

Dépollution biologique des lixiviats de la décharge des déchets de Mpsa à Kinshasa, R D Congo avec le jus d'*Averrhoa carambola* (Oxhalinaceae)

Achille Kaboka Kitambala¹, Edmond Phuati Phuku³, Louis Eale Efoto³, Jean Paul Kota-te-Nyiwa Ngbolua⁴, Thierry Tabou Tangou¹, Mayoko Kifuani², Nicolas Kalulu Taba² et Emmanuel Makaly Biey¹

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, B.P. 190 Kinshasa XI, R.D-Congo

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Chimie, B.P. 190 Kinshasa, R.D-Congo

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Physique, B.P. 190 Kinshasa, R.D-Congo

⁴Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, B.P. 190 Kinshasa, R.D-Congo.

Résumé: Le centre d'enfouissement technique des déchets de Mpsa à Kinshasa en RD-Congo produit des lixiviats de couleur grise-noire, toxiques lesquels perdent difficilement leur caractère encrassant par traitement avec les méthodes classiques de dépollution. Le traitement biologique consistant à mélanger les lixiviats avec le jus de fruit d'*Averrhoa carambola* acide à saveur légèrement sucrée dans certaines proportions a été testée. Il montre que la solution test Lix (1 :10) minéralise bien ces lixiviats. En effet, les propriétés physico-chimiques et microbiologiques de cette solution teste ont changé sensiblement, notamment, le pH de $12,3 \pm 0,1$ à $7,6 \pm 0,2$, la conductivité électrique de $6,9 \pm 5,7$ mS/cm à $4,7 \pm 5,5$ mS/cm, la DCO de $13,797 \pm 1187$ mgO₂/L à $2,250 \pm 528,4$ mgO₂/L, la DOT de $3,0 \pm 0,8$ mg/L à $5,6 \pm 0,1$ mg/L. Si par rapport à la solution étalon, les concentrations des métaux lourds ont sensiblement diminué dans la solution test Lix (1 :10), celles des éléments suivants : Cl, K, S et Co ont aussi augmenté. Naturellement cette dépollution s'est traduite par l'apparition des formes de vie en l'occurrence les asticots, les moustiques et autres. Ces essais vont être finalisés dans un procédé pilote en cours de déploiement où les microorganismes seront les acteurs principaux.

Mots clés: biodégradable, substances naturelles, épuration, *Averrhoa carambola*, traitement biologique.

Abstract: The center of technical burying of the garbage of Mpsa in Kinshasa in RD-Congo produces leachates of black-gray color, toxic which lose hardy their character fouling by treatment with the classic methods of unpollution. The biologic processing consisting in mixing the leachates with the juice of fruit of *Averrhoa carambola* collided acidic to slightly sugary flavor in some proportions has been tested. It shows that the solution Lix test (1: 10) mineralizes in deed these leachates. Thus, the physic-chemical and microbiological properties of this solution test to better output have notably changed, the pH of 12.3 ± 0.1 to 7.6 ± 0.2 . The electric conductivity of 6.9 ± 5.7 mS/cm to 4.7 ± 5.5 mS/cm, the DCO of $13,797 \pm 1187$ mgO₂/L to $2,250 \pm 528.4$ mgO₂/L. the DOWRY of 3.0 ± 0.8 mg/L to 5.6 ± 0.1 mg/L. So in relation to the solution stallion, the concentrations of the heavy metals decreased appreciably in the solution Lix test (1: 10), those of the following elements: Cl, K, S and Co also increased.

Naturally this unpollution resulted in this case in the apparition of the shapes of life the maggots, the mosquitos and other. These tests are going to be finalized in a pilot process under spreading where the microorganisms will be the main actors.

Keywords: lixiviates, biodegradable, natural substances, purification, *Averroes collides*, biologic processing

Citation: Achille Kaboka Kitambala, Edmond Phuati Phuku, Louis Eale Efoto, Jean Paul Kota-te-Nyiwa Ngbolua, Thierry Tabou Tangou, Mayoko Kifuani, Nicolas Kalulu Taba et Emmanuel Makaly Biey. 2018. Dépollution biologique des lixiviatés de la décharge des déchets de Mpsa à Kinshasa, R D Congo avec le jus d'*Averrhoa carambola* (Oxhalinaceae). International Journal of Current Innovations in Advanced Research, 1(6): 107-117.

