes classiques, les analyses qualitatives et volumétriques des substances dans le lixiviat et des sols compostés. Le test des bactéries a été réalisé par le Kit AquaVial™ et T test à l'aide du logiciel *Past*. La température moyenne est de 18 °C et 80 % d'humidité dans le vermicompost. Le pH moyen de compost des vers de terre à la fin du compostage (après 6 mois) est 9. Le compost des vers de terre obtenu contient de l'azote (N), du phosphore (P), du potassium (K), du calcium (Ca) et du magnésium (Mg). Le vermicompostage soi-même est bénéfique pour la terre par la multitude des voies, inclus comme un sol conditionneur, un fertilisant, addition de humus vital ou acides humiques, et comme un pesticide naturel pour le sol. En effet, l'utilisation de vers de terre *E. foetida* et *P. escavatus* pour produire le compost et le lixiviat est une bonne potentielle pour la production de fertilisant organique. Le biofertilisant est une source alternative à accueillir l'élément nutritif demandé des produits et il peut aussi créer une résistance à la plante de l'environnement défavorable. Ce travail ouvre plusieurs orientations des recherches d'intérêt scientifique pour la communauté scientifique.

Mots-clés : *lixiviat, vermicompost, screening phytochimique, R. D. Congo.*

Abstract

Characterization and evolution of vermicompost earthworm *Eisenia foetida* and *Perionyx escavatus* nourish using domestic waste on the Research Centre in Natural Sciences, DR. Congo

The work on the characterization and evolution of household waste vermicompost using earthworms *E. foetida* and *P. escavatus* at CRSN / Lwiro, RD. Congo was carried out using phytochemical screening, classical methods, qualitative and volumetric analyzes of substances in the leachate and composted soils. The bacteria test was performed using the AquaVial™ Kit and T test, the Past software. The temperature in vermicompost was in range of 18 °C and 80 % for humidity. The pH of earthworm compost at the end of composting (after 6 months)

was 9. The earthworm compost substrate contained nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). The vermicompost itself is beneficial for the land in many ways, including as a soil conditioner, a fertilizer, addition of vital humus or humic acids, and as a natural pesticide for soil. Indeed, the use of *E. foetida* and *P. escavatus* worms to produce vermicast and vermivash has good potential for the production of organic fertilizer. Biofertilizer is the alternative source to meet the nutrient requirement of crops and it can also make plant resistant to unfavorable environmental stresses. This work opens several researches topics with benefit scientific to the scientific community.

Keywords : *worm liquid vermivash, worm compost substrate, screening phytochemical, D. R. Congo.*

1. Introduction

L'agriculture intensive et la recherche de nouvelles terres fertiles se traduisent par une pression sur l'écosystème qui après une longue utilisation conduit à la diminution de la fertilité des sols [1]. Cependant, les sols de la plupart des pays d'Afrique connaissent actuellement une faible fertilité et un manque de certains éléments nutritifs ; ce qui a comme conséquence la réduction du rendement et de la productivité des terres [2]. De plus, à ceux-ci s'ajoutent les maladies et les ravageurs des cultures [2]. Le sol est un élément essentiel dans la production agricole. Il supporte les différentes modifications suivant l'objectif de l'agriculteur pour améliorer le rendement des produits agricoles. Cependant, les agriculteurs africains ne peuvent pas facilement avoir les fertilisants commercialisés à cause des moyens financiers moindres [3]. En effet, l'introduction des lombrics contribue au renouvellement du sol. L'importance des vers des terres est connue dans la restitution des éléments fertilisants de sol et sur l'augmentation de la productivité des cultures [4]. Les interactions entre les plantes et les vers de terre, sont également, mentionnées dans la littérature. La méta-analyse produite à la présence de vers de terre est associée en moyenne à une augmentation de 25 % des rendements et pourrait être liée notamment à l'accès facilité à la ressource phosphate [5]. Ils affirment que les vers de terre agissent sur la croissance des plantes principalement en modifiant la disponibilité de l'azote du sol [5, 6]. Les sols typiquement arables contiennent 150 à 350 vers de terre par m² et des populations élevées (> 400 des vers de terre par m²) sont liées aux bénéfices significatifs dans la productivité des plantes [5]. Le vermicompost est un processus éco-biotechnologique qui transforme la riche énergie et le complexe des substances organiques en humus stabilisé semblable au vermicompost produit.

