

CONTRIBUTION A LA GESTION ET A L'EXPLORATION DES VOIES DE VALORISATION DES DECHETS MENAGERS DANS LA VILLE DE BUKAVU, SUD-KIVU/RD Congo

**D. K. Bisimwa, C.G. Jung, T. Ndikumana and A.
Cubaka Kabale**

In the perspective of valorization of solid garbage produced in the town of Bukavu in DR Congo, an identification of the wild garbage met there, as well as their quantification was carried out on the 4th through the 8th October 2010, in the different streets of the 3 urban communes of Bukavu. Eighteen (18), eleven (11), and ten (10) discharges have been identified respectively in the commune of Kadutu, Bagira and Ibanda.

This unequal distribution of these 39 wild discharges identified in Bukavu, as well as the heterogeneity of garbage types met there was in relation to the number of inhabitants per street, location of the street in relation to the city, as well as to the nature of activities carried out in the different communes.

Concerning the heterogeneity of garbage types met in these discharges, four groups of garbage have been listed: fermentable garbage, paper cardboard garbage, textile garbage and plastic garbage.

In the only commune of Ibanda, the characterization and the quantification of the different types of garbage reveal that on average, 2183 kg of plastic garbage has been produced in 30 households investigated during 30 days, which represents an average of 2.7 kg of garbage per day and per inhabitant in this commune.

The compostage proposed as a mode of valorization of fermentable garbage in this commune was tested during 8 weeks. This method proved capable to reduce 92.5% of the volume of garbage produced by households in four weeks and meanwhile produces low-priced organic manures for the population of rural communes.

**CEB Working Paper N° 12/005
2012**

CONTRIBUTION A LA GESTION ET A L'EXPLORATION DES VOIES DE VALORISATION DES
DECHETS MENAGERS DANS LA VILLE DE BUKAVU, SUD-KIVU/RD Congo

BISIMWA Kayeye Dieudonné⁽¹⁾, C.Gisèle JUNG⁽²⁾, NDIKUMANA Théophile ⁽³⁾, CUBAKA KABALE Alfred⁽¹⁾

Résumé

Dans la perspective de la valorisation des déchets solides produits dans la ville de Bukavu en R.D Congo, une identification des décharges sauvages et des déchets y rencontrés ainsi que la quantification de ces derniers ont été menées du 04 au 18 octobre 2010 dans les différents quartiers des 3 communes urbaines de la ville de Bukavu. Dix – huit, onze et dix décharges ont été identifiées respectivement dans les communes de Kadutu, Bagira et Ibanda.

Dans ces 39 décharges identifiées, quatre groupes de déchets ont été répertoriés: les déchets fermentescibles, les déchets papiers-cartons, les déchets textiles et les déchets plastiques.

La répartition inégale de ces 39 décharges sauvages identifiées dans la ville de Bukavu de même que l'hétérogénéité des types des déchets y rencontrés ont été en relation avec le nombre d'habitants de chaque quartier, la localisation du quartier par rapport au centre ville ainsi qu'à la nature des activités menées dans les différents quartiers des différentes communes.

Dans la seule commune d'Ibanda, la caractérisation et la quantification des différents types de déchets révèlent qu'en moyenne 2183 kg de déchets fermentescibles, 69 kg de déchets papiers-cartons, 8kg de déchets textiles et 100 kg de déchets plastiques ont été produits dans 30 ménages enquêtés pendant 30 jours ; ce qui, par calcul, représente une moyenne de 2,7 kg de déchets par jour et par habitant dans cette commune.

Le compostage proposé comme mode de valorisation des déchets ménagers solides fermentescibles dans cette commune a été testé pendant 8 semaines. Cette méthode s'est révélée capable de réduire 92,5% de volume de déchets produits par les ménages en quatre semaines en produisant des engrais organiques bon marché pour la population des communes rurales.

(1) Université Officielle de Bukavu (RD Congo)

(2) Université Libre de Bruxelles (Belgique)

(3) Université du Burundi (Burundi)

ABSTRACT

In the perspective of valorization of solid garbage produced in the town of Bukavu in DR Congo, an identification of the wild garbage met there, as well as their quantification was carried out on the 4th through the 8th October 2010, in the different streets of the 3 urban communes of Bukavu. Eighteen (18), eleven (11), and ten (10) discharges have been identified respectively in the commune of Kadutu, Bagira and Ibanda.

This unequal distribution of these 39 wild discharges identified in Bukavu, as well as the heterogeneity of garbage types met there was in relation to the number of inhabitants per street, location of the street in relation to the city, as well as to the nature of activities carried out in the different communes.

Concerning the heterogeneity of garbage types met in these discharges, four groups of garbage have been listed: fermentable garbage, paper cardboard garbage, textile garbage and plastic garbage.

In the only commune of Ibanda, the characterization and the quantification of the different types of garbage reveal that on average, 2183 kg of plastic garbage has been produced in 30 households investigated during 30 days, which represents an average of 2.7 kg of garbage per day and per inhabitant in this commune.

The compostage proposed as a mode of valorization of fermentable garbage in this commune was tested during 8 weeks. This method proved capable to reduce 92.5% of the volume of garbage produced by households in four weeks and meanwhile produces low-priced organic manures for the population of rural communes.