Copyright: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. **Copyright©2018;** Achille Kaboka Kitambala, Edmond Phuati Phuku, Louis Eale Efoto, Jean Paul Kota-te-Nyiwa Ngbolua, Thierry Tabou Tangou, Mayoko Kifuani, Nicolas Kalulu Taba et Emmanuel Makaly Biey.

1. Introduction

Les dispositions acquises par la répétition sont caractérisées par différents modes de consommation lesquels déversent d'énormes quantités de déchets dans l'environnement. Bien que la gestion de ces déchets connaisse une évolution temporelle, les politiques environnementales sont sujet à des préoccupations et des controverses d'une nation à une autre (Tahar *et al.*, 2010; Renou *et al.*, 2014). De même, la majorité des pays en développement, dont la République Démocratique du Congo, utilisent le stockage comme mode de traitement des déchets solides dans des décharges contrôlées ou sauvages Arrizabalaga, (1995). Quant aux déchets liquides, ils sont directement déversés dans les caniveaux les drainant vers les cours d'eau, sans une quelconque épuration préalable. La collecte des déchets solides de 9 communes de la Ville Province de Kinshasa sont transportés et stockés à la décharge finale de Mpsa. Ces déchets exposés dans les conditions anaérobiques et aux intempéries (T°C, pluies et l'air humide...) se dégradent et produisent des émanations gazeuses, du compost et un liquide de percolation: les lixiviatés. Ces derniers sont sans vie, inodores et retenus dans trois bassins de lagunage. Leurs analyses physico-chimiques ont révélé qu'ils ont des concentrations excessives en métaux lourds (Mavakala *et al.*, 2016), un pH très basique (12.3) et contiennent des substances toxiques difficilement extractibles par les traitements physiques et chimiques classiques (Renou *et al.*, 2010).

Selon le même auteur, l'osmose inverse par filtration directe est le procédé de traitement de finition des lixiviatés le plus pratiqué actuellement. Bannama *et al.*, (2010), conseillent de traiter les lixiviatés avec de la sciure de bois naturelle activée chimiquement par absorption en discontinu. Cette méthode est malheureusement limitée et perd ses performances quand bien même elle pourrait ou pas être couplée avec d'autres procédés innovants, si les lixiviatés sont fortement chargés. En outre, les lagunages à macrophyte érigées pour traiter les lixiviatés de Mpsa ont aussi montré leurs limites épuratoires (Mavakala *et al.*, 2016). Selon Christophe Boucher (2014), le traitement des lixiviatés sous forme d'effluents complexes nécessite une expertise particulière. La littérature renseigne en effet que non seulement les plantes aquatiques flottantes et les microorganismes sont utilisés dans l'épuration et la purification de l'eau, les champignons macroscopiques et les parties des arbres regorgent des drogues capables de réduire les constituants organiques et minéraux d'un effluent (Madigan et Martinko, 2007). Ces techniques naturelles consistant en l'utilisation des composés

(métaboliques) phytochimiques et phytobiologiques sont sans inconvénients sur l'environnement après usage. Beaucoup de profits dérivent des productions directes telles que celles qui proviennent de jus de fruits composés d'épaississants (coagulant, durcissant, liant, condensant, s'empattant) et de gélifiants (fossilisant, solidifiant). Cette recherche fait recours au traitement biologique, pour la minéralisation des lixiviats de la décharge de Mpsa suivi de l'évaluation de la charge microbienne, la réduction des impuretés et de leur caractère encrassant occasionnées par le jus des fruits d'*Averrhoa carambola*, dans un mélange à une proportion bien déterminée. En effet, la composition de jus des fruits d'*A. carambola* est riche en métabolites phytochimiques et phytobiologiques fait de celui-ci un bon bio-coagulant et bio floculant efficaces pour permettre la dépollution et la fixation du caractère encrassant des lixiviats.