Des recherches précédentes sur l'utilisation de vermicompost dans la stabilité de caféier comme substrat et comme amendement des plantes montre que le vermicompost augmente les nutriments comme azote (N), phosphore (P), magnésium (Mg) et calcium (Ca) en le convertissant dans la forme disponible pour les plantes qui ont un effet positif pour la croissance et la qualité des plantes [7, 8]. Egalement, le jus noir (lixiviat) provenant du vermicompost agit sur la rouille des caféiers et les insectes qui détruisent les cultures des tomates [9]. L'utilisation des vers de terre *Eisenia foetida* (= *Eisenia fetida*) dans le compostage est couramment utilisée dans d'autres pays du monde et donne des bons résultats pour l'amendement des sols [4]. Quelques vers de terre épigés tels que *Lumbricus terrestris*, *Eisenia fetida*, *E. andrei*, *Eudrilus eugeniae* et *Perionyx excavatus* ont été apparus comme les sources clés pour combattre les problèmes de la destruction des déchets organiques [10, 11]. Toutefois, le rendement des déchets en décomposition par *Perionyx excavatus* a été bien documenté dans la littérature [7]. Les vers de terre répertoriés et utilisés en vermiculture sont *Eisenia andrei*, *Perionyx escavatus*, *Eudrilus eugeniae*, *Amyntas corticis*, *Amyntas gracilis*, *Eisenia hortensis* et *Eisenia* (= *Dendrobaena*) *veneta* et *Lampito mauritii* [12, 13]. Malgré les connaissances actuelles où les vers de terre *Eisenia foetida* et *Perionyx escavatus*, la littérature [12, 13] ne révèle pas d'étude effectuée dans la région d'étude à l'Est de RD. Congo et dans la région des pays des grands lacs de l'Afrique centrale sur la caractérisation et l'évolution de vermicompost des déchets ménagers dans le

cadre de bio fertilisant pour amender des sols et bio pesticide pour lutter contre les maladies fongiques ou cryptogamiques des caféiers. Leurs rôles dans l'équilibre du sol restent mal connus dans notre région d'étude à l'Est de RD. Congo. De plus, les sols à usage agricole sont gravement menacés. L'objectif de ce travail est de caractériser le compost et le lixiviat des deux vers de terre *Eisenia foetida* et *Perionyx escavatus* alimentés par les déchets ménagers tout en analysant la qualité, les métabolites secondaires du lixiviat et les nutriments de compost des vers, et en déterminant la quantité du lixiviat, le nombre des bactéries dans le lixiviat.

2. Méthodologie

2-1. Construction ou installation du lombricompostage

Le vermicompost des déchets ménagers et des vers de terre *Eisenia foetida* et *Perionyx escavatus* a été construit au Centre de Recherche en Sciences Naturelles (C.R.S.N) /Lwiro. Le Centre de Recherche en Sciences Naturelles est situé à 40 km au Nord de Bukavu et à 7 km de la bordure occidentale du lac Kivu au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Il est basé à Lwiro à 28°48' de la longitude Est et à 2°15' de la latitude Sud sur une altitude de 1750 m. Le bac d'une longueur de 2,90 m, une largeur de 1,50 m (soit 4,35 m²) et une profondeur de 25 cm a été construit à 1 m du sol. La vermicaisse a été protégée par une ombrière de la toiture au tôle, haut un côté de 2 m et de l'autre de côté de 1,5 m. Comme litière, une masse des feuilles de tournesol sauvage (*Tithonia diversifolia*) a été posée, ensuite couvert par le sol ensuite encore par les feuilles de tournesol sauvage puis recouvert par de l'humus. Ce processus s'est déroulé durant la période allant d'avril à mai 2019. Cette masse de compost (litière et déchets alimentaires) ont fait une profondeur de 10 cm et cette masse est retournées chaque semaine en aspergeant de l'eau pour une bonne décomposition. 580 vers de terre, espèce *Eisenia fetida* ont été placés dans le premier vermicaisse, 160 *Perionyx escavatus* dans le second vermicaisse et 452 dans le troisième vermicaisse le mélange des deux espèces à savoir *Eisenia fetida* et *Perionyx escavatus*. La litière était couverte d'une bâche. Chacune de vermicaisse était répétée une seule fois et les vers de terre y ont été transferts en date du 28 mai 2019.

2-2. Récolte et déterminations des vers de terre

Le laboratoire d'Entomologie Agricole a récolté dans les déchets de brassage de la bière locale de banana (Kasiksi) en décomposition le vers de terre *Eisenia fetida* et *Perionyx excavatus* dans le marais de Lwiro. La loupe et la clé de détermination des vers de terre [14, 15] ont été utilisées pour l'identification des espèces des vers au laboratoire d'Entomologie Agricole.

2-3. Alimentation de vers de terre dans la vermicaisse

Les déchets ménagers pour l'alimentation de vers de terre proviennent du Centre de Réhabilitation des Primates de Lwiro (CRPL). La nourriture est pesée à l'aide d'une balance mécanique avant de l'acheminer vers les vermicaises ou bacs. Ceci se fait pour avoir une quantité équitable à donner aux vers de terre dans chaque bac. Les types d'aliments donnés aux vers de terre sont les feuilles de chou, les épluchés de patate douce et de banane, les pulpes de mangue et d'avocat, et déchets du brassage de la bière locale "kasiksi", les feuilles de tournesol sauvage (*Tithonia diversifolia*), copeau de bois ou cartons et pulvérisation en eau. La quantité de nourriture donnée respectivement dans chacune de litières varie entre 3,6 kg à 21 kg avec une fréquence de 3 jours. Chaque semaine, l'agent technique est chargé de retourner le sol des litières. Pour maintenir l'humidité dans les bacs les bouteilles plastiques sont trouées et remplies d'eau dans les litières et la détermination des paramètres physicochimiques du compost et du lixiviat ont été faite à l'aide de pH mètre, Three-Way Meter et TDS Meter.