INTRODUCTION

Avec ses 60,1 km² et une population estimée à 718150 habitants, la ville de Bukavu n'a ni centre d'épuration des eaux usées, ni Centre d'Enfouissement Technique (Division de Statistiques 2010). Cette population a vu son effectif augmenté de façon exponentielle depuis 1994 suite à l'exode rural forcé dû aux guerres civiles et rébellions à répétition dans les villages dans l'Est de la R.D Congo (Rapport de la division provinciale de l'intérieure 2007). Dès lors, le problème de gestion des déchets s'est posé avec plus d'acuité qu'avant. C'est ainsi que la population, lassée de l'inaction du service municipal chargé de gérer les déchets urbains, tente dès lors de trouver des solutions aux problèmes des déchets ménagers à travers des Associations Sans But Lucratif (asbl) qui ont entrepris le ramassage, dans les ménages nantis, des ordures dans certaines avenues et leur entreposage dans des décharges conçues à cet effet. Les autorités locales, quant à elles, essayent de perpétuer les travaux communautaires mais n'entreprennent aucune véritable action de gestion des déchets et de leur mise en valeur malgré les besoins d'assainissement de la ville qui ne cessent d'augmenter.

Les normes environnementales en matière des décharges sont connues (El HAJJOUJI et *al*, 2007) et ont pour but principal d'éviter ou de limiter les conséquences néfastes qu'ont les gaz et lixiviats libérés par ces déchets sur la santé de la population (NDIRA, 2006).

En effet, une bonne décharge doit être contrôlée, les ordures s'y trouvant doivent être triés, traitées et valorisées dans le meilleur des cas (OUATMANE *et al*, 2000).

A Bukavu, les décharges mises en place par les asbl ne répondent à aucune de ces normes environnementales. Les ordures qui y sont déposées se retrouvent ainsi encore en circulation dans la ville étant donné que certaines personnes y passent leur temps en récoltant les rares biens réutilisables. C'est le cas des sachets et des bouteilles plastiques, des cartons dont la durée de vie peut se retrouver prolongée par la réutilisation. Malgré les conséquences que ces décharges mal élaborées et ces ordures « revenant » en ville peuvent avoir sur le vécu quotidien de la population, la problématique de gestion des déchets à Bukavu n'a attiré que très peu l'attention des scientifiques, des autorités et des investisseurs. En occident comme dans certains pays d'Afrique pourtant, la valorisation des déchets a permis l'installation de beaucoup d'entreprises de tri et de valorisation des déchets permettant ainsi l'assainissement de l'environnement mais aussi la création d'emploi.

Cet article qui a pour objet principal la caractérisation, la quantification et la valorisation des déchets solides à Bukavu se veut être une contribution à la gestion des déchets ménagers dans la ville.

MATERIELS ET METHODES

Inventaire des décharges sauvages dans la ville de Bukavu

Du 04 au 18 octobre 2010 nous avons parcouru la ville de Bukavu pour y inventorier les décharges sauvages dans les différentes communes. Au cours de cette prospection, en plus du relevé de nombre de décharges sauvages, les différents types de déchets rencontrés dans chacune d'elles ont été aussi inventoriés et photographiés à l'aide d'un appareil photo numérique de marque Sony.

Quantification des déchets

La quantification des déchets produits par les ménages à Bukavu n'a été réalisée que dans la commune d'Ibanda. Cette dernière est en effet la seule, des trois communes qui constituent la ville de Bukavu, qui soit subdivisée en avenues possédant des ménages à accès facile via des sentiers d'où l'on peut circuler (à pied ou avec un engin roulant) facilement.

Dans cette commune, durant 5 mois soit du 25 octobre 2010 au 26 mars 2011 tous les mercredis et samedis de la semaine, les déchets ménagers ont été collectés de 6h du matin à 15 heures du soir. Pour ce faire, 8 ramasseurs de la plate forme Groupe Ciel Ouvert (GCO) ramassaient en vrac au niveau de chaque ménage différents types de déchets et les gardaient dans des sacs de 100 kg à raison d'un sac par ménage. Cette collecte était suivie de tri manuel des déchets et leur pesée à l'aide d'une balance à crochet.

Les valeurs des poids obtenues des déchets par ménage ont été utilisées pour évaluer le nombre moyen des kilogrammes de déchets produits par habitant dans la commune d'Ibanda. La formule suivante a été utilisée pour ce calcul : $V = \frac{Z}{K}$ avec V= quantité moyenne de déchets par jour et par habitant ; Z= quantité de déchets par jour ; K= l'effectif total de la population enquêtée.

Essai de valorisation de déchets ménagers solides fermentescibles

Le compostage a été testé comme moyen de valorisation et de réduction des ordures ménagères produites par les ménages à Bukavu. Dès lors, sa conception devrait être basée sur des méthodes et techniques qui ne demandent pas de moyens techniques sophistiqués et chers pour être sûr que la majeure partie de la population serait à mesure de refaire d'elle-même l'expérience.

La construction de la compostière

Construite sur une pente entre les bâtiments abritant le Laboratoire de Physiologie Végétale et de Microbiologie Appliquée (LPVMA) et le laboratoire de Pharmacie galénique de l'Université Officielle de Bukavu, la compostière avait la forme d'une pyramide renversée aux dimensions suivantes : petite base : 900 cm², grande base : 20601 cm², hauteur : 100 cm ; soit un volume de 167,5 litres.

Pour drainer et collecter le lixiviat produit par le déchet en compostage, un tuyau auquel est fixé un robinet à son extrémité et débouchant à l'extérieur de la compostière avait été placé au fond de cette dernière (fig. 1).