Exigences relatives au déversement

Les lixiviats de décharges entrent dans une autre catégorie que les eaux usées communales et industrielles (Stengele, 2012). Ils apparaissent comme non seulement une pollution, mais comme un vecteur des polluants que présentent les décharges pour l'environnement dont on recherche des indicateurs (DBO/DCO, CE, anions et cations, chromatographie....) (Arrizabalaga, 1995). La principale référence pour la définition des exigences relatives au déversement des lixiviats de décharge est l'ordonnance sur la protection des milieux récepteurs et le respect de l'état de la technique utilisée pour traiter et déverser les lixiviats de la décharge captés, soit dans les égouts, soit dans l'eau courante (Stengele, 2012).

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel.

Les lixiviats étaient prélevés dans le premier bassin de lagunage du centre d'enfouissement technique de Mpsa dans 7 futs de 250 Litres le 12/04/2016. Ils étaient transportés et stockés au Jardin JEEP (Jardin pour l'Élevage dans les Parcelles) de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa. Alors que les fruits d'*A. carambola* ont suffi pour extraire du jus pour servir de biocoagulant dans les solutions tests Lix (j : k), j : les proportions du jus des fruits d'*Averrhoa carambola* dans la solution test et k : les proportions des lixiviats, avec j (mL) = 25, 50, 75, 100, 150 et 250 et k (mL) = 1000.

Le matériel pour extraire le jus des fruits d'*A. carambola* comprenait : fruits d'*A. carambola* murs, récoltés dans le jardin de l'université de Kinshasa. Manche en bois (poignée) : 1, cylindre en aluminium : 1 ; seau en plastique de 5 Litres : 1. L'équipement pour l'étude de leurs propriétés physico chimiques comprenait : spectrophotomètre à fluorescence X (Spectro Xepos Ametek) : 1 ; spectrophotomètre de marque Hach série 2400 : 1 ; multi paramètre Testr 35 Séries Oakton : 1.

Enfin, l'équipement pour les analyses microbiologiques était : incubateur de marque Heraeus, Van der heyden : 1 ; plaque chauffante : 1 ; boîtes de Pétri : 21 ; hotte : 1 ; balance Sartorius sensibilité 0,1 ; tubes à essais de 2000 mL : 18 ; hanse de platine : 1 ; bec benzène avec du gaz butane : 1 ; des milieux de culture : Tryptic Soy Agar (TX) ; Triptone Bile X-Glucuronide (TBX) ; Mac Conkey; Slanetz Bartley Agar (SBA); Saburraux Agar à la gentamicine (SA) et Eosine Bleu de Méthylène.

2.2. Méthodes

Les fruits d'*Averrhoa carambola* mûrs étaient lavés et pressés dans un seau en plastique à l'aide d'une manche en bois (poignée), dans un cylindre en aluminium pour obtenir du jus. Concernant les solutions tests, on mélangeait suivant les proportions ci-dessus. Les solutions

tests ont été mélangées suivant les proportions ci-après : Lix (1 : 40) ; Lix (1 : 20) ; Lix (3 : 40) ; Lix (1 : 10) ; Lix (3 : 20) et Lix (1 : 4). Dans cette notation, Lix (1 : 40) signifie un mélange du jus de fruits d'*Averrhoa carambola* à saveur sucrée acide et de lixiviat dans les proportions de 1 et 40, soit respectivement 25 mL dans 1000 mL et Lix (1 : 10) veut dire un mélange des lixiviats dans la proportion 1 et 10, soit respectivement 100mL dans 1000 mL. Ces solutions tests furent aérées durant 5 jours pour les minéraliser. Les figures A et B montrent les processus de leur minéralisation et de leur biodégradation.

Notons aussi que les analyses des microorganismes ont consisté à la recherche d'*Escherichia coli*; des bactéries pathogènes et des levures (*Candida albicans*). Leurs cultures étaient faites en se servant de la méthode de dilution dans les tubes à essais ou dans les boîtes de Pétri contenant les milieux de culture. A l'aide d'une hanse de platine, les gouttes de la solution étaientensemencées et avait été incubées à la température de croissance des microorganismes. Les cultures étaient lues au travers les boîtes de pétri et au travers les tubes. Les résultats en unité formant colonies étaient calculés avec la formule:

$$N_{ct} = N_c * d \text{ (UFC/L)} \quad (1)$$

N_{ct} : Nombre des colonies total ; *N_c* : Nombre des colonies; *: Signe de multiplication ; *d* : Dilution; (UFC/L): Unité Formant Colonie par Litre;

D'autres caractéristiques physico chimiques furent déterminées comme: la densité par la méthode automatique (Astm D4052) ; la tension superficielle par la méthode de la goutte tombante avec pipette à Duclaux; la viscosité par la méthode ASTM D445 ; la matière sèche par l'étuvage; la DCO par la méthode de dichromate de potassium et l'Oxygène dissous à l'aide de la sonde digitale YSI Proodo d'oxygène dissous.