2-4. Screening phytochimique du lixiviat

L'identification des familles des substances chimiques contenues dans le lixiviat comme les alcaloïdes, saponines, flavonoïdes, terpènes, stéroïdes, glucosides, caroténoïdes, phénols, quinones, tanins et les lipoides selon les méthodes classiques [16] ont été réalisées.

2-5. Test des bactéries

L'AquaVial™ a été utilisé car c'est un test destiné à un dépistage rapide uniquement. Il est créé pour tester les eaux des puits et les eaux souterraines et se compose de deux tests : AquaVial™ Total Bacteria et AquaVial™ *E. coli*. AquaVial™ Total Bacterial a été utilisé pour détecter les concentrations de bactéries aussi basses que 500 CFU/mL (500 bactéries par mL) en 15 minutes à 35-40 °C (95-104° F) et l'AquaVial™ *E. coli* pour les concentrations d'*E. coli* et de coliforme aussi basses que 1 CFU/mL (1 bactéries par mL) d'*E. coli* et de coliforme en 24 minutes si incubées à 35-40 °C, ou 48 heures à 20-25 °C.

2-6. Analyse du compost des vers de terre des bacs

Le compost a été prélevé à la surface dans les bacs suivant le protocole d'échantillonnage de sol. Les échantillons ont été récoltés dans les quatre coins du bac et mélanger correctement pour faire un échantillon composite. Ce même procédé a été réalisé pour l'échantillon témoin là où le sol a été prélevé pour la préparation des bacs. Les échantillons dans le bac ont été récoltés chaque mois durant 3 mois puis sèche à l'air libre ensuite moulu pour devenir une poudre fine pour l'analyse. L'analyse des paramètres chimiques du sol a été réalisée à l'aide d'un Kit (Hanna soiltest HI 3896). Il consiste à l'analyse qualitative de l'azote, le potassium, phosphore et pH. Tandis que le calcium et le magnésium ont été analysés par la méthode ou le titrage volumétrique. Ces concentrations ont été converties en mg/kg [17].

2-7. Analyse statistique des données

Les données recueillies ont été saisies avec le tableur Excel version 2010 puis traitées à l'aide du logiciel Past. Il a consisté au T test (one sample) pour la comparaison d'un échantillon avec une distribution théorique à l'intervalle de confiance de la moyenne à 95 (95 % conf.) c'est-à-dire que plus le nombre de mesures est grand, plus l'intervalle de confiance de la moyenne se rétrécit, plus la moyenne est plus précise).

3. Résultats

3-1. Quantité de lixiviat

La quantité moyenne du lixiviat récolté la première à la quatrième semaine des différentes vermicailles est présentée dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Quantité moyenne du lixiviat récolté la première à la quatrième semaine des différentes vermicailles

Quantité moyenne du lixiviat récolté par semaine (mL)						
Vermicaisses	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	Moyenne ± SD	t-test
<i>Eisenia foetida</i> + <i>Perionyx escavatus</i>	1700	1450	1650	1700	1625,000 ± 119,023	P = 0.0001082
<i>Perionyx escavatus</i>	1479,5	1800	1550	1550	1594,875 ± 140,730	P = 0.0001888
<i>Eisenia foetida</i>	1750	1550	1600	1750	1662,500 ± 103,078	P = 6.571E-05

La quantité de lixiviat récolté par semaine est élevée dans la vermicaisse d' *Eisenia foetida* (1662,500 mL ± 103,078) comparativement aux vermicaisses du mélange des 2 espèces (1625,000 mL ± 119,023) et de *Perionyx excavatus* (1594,875 mL ± 140,730).