Figure 1. Plate forme expérimentale : la compostière.

Faute d'un aérateur artificiel, l'aération de la compostière a été facilitée par un lit de branches dans le fond du composteur (10 cm). Au dessus de la compostière, une tente en plastique soutenue par quatre poteaux en bois a été érigée. Cette dernière avait comme rôle de protéger la compostière contre les précipitations pouvant conduire à une imbibition excessive qui occasionnerait l'asphyxie des microorganismes aérobies et le lessivage du compost. Cette tente servait aussi de protection du compost contre l'ensoleillement qui entrainerait sa déshydratation.

Le compostage proprement dit

Le compostage a débuté le 04 mai 2011 et s'est clôturé le 04 juillet, soit 8 semaines correspondant à la période théorique estimée à la stabilisation du compost (RENOU et *al.* 2008).

Les déchets compostés étaient composés de feuilles de choux, d'oignons, de fenouils, de poireaux, de céleris, de carottes et d'épluchures de fruits divers. Pour équilibrer les apports des

déchets azotés et de déchets riches en carbone (RENOU *et al*, 2008), de la paille, des feuilles mortes et des sciures de bois ont été associés à ces déchets ménagers. Au total, 56 kg des déchets occupant un volume de 117,1 litres ont été compostés.

La matière organique était d'abord hachée avant de la composter. Une fois mis en place, le compost était aéré jusqu'au fond par un retournement manuel complet de toutes les couches du compost. Cette opération se faisait tous les lundis, mercredis et vendredis de la semaine. En plus de l'aération, le compost était aussi régulièrement humidifié pour moduler le taux d'humidité et garder ainsi le compost ni trop sec ni trop humide. Pour cette fin, une quantité d'eau y était ajoutée en tenant compte de l'aspect du compost.

Au cours de ce processus de compostage, la température du compost était mesurée à l'aide d'un thermomètre digitale à mercure tous les lundis, mercredis et vendredis avant le retournement du compost. Toutefois, des 8 semaines qu'a duré le compostage, la température n'a été prélevée que pendant les 4 premières semaines correspondant à la période durant laquelle les lixiviats analysés pour les paramètres chimiques ont été échantillonnés.

Après le relevé de la température et le retournement du compost, le lixiviat produit par les déchets en compostage a été aussi recueilli. La récupération du lixiviat n'a duré qu'1 mois compte tenu des réactifs mis à notre disposition. Les échantillons de lixiviat étaient recueillis dans des flacons stérilisés par autoclavage et munis d'un bouchon étanche pour éviter l'entrée d'autres microorganismes. Le pH de ces échantillons était mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA INSTRUMENT. Après la mesure du pH, ces échantillons étaient conservés au réfrigérateur à 7°C pour freiner au maximum la multiplication des microorganismes présents, en attendant les analyses et mesures ultérieures à y faire au laboratoire pour caractériser ce lixiviat.

Au laboratoire, la DBO₅ (Demande Biochimique en oxygène pendant 5 jours) et la DCO (Demande chimique en Oxygène) du lixiviat ont été mesurées. En plus, des analyses du carbone organique et de l'azote total de ce lixiviat ont été réalisées.

Les mesures de la DBO₅ ont été toutes faites au laboratoire de Chimie et Analyses Environnementales (LCEA) de la faculté de Sciences de l'Université du Burundi. Pour chaque mesure, 43,5 ml de lixiviat de différents essais ont été placés dans différentes bouteilles. Avant de fermer ces bouteilles, deux pastilles (grains) de NaOH et une goutte d'eau distillée ont été introduites dans le godet. Ces bouteilles étaient placées sur un agitateur inductif, le tout étant recouvert d'une grosse caisse cartonnée pendant 5 jours. La lecture de résultats sur l'écran des bouteilles a été faite après 5 jours d'incubation dans la gamme de mesure de 2000 mg O₂/l avec un facteur de dilution de 50 (Mode d'emploi du photomètre, 2010).

En ce qui concerne la DCO, elle a été évaluée à l'aide d'un photomètre de marque PALINTEST. Deux millilitres de lixiviat ont été placés dans des tubes test de DCO. Ces derniers ont ensuite été déposés dans un digesteur pendant 2h à 148°C. Après digestion, ces tubes ont été refroidis à l'air libre. Leur contenu a ensuite été transvasé dans les cellules pour photomètre. Un témoin a été préparé dans les mêmes conditions (Mode d'emploi du photomètre, 2010).

Enfin, la teneur en carbone organique couplée à la teneur en azote total des lixiviats ont aussi été dosés. Ces résultats nous ont permis de calculer le rapport C/N des lixiviats.

La détermination de ce rapport est d'une importance capitale dans l'épuration biologique des effluents (El HAJJOUJI, 2007).

En effet, l'efficacité fertilisante, la minéralisation ou l'immobilisation de l'azote et le bilan humique des sols sont liés au rapport C/N (MUSTIN, 1987).

RESULTATS

Prospection

Au cours de la prospection réalisée dans la ville de Bukavu, il est ressorti d'une part que les collecteurs et/ou les caniveaux de la ville de Bukavu sont remplis de déchets solides (fig. 2A). D'autre part, la plupart des carrefours et places publics font figures des dépotoirs sauvages surchargés de toute sorte d'ordures et déchets (fig. 2B). Et, certaines de ces dépotoirs sauvages répertoriées dans la ville de Bukavu sont situées sur des sites en proie à l'érosion (fig. 2C).