4. Résultats et Discussion

Au bout de 5 jours, chacune des solutions tests était prélevée et analysée pour déterminer leurs nouveaux des constituants physiques, chimiques et microbiologiques. Les caractères physico-chimiques et microbiologiques étaient déterminés dans les lixiviats (Kitambala *et al.*, 2018), dans le jus de la carambole, en plus des tests phytochimiques et phytobiologiques, mais, seuls les tests microbiologiques étaient obsolètes (Kitambala *et al.*, 2018) (sous presse). La confrontation des résultats a montré que la solution test Lix (1 : 10) avait un bon rendement de minéralisation et de dégradation.

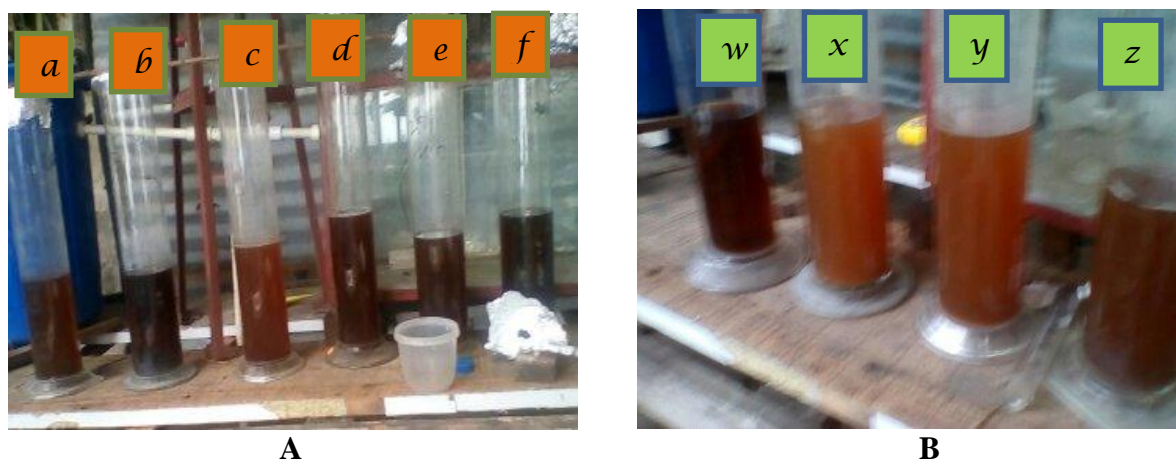


Figure A et B: minéralisation et biodégradation dans les lixiviats tests en fonction de l'aération et du temps

Figure A, à près 24 heures: *a*: dilution lix. 1: 4; *b*: dilution lix. 3: 20; *c*: dilution lix. 1 : 10 ; *d*: dilution lix.3 : 8 ; *e* : dilution lix.1 : 20 ; *f*: dilution lix. 1: 40.

Figure B à près 72 heures: *w*: dilution lix. 3: 20; *x*: dilution lix. 1: 10; *y*: dilution lix. 3:8; *z*: dilution lix. 1: 20.

Les résultats des analyses du lixiviat, du jus de fruits de carambole et de cette solution test à bon rendement sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 1. Caractéristiques physiques de lixiviat, du jus de fruits de carambole et de la solution test Lix (1:10).