3-2. Température (°C) et de l'humidité (%) des différentes vermicaisses

La variation journalière moyenne de la température et de l'humidité des différentes vermicaisses sont présentées dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Variation journalière moyenne de la température et de l'humidité des différentes vermicaisses

Vermicaisses	Paramètres	Heures			Moyenne ± SD	t-test
		7 à 8	11 à 13	17 à 18		
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	Température (°C)	17,692	19,115	19,163	18,657 ± 0,836	P = 0,0003998
<i>E. foetida</i>		17,389	19,046	19,322	18,586 ± 1,045	P = 0,001322
<i>P. excavatus</i>		17,565	18,847	19,087	18,499 ± 0,818	P = 0,0008189
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	Humidité (%)	80,953	80,422	80,104	80,493 ± 0,429	P = 9,954E-06
<i>E. foetida</i>		82,449	82,023	82,192	82,221 ± 0,214	P = 2,383E-06
<i>P. excavatus</i>		81,229	81,628	80,538	81,132 ± 0,551	P = 1,619E-05

La vermicaisse d'*E. foetida* + *P. excavatus* a une température moyenne de 18,657 °C ± 0,836 comparativement aux vermicaisses d'*E. foetida* (18,586 °C ± 1,045) et de *P. excavatus* (18,499 °C ± 0,818). De même, une différence de moyenne d'humidité s'observe entre les vermicaisses pour *E. foetida* (82,221 % ± 0,214), pour *P. excavatus* (81,132 % ± 0,551) et pour d'*E. foetida* + *P. excavatus* (80,493 % ± 0,429).

3-3. Conductivité électrique (CE/US en µS/cm), du pH de compost et du lixiviat

Le **Tableau 3** présente la variation journalière moyenne de la conductivité électrique et du pH de compost et du lixiviat des différents vermicomposts.

Tableau 3 : Variation journalière de la conductivité électrique, du pH de compost frais et du lixiviat

Vermicaisses	Paramètres	Heures			Moyenne ± SD	t-test
		7 à 8	11 à 13	17 à 18		
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	pH Compost frais	7,149	7,211	7,204	7,188 ± 0,034	P = 1,428E-05
<i>E. foetida</i>		7,137	7,252	7,219	7,203 ± 0,059	P = 4,318E-05
<i>P. excavatus</i>		7,147	7,229	7,163	7,179 ± 0,043	P = 2,347E-05
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	pH Lixiviat	9,946	9,914	9,916	9,925 ± 0,018	P = 1,705E-06
<i>E. foetida</i>		9,979	9,042	9,405	9,475 ± 0,047	P = 0,001329
<i>P. excavatus</i>		9,951	9,954	9,939	9,948 ± 0,008	P = 3,324E-07
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	CE/US Compost frais	2547,367	2603,194	2800,651	2650,404 ± 133,176	P = 0,0008406
<i>E. foetida</i>		2848,798	2911,576	2860,800	2873,725 ± 33,325	P = 4,489E-05
<i>P. excavatus</i>		2535,186	2708,034	2712,316	2651,845 ± 101,053	P = 0,0004844
<i>E. foetida</i> + <i>P. excavatus</i>	CE/US Lixiviat	4168,154	4148,742	3921,448	4079,448 ± 137,176	P = 0,0003771
<i>E. foetida</i>		4438,154	4478,267	3157,492	4024,638 ± 751,238	P = 0,01143
<i>P. excavatus</i>		3684,522	3731,202	3698,082	3704,602 ± 24,013	P = 1,402E-05

Quant au pH compost frais, il est 7 pour toutes les vermicaisses respectivement pour *E. foetida* (7,203 ± 0,059), *E. foetida* + *P. excavatus* (7,188 ± 0,034) et *P. excavatus* (7,179 ± 0,043) tandis qu' il diffère pour le pH

lixiviât entre les vermicaisses de *P. excavatus* ($9,948 \pm 0,008$), de *E. foetida + P. excavatus* ($9,925 \pm 0,018$) et de *E. foetida* ($9,475 \pm 0,047$). En ce qui concerne la conductivité électrique (CE/US) de compost frais diffère entre les vermicaisses pour *E. foetida* ($2873,725 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 33,325$), pour *P. excavatus* ($2651,845 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 101,053$) et *E. foetida + P. excavatus* ($2650,404 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 133,176$) tandis qu'aussi, la conductivité électrique (CE/US) de lixiviat diffère entre les vermicaisses pour *E. foetida + P. excavatus* ($4079,448 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 137,176$), pour *E. foetida* ($4024,638 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 751,238$), pour *P. excavatus* ($3704,602 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 24,013$).

3-4. Processus de l'évolution de la qualité du lixiviat de vermicompost du 1^{er} et 14^{ème} jour

3-4-1. Analyse des paramètres (pH, EC et TDS) du lixiviat

Les résultats de l'analyse des paramètres (pH, EC et TDS) du lixiviat le 1^{er} et le 14^{ème} jour sont présentés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Analyse des paramètres (pH, EC et TDS) du lixiviat le 1^{er} et le 14^{ème} jour

Vermicaisses	Paramètres	1 ^{er} jour	14 ^{ème} jour	t-test
<i>E. foetida + P. excavatus</i>	pH	9,54	9,445	P = 0,004036
<i>E. foetida</i>		9,635	9,37	P = 0,01124
<i>P. excavatus</i>		9,735	9,475	P = 0,01088
<i>E. foetida + P. excavatus</i>	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5514	4148,5	P = 0,08941
<i>E. foetida</i>		6650,5	5621	P = 0,0533
<i>P. excavatus</i>		4948,5	4538	P = 0,02754
<i>E. foetida + P. excavatus</i>	TDS	2618,5	1938,5	P = 0,09438
<i>E. foetida</i>		3126	2642	P = 0,05333
<i>P. excavatus</i>		2299,5	2129,5	P = 0,02445

Au quatorzième jour comparativement au premier jour, le pH, la CE et le TDS ont diminué légèrement dans toutes les vermicaisses d'*E. foetida + P. excavatus*, d'*E. foetida* et de *P. excavatus*.