Figure 2. Décharges sauvages identifiées dans la ville de Bukavu.

Concernant l'inventaire des décharges sauvages dans la ville de Bukavu, 39 décharges ont été répertoriées dans les 3 communes durant toute la période de prospection.

Le tableau 1 ci-dessous présente la répartition de ces décharges sauvages dans les différentes communes de la ville de Bukavu selon les différents quartiers.

Tableau 1 : Répartition des décharges sauvages dans la ville de Bukavu

<i>Communes</i>	<i>Quartiers</i>	<i>Population</i>	<i>Décharges</i>	<i>Total/commune</i>
<i>BAGIRA</i>	Kasha	137579	6	11
	Lumumba	33356	3	
	Nyakavogo	28431	2	
<i>IBANDA</i>	Ndendere	124848	3	10
	Nyalukemba	35685	2	
	Panzi	89260	5	
<i>KADUTU</i>	Cimpunda	34326	3	18
	Kajangu	14283	1	
	Kasali	17704	2	
	Mosala	65219	3	
	Nkafu	40986	2	

	Nyakaliba	29145	2	
	Nyamugo	67328	4	
	Total	718150		39

Il ressort de ce tableau que ces 39 décharges sauvages répertoriées sont inégalement réparties dans les différentes communes de la ville de Bukavu (fig. 3) ainsi que dans les différents quartiers d'une même commune.

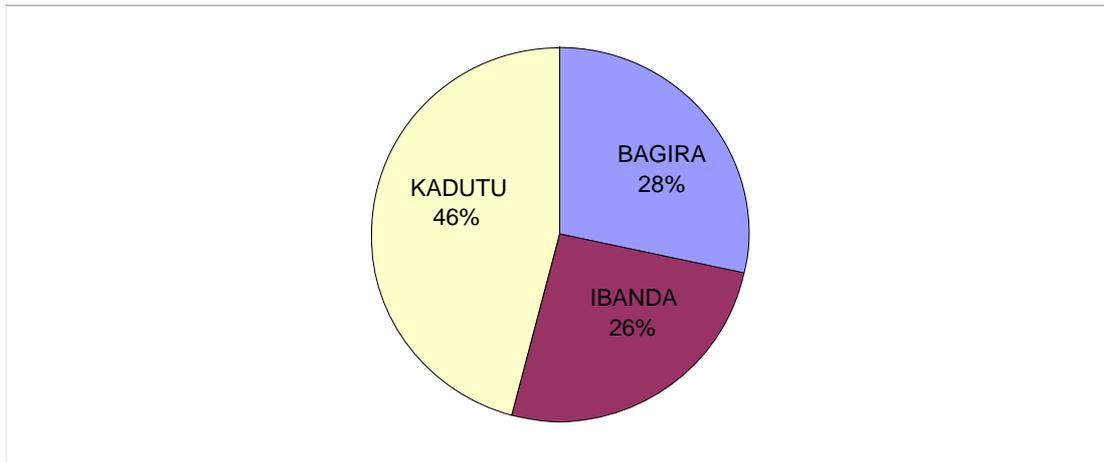


Figure 3 : Proportions des décharges sauvages dans les Communes de la ville de Bukavu.

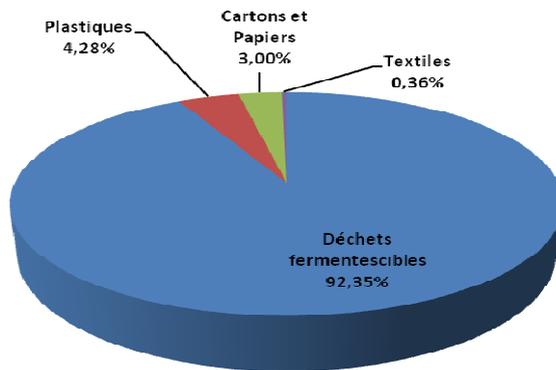
Enfin, au cours de cette période de prospection, il est ressortie que les types des déchets retrouvés dans les différentes décharges sauvages peuvent globalement être regroupés en deux catégories : les déchets non fermentescibles (sachets, verres et canettes, plastiques...) et en déchets fermentescibles (cartons et papiers, des déchets ménagers...). Ces types des déchets sont répartis différemment dans les différentes décharges sauvages suivant les différents quartiers de la ville. Dans les décharges sauvages des quartiers périphériques pullulent essentiellement les déchets fermentescibles. Dans celles du centre ville par contre, en plus des déchets fermentescibles, on retrouve très fréquemment également des sachets, des canettes, des bouteilles, des déchets hospitaliers, des textiles, des gravats, des papiers et des cartons. Cette hétérogénéité des déchets (fig. 5) rencontrés dans les décharges sauvages suggère déjà la diversité des déchets produits par les ménages.



Figure.4. Types de déchets rencontrés dans les différentes décharges de la ville de Bukavu

Quantification

Pour rappel, la quantification n'a été réalisée que dans la seule Commune d'Ibanda. Des déchets ramassés dans les ménages de cette commune, il découle que les déchets fermentescibles constituent l'essentiel des déchets ménagers (fig. 5). A eux seuls, ils représentent 92,35% de tous les déchets produits par les ménages à Ibanda.



Proportions moyennes de différentes catégories de déchets

Concernant les déchets non fermentescibles retrouvés dans ces décharges du centre ville, ils sont très souvent ramassés par les enfants (fig. 6) pour un usage marginal et retournent ainsi dans certains ménages pour la réutilisation.