Echantillons	pH (-)	α (Dyne / cm)	σ (mm ² /s)	γ (mS/cm)	T (°C)	MS (mg/L)
Lix (0 : 0)	12.3±0.0	71.4±51.4	12.2±0.0	6.9±5.7	28,2±5.2	68.6±10.45
Car (0 : 0)	2.3±0.0	122.4 ±0.6	2.3±0.0	7.7±0.1	27.5±1.3	60.7±9.95
Lix (1 : 10)	7.6±0.2	167.7±5.5	7.6±0.2	4.7±5.5	25.6±5,7	74.1±5.45

pH ≡ Potentiel d'Hydrogène, α ≡ La tension superficielle, σ ≡ la viscosité, γ ≡ la Conductivité électrique, T ≡ la température et MS ≡ les matières sèches

Tableau 2. Caractéristiques physico chimiques de lixiviat, du jus de fruits de carambole et de la solution test Lix (1 :10)

Echantillons	Oxygène dissous (mgO ₂ /L)	DCO (mgO ₂ /L)	DBO (mgO ₂ /L)	COT (mg/L)
Lix (0 : 0)	3.0±0.8	13797.1±1187	1590±483.8	24676.9±2122
Ca (0 : 0)	0.2±0.0	-	-	77.7±0.1
Lix (1 : 10)	5.63±0.1	2197.2±528.4	1269.7±432.2	12642.7±1462.6

Tableau 3. Concentrations des constituants chimiques majeurs du jus de fruits de carambole, de lixiviats et de la solution test Lix (1 :10) analysées à l'aide de la Fluorescence X

C _p	Ca (0 : 0)	Lix (0 : 0)	Lix (1 :10)
Al (mg/L)	9.1±1.5	19.2±2.7	11.9±2.1
Si (mg/L)	20.2±3.2	40.3±6.9	17.1±3.3
P (mg/L)	35.1±4.1	5.6±1.0	12.4±2.2
S (mg/L)	71.2±11.1	36.2±7.8	40.7±6.3
Cl (mg/L)	103.6±12.6	1009.4±94.4	1095.3±93.4
K (mg/L)	255.3±24.4	236.1±22.1	268.0±26.5
Ca (mg/L)	1.0±0.2	1.9±0.3	2.6±0.4
Sc (mg/L)	3.5±0.7	2.8±0.5	3.1±0,6
Ti (mg/L)	4.7±0.8	13.7±1.6	7.6±1.0
V (mg/L)	2.5±0.3	1.3±0.2	1.1±0.2
Cr (mg/L)	4.3±0.7	3.7±0.7	3.2±0.6
Mn (mg/L)	0.5±0.2	1.3±0.2	1.1±0.2
Fe (mg/L)	13.5±1.3	12.4±1.4	9.5±1.1
Co (mg/L)	2.4±0.5	1.6±0.4	6.1±1.2
Ni (mg/L)	3.7±0.9	4.1±0.9	3.3±0.9
Cu (mg/L)	2.2±0.5	3.2±0.5	2.5±0.5

Zn (mg/L)	2.1±0.3	0.7±0.1	0.8±0.2
Mo (mg/L)	1.7±0.3	2.0±0.3	0.4±0.1
Rb (mg/L)	3.4±0.6	2.2±0.3	2.5±0.3
Sr (mg/L)	0.5±0.2	0.6±0.2	0.7±0.2
Cd (mg/L)	6.4±1.2	3.8±0.8	4.1±1.0
I (mg/L)	5.2±1.1	10.6±1.5	4.9±0.6

Du tableau 1, les lixiviats ont un pH très basique 12,3 qui a été neutralisé en les mélangeant avec le jus de la carambole, une substance naturelle acide à pH = 2,3. La neutralisation qui en résulte d'une solution test Lix (1: 10) de pH 7,6. Une telle solution répond aux conditions vitales, augmente les décomposeurs et répond aux normes de rejet (Arrizabalaga, 1995; Matejka *et al.*, 1994). Les mêmes analyses attestent qu'après minéralisation, il y a biodégradation entraînant la disparition des polluants, la diminution de la DCO et du COT à la température ambiante, bien que l'oxygène dissous augmente avec l'augmentation de celle-ci. Cette augmentation est indépendante de la pression partielle d'oxygène (pO_2). La conductivité électrique 6,9 mS/cm est descendue à 4,6 mS/cm. Cette variation serait liée à des fortes teneurs en chlorures observées lesquelles influenceraient la minéralisation des lixiviats. Le jus de fruit de la carambole est révélateur pour déclencher la minéralisation des lixiviats les rendant biodégradables, car biologiquement, il y a apparition des formes de vie (apparition des asticots et d'une mousse blanche, élevage des moustiques et formation des boues résultant de l'activité microbienne), et d'autres impuretés sont constamment réduites dans la solution test Lix (1 : 10). Les teneurs en manganèse, zinc et plomb sont plus faibles en raison de leur réduction par les bactéries mais les valeurs obtenues sont encore supérieures à celles des stations d'épuration des eaux usées (Drakides *et al.*, 1987). Si les deux premiers éléments constituent les nutriments pour la croissance des microorganismes, le plomb, quant à lui, sert d'inhibiteur. Lors des analyses, on a enregistré des teneurs en Zn^{2+} dans le lixiviat plus faibles que celles trouvées par (Park *et al.*, 1999). Les teneurs en Fe^{2+} sont par contre élevées et sont probablement dues à la forte présence des matières organiques, comme l'a suggéré (Buffle, 1977).