3-4-2. Screening phytochimique des lixiviats

Les résultats du screening phytochimique des lixiviats du vermicompost du 1^{er} et 14^{ème} jour sont présentés dans le **Tableau 5**.

Tableau 5 : Screening phytochimique des lixiviats du vermicompost du 1^{er} et 14^{ème} jour

Substances	Vermicaisses					
	<i>Eisenia foetida + Perionyx excavatus</i>		<i>Perionyx excavatus</i>		<i>Eisenia foetida</i>	
	1 ^{er} jour	14 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	14 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	14 ^{ème} jour
Alcaloïdes	++	+	+	++	+++	++
Glycosides	+++	++	++	++	+++	+++
Lipoïdes	+	-	+	+	+++	++
Flavonoïdes	++	++	-	-	+++	+++
Phénols	+	-	+	+	+++	++
Terpènoïdes	++	+	-	-	+++	+++
Stéroïdes	+	-	-	+	+++	+++
Saponines	++	-	++	+	++	++
Quinone	-	-	-	-	-	-
Tannoïdes	++	++	-	-	+++	+++

Légende : +++ : Réaction fortement positive, ++ : Réaction moyennement positive, + : Réaction positive et - : Aucune réaction

Les métabolites secondaires contenus dans le lixiviat sont la saponine, les alcaloïdes, les glycosides, les flavonoïdes, les tannoïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes, les quinones, les phénols et les lipoides. Les alcaloïdes provenant des vermicailles d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* et d' *Eisenia foetida*, le premier jour la réaction est respectivement moyennement positive et fortement positive et ils deviennent respectivement au quatorzième jour une réaction positive et moyennement positive tandis que pour *Perionyx escavatus*, le premier jour est une réaction positive, devient au quatorzième jour une réaction moyennement positive. D'une part le premier jour, les glycoses des bacs d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* ont la réaction fortement positive et d'autre part au quatorzième jour, la réaction est devenu moyennement positive et ceci a été observé pour les phénols dans la vermicaille d' *Eisenia foetida*. Les lipoides, les phénols et les saponines dans les bacs d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus*, d'une part la réaction positive y a été observé le premier jour et d'autre part au quatorzième jour, aucune réaction s'est manifestée tandis que le premier jour dans le bac de *Perionyx escavatus*, la réaction était moyennement positive et au quatorzième jour, elle est devenue positive.

3-5. Test des bactéries

La solution n'a pas changé la couleur, elle était entre 0 CFU/mL et 500 CFU/mL pendant 15 minutes pour la bactérie totale et couleur jaune entre 0 CFU/mL et 1 CFU/mL pendant 24 heures pour l' *E. coli* donc, *E. coli* n'était pas présent dans le lixiviat de notre étude.

3-6. Analyse des nutriments de compost des vers de terre

Le **Tableau 6** présente les éléments agronomiques ou nutriments essentiels (N, P, Ca et Mg) du compost des vers de terre produit durant la période d'étude

Tableau 6 : Analyse des nutriments de compost des vers de terre

Paramètres	<i>Eisenia foetida</i> + <i>Perionyx escavatus</i>	<i>Perionyx escavatus</i>	<i>Eisenia foetida</i>	Témoin
pH	9,5	8,5	9,5	11
Azote (mg/kg)	> 60	> 60	> 60	6 à 10
Phosphore (mg/kg)	6 à > 10	6 à > 10	6 à > 10	> 60
Potassium (mg/kg)	> 80	50 à > 80	> 80	< 50
Calcium (mg/kg)	32500	33000	33000	85000
Magnésium (mg/kg)	22500	20000	25000	45000

A la fin du vermicompostage, le pH de compost d' *Eisenia foetida* et d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* est respectivement 9,5 et 8,5 pour le *Perionyx escavatus* comparativement au témoin le sol qui est 11. L'azote (N) des vermicailles d' *Eisenia foetida*, d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* et de *Perionyx escavatus* est de > 60 mg/kg et 6 à 10 mg/kg pour le témoin. Le phosphore (P) est le même (6 à > 10 mg/kg) pour le compost des vermicailles d' *Eisenia foetida*, d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* et de *Perionyx escavatus* et > 60 mg/kg pour le témoin. En ce qui concerne le potassium (K), le témoin a <50 mg/kg et respectivement > 80 mg/kg pour le compost d' *Eisenia foetida*, d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* et 50 à > 80 mg/kg pour le compost de *Perionyx escavatus*. Le calcium (Ca) diffère entre le compost du bac d' *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* (32500 mg/kg) et ceux des bacs d' *Eisenia foetida* et de *Perionyx escavatus* (respectivement 33000 mg/kg) comparativement au témoin (85000 mg/kg). Le magnésium (Mg) diffère entre le compost de différents vermicailles pour *Eisenia foetida* est de 25000 mg/kg, pour *Eisenia foetida* + *Perionyx escavatus* 22500 mg/kg et 20000 mg/kg pour *Perionyx escavatus* comparativement au témoin (45000 mg/kg).