Figure 6. Récupération d'objets réutilisables sur les décharges sauvages de la ville de Bukavu par les enfants.

Compostage

Ces résultats ont porté sur l'état de l'évolution du compostage (réduction du volume des déchets compostés et la température du compost et sur la caractérisation du lixiviat).

❖ *La réduction du volume.*

Durant les 4 semaines de compostage, le volume occupé par les déchets a été réduit de 92% soit de 117,1 litres occupés au départ par les déchets à 26 litres à la fin (fig. 7).

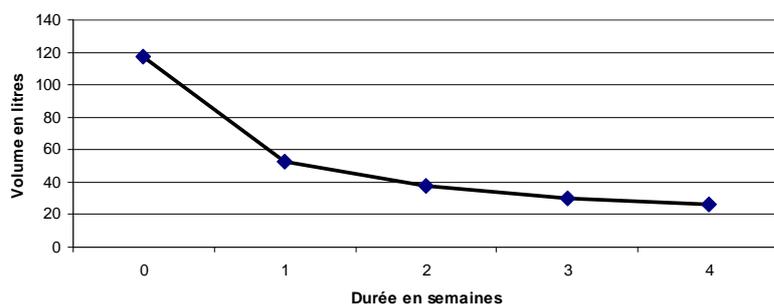


Figure 7 : Evolution du volume occupé par les déchets au cours du processus de compostage.

❖ Evolution de la température.

La variation de la température a été très remarquable au cours du compostage (fig. 8).

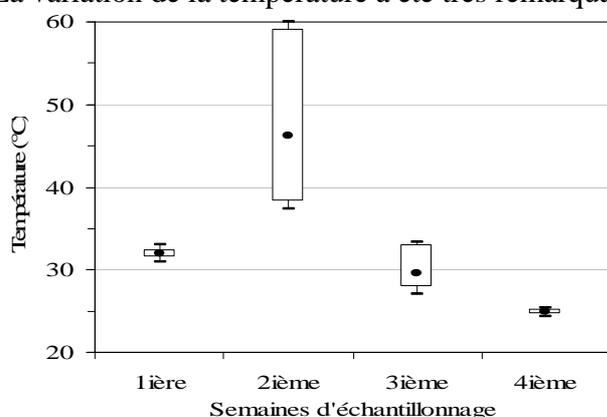


Figure 9 : Evolution de la température aux cours du compostage. Le point noir au milieu des boîtes représente la moyenne; les barres représentent les valeurs maximale et minimale et les limites des boîtes représentent respectivement le premier et le troisième quartile. La deuxième semaine va du 9 au 13; la troisième du 16 au 20 alors que la première et la quatrième semaine correspondant à une date respectivement le 6 et le 27 mai.

Cette figure montre que de la première à la deuxième semaine, la température du compost a augmenté sensiblement passant de 32°C à 59.6°C en moyenne. A partir de la deuxième semaine, la température du compost a rapidement régressé : de 39.5°C à la deuxième semaine, la température a chuté à 30.2°C à la troisième semaine puis à 26.4°C à la quatrième semaine.

❖ Caractérisation du lixiviat

Le pH, la DCO, la DBO₅, l'azote total et le carbone organique du lixiviat ont été dosés pour le caractériser. Ces différents paramètres ont différemment variés au cours du processus de compostage.

Si les variations des valeurs de pH des échantillons des lixiviats au cours du processus de compostage n'ont pas été sensibles restant dans la même gamme acide (5.1 à 6.2) (fig. 9), cela n'est pas le cas pour les valeurs de la DBO₅ (fig. 10) et de la DCO (fig. 10).

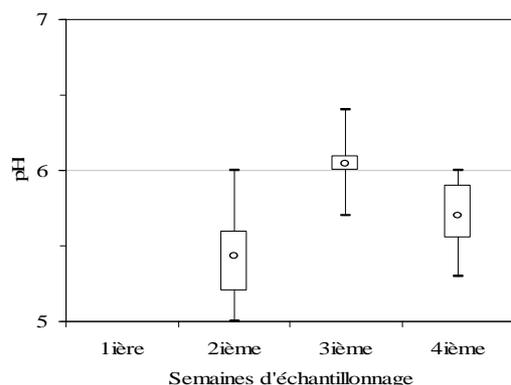


Figure 9: Evolution du pH aux cours du compostage. Le point noir au milieu des boîtes représente la moyenne; les barres représentent les valeurs maximale, minimale et les limites.

En effet, en ce qui concerne la DCO et la DBO₅, la figure 10 ci-dessous montre que ces deux paramètres, tout en variant différemment au cours du processus de compostage, ont chacun varié quand même très sensiblement. Ainsi, de 1002 mg/l le premier jour d'échantillonnage, les valeurs de DCO ont augmenté jusqu'à osciller autour de 1880 mg/l au 20 mai avant de rechuter encore à 1220 mg/l le dernier jour d'échantillonnage. Pour la DBO₅ elle, la figure 10 montre une augmentation graduelle de sa valeur du premier jour d'échantillonnage (400 mg/l) au 18 mai (950 mg/l) ; moment à partir duquel la valeur de la DBO₅ a rechuté.