Les variations des concentrations des constituants majeurs dans les lixiviats et dans la solution test Lix (1:10) ont été observées pour confirmer l'épuration du mélange. Appelons:

$C_{pLix(0:0)}$: concentration d'un constituant majeur dans le lixiviat

$C_{pLix(1:10)}$: concentration d'un constituant majeur dans la solution test Lix (1 :10)

$C_{pRef(0:0)}$: concentration d'un constituant majeur dans la solution étalon.

A la fin de la minéralisation dans la solution test Lix (1:10), la variation de la concentration d'un constituant majeur est:

$$\Delta C_p = C_{pLix(0:0)} - C_{pLix(1:10)} \quad (2)$$

Cette concentration peut augmenter, diminuer ou être égale à celle du constituant majeur dans le lixiviat, Lix (0 : 0), soit,

- $\Delta C_p > 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) est partielle durant le traitement ;
- $\Delta C_p = 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) est nulle durant le traitement ;
- $\Delta C_p < 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) voit la concentration de celui-ci durant le traitement augmenter;

De même, la variation de la concentration du constituant majeur dans la solution test Lix (1 :10) par rapport à celle de la solution étalon Réf (0 : 0) est,

$$\Delta C_{PR} = C_{pRéf(0:0)} - C_{pLix(1:10)} \quad (3)$$

Cette concentration peut aussi augmenter, diminuer ou être égale celle du constituant majeur dans la solution étalon, Réf (0 : 0), soit,

- $\Delta C_{PR} > 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) est partielle durant le traitement ;
- $\Delta C_{PR} = 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) est nulle durant le traitement ;
- $\Delta C_{PR} < 0$ si la minéralisation du polluant (constituant majeur) voit la concentration de celui-ci durant le traitement augmenter;

Tableau 4. Variation des concentrations des constituants chimiques majeurs des lixiviats Lix (0 : 0) et Lix (1 : 10) par rapport à l'étalon

Element	Etalon	Lix (0:0)	Lix (1: 10)	ΔC_p	ΔC_{PR}
Al (mg/L)	9.5	19.2	11.9	7.4	-2.4
Si (mg/L)	13.5	40.3	17.1	23.2	-3.6
P (mg/L)	ND	5.6	12.4	-6.8	ND
S (mg/L)	16.9	36.6	40.7	-4.1	-23.8
Cl (mg/L)	42.7	1009.4	1095.3	-85.9	-1052.6
K (mg/L)	5.1	236.1	268	-31.9	-262.9
Ca (mg/L)	6.1	1.9	2.6	-0.7	3.5
Sc (mg/L)	1.1	2.8	3.1	-0.3	-2.0
Ti (mg/L)	3.4	13.7	7.6	6.1	-4.2
V (mg/L)	0.8	1.3	1.1	0.2	-0.3
Cr (mg/L)	7.7	3.7	3.1	0.5	4.5
Mn (mg/L)	2.2	1.3	1.0	0.2	1.1
Fe (mg/L)	4.7	12.4	9.3	2.9	-4.8
Co (mg/L)	2.3	1.6	6.1	-4.5	-3.8
Ni (mg/L)	0.5	4.0	3.3	0.7	-2.8
Cu (mg/L)	0.3	3.2	2.5	0.7	-2.2
Zn (mg/L)	0.6	0.7	0.8	-0.1	-0.1
Mo (mg/L)	4.1	2.0	0.4	1.7	3.7
Rb (mg/L)	5.8	2.2	2.5	-0.3	3.3
Sr (mg/L)	4	0.6	0.7	-0.1	3.3
Cd (mg/L)	9.5	3.8	4.1	-0.3	5.4
I (mg/L)	13.5	10.6	4.9	5.7	8.5