4. Discussion

4-1. Quantité de lixiviat

La quantité de lixiviat récoltée par semaine des vermicaisses d'*Eisenia foetida* est élevée comparativement aux vermicaisses d'*Eisenia foetida* + *Perionyx excavatus* et de *Perionyx excavatus*. En effet, [18, 19] montrent que le pourcentage d'humidité dans les vermicaisses varie entre 80-90 % comme démontre la présente étude sur le taux d'humidité à savoir *E. foetida* (82,221 % \pm 0,214), *P. excavatus* (81,132 % \pm 0,551) et *E. foetida* + *P. excavatus* (80,493 % \pm 0,429).

4-2. Température (°C) et de l'humidité (%) des différentes vermicaisses

[19, 20] ont trouvé aussi une température entre 15-25 °C, la plus appropriée pour le vermicompostage. La température dans le présent travail concorde avec leur résultat. Par ailleurs, il est important de laisser passer les hautes températures (50 à 70 °C) lors de la phase thermophile par une étape de pré-compostage. En effet, cette phase thermophile permet aussi de détruire les germes pathogènes et les graines de mauvaises herbes dans le compost [19]. Les taux allant de 75 à 80 % d'humidité donnent les meilleurs résultats en matière de croissance et de reproduction. Cependant, il faudra donc maintenir un taux d'humidité suffisant (75 à 85 %) mais sans excès pour permettre l'oxygénation nécessaire. Le taux d'humidité de 80-90 % est la meilleure, 85 % est le taux optimal pour un bon compostage [18]. Il existe de fortes relations entre la teneur en humidité des déchets organiques et le taux de croissance des vers de terre. Le manque ou l'excès d'humidité est néfaste pour les vers de terre. En cas de forte humidité les concentrations en oxygène deviennent faibles dans le substrat et sont préjudiciables pour les vers car ils respirent à travers la peau, de même que pour les microorganismes aérobies qui jouent un rôle très essentiel dans la dégradation de la matière organique [21].

4-3. Conductivité électrique (CE/US en μ S/cm) et du pH de compost et du lixiviat

Les espèces de vers de terre manifestent un intérêt pour la vie à pH neutre à légèrement alcalin. Les vers sont sensibles au pH. De ce fait, le pH du sol ou des déchets est parfois un facteur limitant la distribution, le nombre, les espèces de lombrics et même l'activité de ces derniers. Cette stabilité est due aux réactions lentes de maturation et au pouvoir tampon de l'humus. Les vers peuvent survivre dans une plage de pH allant de 5 à 9 [22], ce qui est le cas des bacs de vermicompost à Lwiro.

4-4. Processus de l'évolution de la qualité du lixiviat de vermicompost du 1^{er} et 14^{ème} jour

4-4-1. Analyse des paramètres (pH, EC et TDS) du lixiviat

Le pH lixiviat entre les vermicaisses diffère entre le *P. excavatus* (9,948 \pm 0,008), de *E. foetida* + *P. excavatus* (9,925 \pm 0,018) et de *E. foetida* (9,475 \pm 0,047). Ainsi, un pH acide est caractéristique d'un compost immature tandis qu'un pH compris entre 7 et 9 traduit un compost stable et mature. En effet, le pH n'est pas un variable essentielle dans la mesure où la plupart des substrats utilisés ont un pH compris dans les gammes de valeurs citées ci-dessus 5 à 9 [22]. En ce qui concerne la conductivité électrique (CE/US) de compost et du lixiviat diffère entre les vermicaisses des vers de terre. Ceci s'expliquerait par la salinité et dépendrait de la concentration en nutriments. La conductivité électrique suit des évolutions différentes. Pendant le compostage, l'intense minéralisation associée à une forte perte de masse concentre les sels et tend à augmenter la conductivité électrique. Cependant lors de la formation des substances humiques, les sels sont fixés sur la matière organique stabilisée et provoquent la diminution de la conductivité électrique [23]. La diminution légère de pH, de la conductivité électrique (CE) et du TDS au quatorzième jour comparativement au premier jour dans toutes les vermicaisses d'*E. foetida* + *P. excavatus*, d'*E. foetida* et de *P. excavatus* serait due à la production du CO₂ et des acides organiques durant la décomposition des déchets organiques [24].