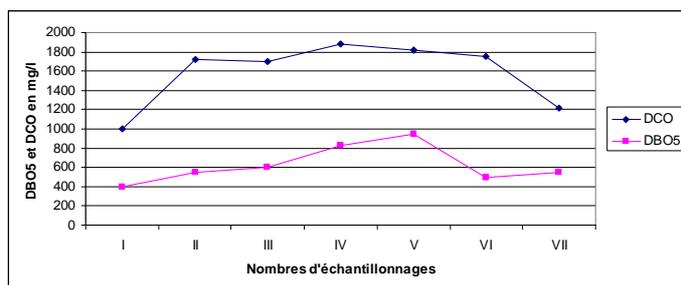


Fig.10. Evolution de la DBO₅ et de la DCO au cours du processus de compostage

Enfin, les résultats consignés dans le tableau 2 ci-dessous montrent que la concentration du carbone organique dosée dans les échantillons des lixiviats était environ 3 fois supérieure à celle de l'azote total.

Tableau 2. Valeurs moyenne du carbone organique et de l'azote total ainsi que le rapport C/N, DBO₅/DCO, DBO₅/N

Carbone organique mg/l	Azote total mg/l	C/N	DBO ₅ /DCO	DBO ₅ /N
5728	1771	3.2	0.4	0.35

DISCUSSION DES RESULTATS

L'impressionnante quantité de déchets entassée dans diverses décharges sauvages, dans des caniveaux et sur les places publiques tel qu'observé dans cette étude constitue un lot de risques en matière d'hygiène et de santé publique. En effet, ces déchets empêcheraient l'écoulement des eaux de ruissellement notamment en bouchant les caniveaux et les collecteurs d'eaux usées. En plus, le confinement de ces déchets ne respecte aucune réglementation en matière de gestion durable de l'environnement de telle sorte qu'en saison des pluies ces déchets sont charriés vers les différentes rivières et le lac Kivu, ce qui constituerait une menace encore plus grave (eutrophisation, sédimentation....) sur ces écosystèmes. Dans ce sens, MATHIEU (2008) souligne que le confinement des déchets doit être fait de manière à réduire des entrées et sorties du site, à permettre un drainage efficace des lixiviats afin de réduire les percolations à travers le sol et à assurer la pérennité du système de confinement pendant plusieurs dizaines d'années correspondant à la lente évolution des déchets.

Dans la répartition inégale des décharges sauvages dans les différents quartiers, l'abondance des dépotoirs dans la commune de Kadutu serait due au fait que c'est la commune la plus peuplée et qui possède plusieurs quartiers contrairement aux deux autres (Rapport de la Division Provinciale de l'Intérieur, 2007). D'ailleurs dans ce sens, une corrélation assez bonne (65 %) existe entre le nombre de décharges répertoriées par quartier et le nombre d'habitants de chaque quartier (fig. 11). A ce facteur principal nombre d'habitants par quartier, s'ajouterait aussi la localisation du quartier par rapport au centre ville. Ainsi, le nombre élevé de décharges dans les quartiers comme Kasha et Panzi (tableau 1) serait dû au fait que ces quartiers situés à la périphérie (bidonvilles) du centre ville servent de transition entre le centre-ville et les territoires ruraux (Kabare et Walungu) d'où proviennent la quasi-totalité des produits maraîchers vendus dans la ville de Bukavu et dans les divers marchés pirates dispersés dans ces quartiers.

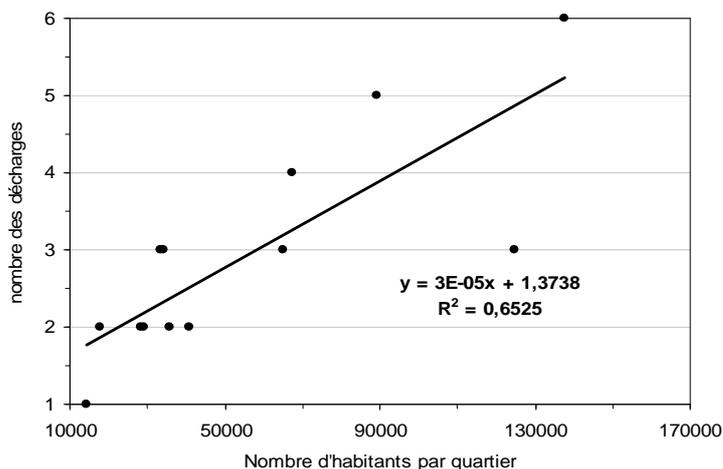


Figure 11 : Relation entre le nombre de décharges sauvages et le nombre d'habitants dans les différents quartiers des communes de Bukavu.

Ces produits maraîchers frais, non nettoyés avant leur commercialisation, et qui sont les denrées les plus consommées par toutes les couches de la population dans la ville de Bukavu,

expliqueraient, pensons-nous, l'abondance des déchets fermentescibles par rapport aux autres types des déchets. A cela, il faudra ajouter d'une part le fait que les autres types des déchets ne sont pas générés de façon régulière par les différents ménages et d'autre part que certains autres types des déchets ne sont générés que par certains types des ménages. Dans le premier cas, on peut citer des déchets type papiers-cartons qui emballent pour la plupart les produits qui ne sont pas habituellement consommés (habits, jouets, souliers, bijoux, assiettes...). En plus, les cartons et papiers usagers peuvent séjourner dans les ménages pendant plusieurs jours avant d'être jetés. Dans le second cas par contre, on peut noter que les bouteilles et les canettes en plastiques et/ou en verre sont abondantes dans les ménages plus aisés.