Les colonnes 5 et 6 du tableau 4 reprennent les variations (les analyses par rapport à la solution teste), des concentrations des constituants chimiques majeurs des lixiviats Lix (0 : 0) par rapport à la solution test Lix (1 : 10) d'une part et d'autre part celle de la solution étalon Réf (0 : 0) par rapport à la solution test Lix (1 : 10). Ainsi, lors de ce traitement biologique

de lixiviats, la minéralisation consécutive a produit une diminution des concentrations des constituants majeurs suivants : I, Mo, Cu, Ni, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Si et Al. Par contre, elle a produit une augmentation de la concentration des constituants majeurs suivants : Cd, Sr, Rb, Co, Sc, Ca, K, Cl, S et P. Par rapport à la solution étalon Réf (0 : 0), les constituants majeurs suivants I, Cd, Mo, Zn, Fe, Ti, Ca, Cr, Mn, et Sc ont vu leurs concentrations ont diminuées pendant que les constituants majeurs suivants Al, Sr, Rb, Mo, S, Cl, K, V, Co, Ni, Cu ont vu leurs concentrations augmentées. La minéralisation des métaux lourds quant à elle, est incomplète. Les concentrations résiduelles sont : Ti (0,4mg/Kg) ; Sc (0,13 mg/Kg) et V (0,13 mg/Kg). Cette diminution des concentrations des éléments majeurs ci-dessus (colonne 2, 3 et 4 du tableau 4), provient de l'intensification de l'activité microbienne après mélange aéré des lixiviats avec le jus de la carambole à la suite de la dégradation de la charge organique par les bactéries hétérotrophes du genre *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes sp*, *Archromobacter*. La dégradation des solutions tests était accompagnée d'un dégagement d'une odeur fécaloïde comme celle des lixiviats de la décharge non contrôlée de d'El-Kerma d'Oran en Algérie (Maynard *et al.*, 1999; Bennama *et al.*, 2010). Le traitement a produit des changements perceptibles dans les effluents tests (changement de couleur, apparition des odeurs, formation des floccs et décantation des boues) comme sur la figure 3.



Figure 3. Formation des floccs dans le surnageant, et décantation des matières en suspension en boue à près 30 minutes dans les cônes à Imhof

La dégradation des lixiviats est due également à la faible diminution de la conductivité électrique γ (6,9 mS/cm dans les lix : (0 : 0) à 4,7mS/cm dans la solution teste Lix : (1 : 10) indique une forte minéralisation attribuée aux substances chimiques dont : les chlorures (1095.3mg/L), le potassium (268 mg/L) et le phosphore (12.4 mg/L). Les autres paramètres physiques des lixiviats de Mpsa dus à leurs fortes charges organiques et minérales ont des valeurs de loin inférieures à celles trouvées par Bennama *et al.*, (2010).

Donc, l'activité microbienne dans la solution test Lix (1 :10) est principalement stimulée par les bactéries qui assurent à travers les enzymes, la dégradation de la matière organique en générale et particulièrement, la transformation des molécules complexes en molécules plus simples qui est liée au changement de la coloration qui y apparaît. Le tableau 5 reprend la quantité des boues formées dans la solution teste Lix : (1 : 10) en fonction du temps. Cette boue est constituée des déjections et des cadavres des microorganismes et des restes de la matière organique non digérée.

Tableau 5. Biodégradabilité dans la solution test Lix (1 : 10) en boue en fonction du temps

Echantillons	Masses des boues (g)/ temps			
	30'	1h00'	1h30'	2h00'
Lix 1 : 10 (mL/mL)	4.03 g	4.50 g	5.10 g	5.80 g

Le tableau 6 ci-dessous décrit le développement des colonies microbiennes dans la solution test Lix (1:10).