4-4-2. Screening phytochimique des lixiviats

Les lixiviats conservés à 14 jours contiennent plus des métabolites secondaires par rapport au lixiviat frais du premier jour. Plus le vermicompost n'a mis un temps de maturité long, meilleure ne sera la qualité du lixiviat [25]. Cependant, les concentrations dépendront du compost de base [26].

4-5. Test des bactéries

La présente étude indique l'absence des bactéries *E. coli* dans le lixiviat. Ce résultat est similaire à celui de [27]. En effet, la connaissance des pathogènes tels que salmonelles, entérocoques, *E. coli*, œufs d'helminthes, dans le lixiviat des vers de terre au cours du lombricompostage est important pour évaluer le niveau de maturité de compostage.

4-6. Analyse des nutriments de compost des vers de terre

La concentration du phosphore et de l'azote augmente avec le temps dans le lixiviat mais dépend de la composition du vermicompost et son approvisionnement en déchets. Le matériel de vermicompost a une grande quantité satisfaite d'azote. L'inoculation des vers de terre dans le matériel putréfié ou détérioré considérablement agrandit la quantité d'azote due au vers de terre par intermédiaire de la minéralisation d'azote des déchets. Aussi, il est proposé que les vers de terre accroissent aussi les niveaux d'azote des substrats en ajoutant leur produit excrétoire, la muqueuse, le corps fluide, les enzymes et même à travers la putréfaction de tissus des vers de terre morts dans le vermicompost sous-système [28, 29]. En effet, si le vermicompost est faible en N ou en P au départ, le lixiviat en sera impacté. De même, plus le ratio compost/eau sera élevé, plus cela augmentera significativement la conductivité électrique, la biomasse microbienne et la matière organique contenue dans le lixiviat de vermicompost [26]. Donc, les interactions ratio compost/eau, temps d'extraction et durée de stockage vont entièrement dépendre de la composition chimique du compost en N et P organique. Le temps d'extraction optimal est compris entre 18 et 36 h, période où l'activité microbienne est élevée; plus il y a de micro-organismes, meilleure est la qualité du lixiviat [26]. L'accroissement de niveau de P dans le vermicompost prêt propose la minéralisation de phosphore durant le processus de vermicompostage. La libération de phosphore dans la forme disponible est accompli par l'enzyme de l'intestin phosphatase de vers de terre et à l'autre bout, la libération de P peut être attribué aux microorganismes de P-solubilisé présent dans le rejet de vers [29]. L'accroissement de contenu de potassium dans le vermicompost est à la fin d'expérience [28]. La concentration du Ca et du Mg diminue dans le lixiviat après un temps suite à la dilution des matières organiques dans le vermicompost par l'augmentation de l'eau. La durée de stockage n'influence pas significativement la concentration du Mg dans le lixiviat [24, 25].

5. Conclusion

Le travail sur la caractérisation du compost et de lixiviat des deux espèces de vers de terre *E. foetida* et *P. excavatus* alimentées par les déchets ménagers au CRSN/Lwiro est abouti aux résultats suivants : la température est de 18 °C et l'humidité de 80 % dans le vermicompost. Le pH compost varie entre 7 (pour le compost frais) et 9 (pour le compost mature) tandis que celui de lixiviat est 9. L'azote (N) des vermicaisses est > 60 mg/kg et le phosphore (P) de 6 à > 10 mg/kg. Le potassium (K) est >80 mg/kg pour le compost d'*Eisenia foetida*, d'*Eisenia foetida* + *Perionyx excavatus* et 50 à >80 mg/kg pour le compost de *Perionyx excavatus*. Le calcium (Ca) diffère dans tous les bacs et le magnésium (Mg). L'action des vers de terre donne à cette composition une valeur sur la qualité du produit fertilisant, aussi bien sur la transformation de

la matière organique que la minéralisation de l'ensemble notamment le lixiviat et le vermicompost en soi. Ces deux vers de terre *Eisenia foetida* et *Perionyx excavatus* présentent un succès dans le système de vermicompostage dans la région pour la fertilisation et le processus de l'évolution de la qualité du lixiviat est fonction de la durée du lombricompostage.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la COOPERA/ONG dont l'appui financier a permis la réalisation de ce travail visant à valoriser les déchets ménagers pour les caféiculteurs de l'Est de la RD Congo. Nos remerciements s'adressent aux autorités du CRSN/Lwiro, du Département de Biologie pour le terrain et le local ainsi qu'aux laborantins de l'Entomologie Agricole et de Limnologie pour le travail rendu.