Cette abondance des déchets fermentescibles dans les types des déchets produits par les ménages enquêtés dans la ville de Bukavu expliquerait la grande quantité des déchets produits par habitant dans la commune d'Ibanda que nous avons obtenue, soit 2,7 kg des déchets/habitant/jour.

La biométhanisation, le compostage, l'incinération,... sont autant des moyens de valorisation des déchets solides qui ont déjà fait leur preuve ailleurs (MATHIEU, 2008). Cependant, à cause du coût moindre pour son installation et de la technologie facile que le compostage requiert, il est la méthode de valorisation la mieux adaptée dans les pays en voie de développement. Il a déjà été testé avec succès au Niger (TINI, 2003). Dans le cadre de cette étude, cette méthode s'est révélée aussi efficace. En effet, elle a permis une diminution sensible du volume des déchets compostés ; la forte diminution du volume ayant été observée au cours de la première semaine (de 117,1 litres à 52,91 litres). Cette situation serait due au fait que la matière organique était encore en grande quantité la première semaine, d'où une activité intense des microorganismes. Dans ce sens, DEBRIL (2005) souligne que les déchets organiques fermentescibles contiennent en proportions très variables et sous des formes plus ou moins accessibles aux microorganismes des produits simples et facilement biodégradables. La faible diminution progressive observée les semaines suivantes serait consécutive à la mort des décomposeurs par manque de nourriture d'une part et par suite d'une asphyxie par une faible oxygénation d'autre part. En effet, le retournement mécanique des déchets à lui seul ne permet pas un apport suffisant d'oxygène pendant le compostage surtout quand il n'y a plus assez des matières organiques (DEBRIL, 2005). Concernant la température, sa diminution progressive observée avec le temps au cours du processus de compostage correspond assez bien au patron de l'évolution de la température au cours de tout processus de compostage (NOVA, 2006). Cet auteur montre en effet qu'au cours de tout processus de compostage, la température décroît avec le temps suite à la diminution de matière organique mais que cela dépend aussi de la nature du substrat composté, des conditions d'humidité et d'oxygénation du compost ainsi que des conditions climatiques et saisonnières de l'environnement extérieures. Contrairement à la température, le pH, resté acide (de 5,1 à 6) durant tout le processus de compostage, n'a varié que très légèrement. Cette situation est non conforme à l'évolution du pH au cours du processus de compostage. Il est en effet connu qu'au cours du compostage, le pH subit des modifications : soit une acidification par formation de certains acides organiques liés à la dégradation des sucres simples et la production de CO₂ en début de compostage, soit une alcalinisation par la production d'ammoniac (JUSPIN *et al*, 2002). La situation observée dans notre étude se justifierait par l'immatunité (âge jeune) du lixiviat RENOU *et al*. (2008) affirmant dans ce sens que les lixiviats jeunes se caractérisent par une charge organique élevée relativement biodégradable constituée principalement d'acide gras volatile (AGV) et ont donc un pH relativement bas (< à 6.5).

Il est connu qu'au cours d'un compostage, les valeurs de la DCO dépendent du type et de la quantité de déchets que l'on met en œuvre ainsi que de l'âge de la décharge ou du compost. Ainsi, pour un lixiviat provenant d'un centre de décharge d'ordures ménagères, sa DCO peut atteindre 10.100 mg d'O₂/l pour une décharge d'au moins deux ans d'âge (LAGIER, 2000). Les faibles valeurs obtenues de la DCO au cours de notre étude n'ont donc rien d'étonnant. Elles seraient le résultat de la rapidité avec laquelle le compostage s'est déroulé, conséquence d'une part de la nature des déchets compostés qui étaient facilement biodégradables demandant moins d'oxygène pour leur dégradation par les microorganismes et d'autre part de la courte durée de notre étude. Cette biodégradabilité élevée des déchets compostés peut d'ailleurs être confirmée par le rapport DBO₅/DCO des lixiviats analysés dans cette étude (= 0,4) supérieur à 0,3 (JUSPIN *et al*, 2002). Quant à la DBO₅, par rapport à la valeur moyenne (2290 mg O₂/l) obtenues dans un centre de compostage des déchets solides à ordures ménagères complexes (<http://www.bape.gov.qc.ca/sections/mandants/CET-Madeleine/Documents/DB10pdf>), les faibles valeurs obtenues dans le cas de notre compostage (400 – 950 mg O₂/l) seraient expliquées par la petite taille de notre compost ne permettant pas de générer une grande quantité de matières oxydables durant les premières semaines de compostage.

Les valeurs des DCO et DBO₅ obtenues dans les lixiviats des déchets de la commune d'Ibanda, indiquent, quand on se réfère à la classification de PRATTI (KIBIRITI, 1986), que ces lixiviats présentent des degrés de pollution très élevés et conduiraient à la pollution des nappes phréatiques, des rivières et du lac Kivu. Des réserves sont cependant à émettre sur l'importance de la pollution microbiologique peu étudiée à ce jour à notre connaissance. Ce résultat montre ainsi que les lixiviats non traités, et donc des décharges sauvages non contrôlées qui abondent un peu partout dans la ville de Bukavu, constitueraient d'une part une menace réelle sur la vie aquatique car leur oxydation exige beaucoup d'oxygène dont la diminution dans un cours d'eau a des impacts néfastes sur la biodiversité aquatique (CALAMARI & NAEVE, 1994). De l'autre côté, le rapport C/N des lixiviats des déchets ménagers compostés (3,2) très bas par rapport à l'optimum nécessaire pour une valorisation agricole c'est-à-dire entre 30 et 50 (FARINET & NIANG, 2004), montre que la dénitrification a été très forte dans notre compost telle qu'indiquée d'ailleurs par la valeur DBO₅/N (0.35) (GAGNE & BRISSARD, 2004) et indique que ces lixiviats nécessitent des corrections pour pouvoir être utilisés en agriculture.

En conclusion, le compostage s'est révélé capable de réduire, en quatre semaines, environ 92,5% des ordures ménagères qui pullulent dans des décharges sauvages éparpillées dans la ville de Bukavu. Cette voie de réduction et de valorisation des déchets fermentescibles qui du reste permet de produire des engrais bon marché pour les villageois même si leurs caractéristiques chimiques nécessitent, pour le cas des déchets produits à Bukavu, une correction en vue de leur utilisation optimale en agriculture devrait être vulgarisée. Toutefois, avant cette vulgarisation, des méthodes peu coûteuses et techniques abordables de correction de ces produits (engrais) devraient d'abord être étudiées

BIBLIOGRAPHIE

AMIR S. (2005) Contribution à la valorisation des boues des stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost : Thèse Université de Toulouse. <http://www.thesis.inp-toulouse.fr/archives00000074/01/amir.pdf>

CALAMARI D. et NAEVE H. (1994) Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. Document technique du CPCA n°25, FAO, Rome.

EL HAJJOUJI H., FAKHARELINE, N., AIT BADDI, G., WINTERTON, P., BAILLY, J.R., REVEL, J.C. et HAFIDI, M. (2007) Treatment of olive mill waste-water by aerobic biodegradation: An analytical study using gel permeation chromatography, ultraviolet-visible and Fourier transform infrared spectroscopy. *Biores. Technol.*, **98**, 3513-3520.

FARINET, J-L. et NIANG, S. (2004) Le développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : Enjeux, concepts et méthodes. [En ligne]. http://www.crdi.ca/fr/ev-85039-201-1-DO_TOPIC.html.

GNAGNE, T. et BRISSARD, F. (2004) *Etude des potentialités d'épuration des effluents d'abattoirs par infiltration sur sable en milieu tropical*. Université de Montpellier II. Maison des Sciences de l'eau. [En ligne] <http://www.eieretsher.org>

HAJLI A., 2005. Gestion des déchets hospitaliers, Institut National d'Hygiène.

HOUDA EL HAJJOUJI, 2007. Evolution des caractéristiques physico-chimiques, spectroscopiques et écotoxicologique des effluents d'huileries d'olive au cours de traitements biologique et chimique. Thèse-Université de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

JEAN-L. et NIANG S., 2005 : Le recyclage des déchets et effluents dans l'agriculture urbaine. http://www.idrc/en/ev-85039-2001-1-DO_TOPIC.html

JUPSIN H., PRAET E. and VASEL J.L. (2002) Caractérisation des lixiviats de CET et modélisation de leur évolution. *Proceeding of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*. 884-896.

LAGIER T. (2000) Etude de macromolécules de lixiviat : caractérisation et comportement vis-à-vis des métaux. Thèse de l'Université de Poitiers. 189pp.

MATHIEU G., 2008. Interactions entre argile ammoniée et molécules organiques dans le contexte du stockage des déchets. Cas de molécules à courtes chaînes : Thèse-Université d'Orléans.

MUSTIN, M., 1987, *Le compost : Gestion de la matière organique*. Editions François DUBUSC.35, rue Mathurin-Régnier.

NAVARO, 2000. Approche systémique des déchets. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

NDIRA, V., 2006. Substances humiques du sol et du compost. Analyse élémentaire et groupements atomiques fictifs : vers une approche thermodynamique. Ph.D thesis, Institut National Polytechnique, Toulouse, France, p. 274.

OUATMANE, A., DORAZIO, V., HAFIDI, M., REVEL, J.C., SENESI, N., 2000. Elemental and spectroscopic characterization of humic acids fractionated by gel permeation chromatography. *Agronomie*. 20, 491-504.

PAGNOT P., LEBRISSE, 2006 : Le compostage en fosse en milieu tropical.
<http://www.projet.lpgtd.info/dakarcompost/dossiercompostage.pdf>

Rapport de la Division de Statistiques 2010, Evolution démographique de la ville de Bukavu de 2002 à 2010.

RENOU S., POULAIN S., GAGNAIRE J., CADARACHE B. MARROT et MOULIN P., 2008. Lixiviat de centre de stockage : déchet généré par des déchets. **43**, N° 310 “*l'eau, l'industrie, les nuisances*” Editions JOHANET : 60, rue du Dessous des Berges - 75013 Paris.

RENOU S., POULAIN S., GAGNAIRE J., CADARACHE B. MARROT et MOULIN P., 2008, Lixiviat de centre de stockage : déchet généré par des déchets. **43**, N° 310 “*l'eau, l'industrie, les nuisances*” Editions JOHANET : 60, rue du Dessous des Berges - 75013 Paris.

SADIKI N, VANDECASTEELE, MOEYERSONS, TREFOIS, OZER, KALEGAMIRE, CISHUGI, 2010, Vulnerability mapping for sustainable hazard mitigation in the city of Bukavu, South Kivu, DR Congo.

SOUDI B. 2001. Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost. Cas des petites et moyennes communes au Maroc. (Actes édition), 102 p.