Références

- [1] - B. DIWEDIGA, K. HOUNKPE, K. WALA, K. BATAWILA, T. TATONI and K. AKPAGANA, *African Crop Sci. J.*, 20 (s2) (2012) 613 - 624
- [2] - A. SAIDOU, D. KOSSOU, A. AZONTONDE and D. HOUGNI, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (2009)
- [3] - S. TEFERA, V. MLAMBO, B. J. DLAMINI, A. M. DLAMINI, K. D. N. KORALAGAMA and FL. MOULD, *African Journal of Range & Forage Science*, 26 (1) (2009) 9 - 17
- [4] - D. K. SHARMA, S. TOMAR and D. CHAKRABORTY, *Current Science*, 113 (06) (2017) 1064 - 1071. doi: 10.18520/cs/v13/i06/1064-1071
- [5] - G. S. REKHA, P. K. KALEENA, D. ELUMALAI, M. P. SRIKUMARAN and V. N. MAHESWARI, *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 7 (1) (2018) 93 - 103
- [6] - H. C. PARMAR, VINOD B. MOR and SUNIL R. PATEL, *Current Journal of Applied Science and Technology*, 36 (1) (2019) 1 - 9
- [7] - S. A. BHAT, J. SINGH and A. P. VIG, *Waste and Biomass Valorization*, 9 (7) (2017) 1073 - 1086. Doi : 10.1007/s12649-017-9899-8
- [8] - C. AGAPIT, A. GIGON and M. BLOUIN, *Plant Biosystems*, 152 (4) (2018) 780 - 786
- [9] - C. A. EDWARDS, N. Q. ARANCON, M. VASKO-BENNET and G. KEENEY, *Pedobiologia*, 53 (2) (2010) 141 - 148
- [10] - V. K. GARG and P. KAUSHIK, *Bioresource Tech.*, 96 (2005) 1063 - 1071
- [11] - J. L. STROUD, D. E. IRONS, C. W. WATTS, J. STORKEY, N. L. MORRIS, R. M. STOBART et al., *Soil Tillage Res.*; 165 (2017) 11 - 5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.07.013>
- [12] - M. J. I. BRIONES and O. SCHMIDT, *Glob Change Biol.*, 23 (10) (2017) 4396 - 419. <https://doi.org/10.1111/gcb.13744> PMID: 28464547
- [13] - B. MARTAY and J. W. PEARCE-HIGGINS, *Pedobiologia*, 67 (2018) 1 - 9. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2018.01.002>
- [14] - J. W. REYNOLDS, *Megadriologica*, 23 (1) (2018) 1 - 50. ISSN 0380-9633
- [15] - R. W. SIMS and B. M. GERARD, *Synopsis of the British Fauna (New series) E.J.Brill. Leiden* n° 31, (1985) 171 p.
- [16] - E. H. DIARA, M. C. MAAZI and A. CHEFRROUR, *Bulletin de la Société des Sciences de Liège*, 85 (2016) 276 - 290
- [17] - B. A. FABER, A. J. DOWNER, D. HOLSTEGE, M. J. MOCHIZUKI, *Hor Biotechnology*, 17 (3) (2007) 358 - 362
- [18] - J. DOMINGUEZ, M. AIRA, M. GOMEZ-BRANDON, In " *Microbes at Work*": From Wastes to Resou <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6>

- [19] - M. AIRA, F. MONROY and J. DOMÍNGUEZ J., *Microbial Ecology*, 54 (4) (2007) 662 - 671
- [20] - S. SINGH, M. KHWAIRAKPAM and C. N. TRIPATHI, *International Journal of Environment and Waste Management*, 12 (3) (2013) 231. <https://doi.org/10.1504/ijewm.2013.056119>
- [21] - J. DOMINGUEZ, In "*Earthworm Ecology*", Second Edition (Earthworm), (2004) <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
- [22] - R. ROSTAMI, *Integrated Waste Management*, 11 (1) (2011) 13 p. <https://doi.org/10.2307/3964883>
- [23] - J. HAIMI and V. HUHTA, *Biol. Fert. Soils*, 2 (1986) 23 - 27
- [24] - K. SHANTHI, *Int. J. of Life Sciences*, 6 (2) (2018) 487 - 493
- [25] - R. MORAL, *Bioresource Technology*, 100 (22) (2009) 5444 - 5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- [26] - AO. AREMU, WA. STIRK, MG. KULKARNI, D. TARKOWSKÁ, V. TURECKOVÁ, J. GRUZ, M. SUBRTOVÁ, A. PNĚÍK, O. NOVÁK, K. DOLEAL, M. STRNAD, LV. STADEN, *Plant Growth Regul.*, 75 (2) (2015) 483 - 92
- [27] - M. K. ISLAM, T. YASEEN, A. TRAVERSA, M. BEN KHEDER, G. BRUNETTI and C. COCOZZA, *Waste Manag.*, 52 (2006) 62 - 68. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.042>
- [28] - A. M. HAMMERMEISTER, P. R. WARMAN, E. A. JELIAZKOVA and R. C. MARTIN, *Bioresource Technology*, (2004)
- [29] - K. E. LEE, *Soil Biol. Biochem.*, 24 (1992) 1765 - 1771