Tableau 6. Colonies microbiennes dans les milieux de culture dans la solution test Lix (1 : 0)

Milieux de culture	Lix (0:0)	Lix (1 :10)
	Colonies microbiennes (UFC)	Colonies microbiennes (UFC)
TX	0,00	108
TBX	0,00	74
Mac Conkey	107	Tapis
Miller Hitton	0,00	0,00
SAB	248	77
SB	0,00	Tapis
E.B.M	3,00	71

Légende: TBX: Triptone Bile X–Glucuronide ; TX: Tryptic Soy Agar; Eosine Bleu de Méthylène; SBA: Slanetz Bartley Agar; SA: Saboureau agar.

Le tableau 6 ci-dessus reprend les colonies microbiennes dans les lix (0: 0) et dans la solution teste lix (1 : 10). Il montre la croissance des microorganismes ayant colonisés les milieux lors des expériences. On voit que le nombre des colonies dépasse s'augmente et même jusqu'à l'envahissement complet sur le boites de pétri d'une part et d'autre part, elle détermine la dénitrification de l'azote. Cette dernière peut suggérer que l'azote lixivié par la décharge l'est majoritairement sous forme ammoniacale.

Conclusion

Cette recherche était conduite sur les lixiviats non biodégradables, réfracteurs et stabilisés de la décharge de Mpassa à Kinshasa, en République Démocratique du Congo. Elle montre que la solution Lix (1 :10) est devenue biodégradable grâce au transfert des ions entre les lixiviats et le jus de fruit de carambole. Cette solution test Lix (1 :10) possède de bons paramètres physico chimiques (pH, C.E., DCO et O₂ dissous). Sa couleur grise-noire a viré en jaune pâle à la température oscillait entre 25,5 °C et 32 °C. Les particules ont sédimenté au fond des cônes Imhof d'une façon individuelle pour former une phase compacte (boue) contenant la quasi-totalité des matières en suspension (MES).

Une interface a séparé nettement le surnageant clarifié (fertilisant) de la boue formée (exprimée en mL/L) par des réactions biochimiques et chimiques de complexation, de précipitation-dissolution et devrait suivre une autre filière de traitement, tant qu'elle englobe une biomasse microbienne viable. Ces particules ont occupé un volume mesurable après 30 minutes. Ces essais vont être finalisés dans un procédé pilote de traitement biologique en cours de déploiement où les microorganismes seront les acteurs principaux.

References

1. Anonyme, 2016. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, CIQUAL, France.

2. Arrizabalaga Philippe, 1995. Etude des lixiviats de décharges : approche écotoxicologique, Lausanne.
3. Benslama, A. 2016. Substances d'origine végétale, Université Mohamed Khider-Biska, Maroc.
4. Boucher Christophe, 2014. Traitement des lixiviats: des affluents complexes qui nécessitent un traitement poussé, l'eau, industrie les nuisances, 60 Rue du dessous des Berges 75013 Paris- 01 44 84 78 78, N° de page 49.
5. Buffle, J.P. 1977. Les substances humiques et leurs interactions avec les ions minéraux, TSM, 1: 72.
6. Dagot Christophe et Laurent Julien, 2014. Module d'enseignement ASTEP, école nationale du Génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, France.
7. Drakides, C. et Gervais, M. 1987. Potentialités désinfectantes du lagunage par microphytes en climat chaud. Premières observations. Inter-University Seminar on wastewater in waste stabilization ponds and Aerated lagoons.
8. Gravot Antoine, 2009. Support de cours sur le métabolisme secondaire (Equipe pédagogique Physiologie Végétale, UMR 118 APBV), Université de Rennes 1– L2 UE PHR).
9. Guellouz Sami, 2010. Modélisation de la migration de colloïdes dans un milieu poreux. Hydrology. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, French. tel-00529457.
10. Kitambala, A.K., Musibono, D.E., Tangou, T.T., Efoto, E.L., Phuku, P.E., Solo, K.T., Wanduma K. and Biey, M.E. 2018. Level of toxicity of leachate from the Mpsa technical landfill site (CET) in Kinshasa, Democratic Republic of Congo (DR Congo). International Journal of Environmental Sciences, 12(1): 1-7.
11. Latham Paul et Konda ku Mbuta, 2006. Quelques plantes utiles du Bas-Congo province, Deuxième édition, République Démocratique du Congo.
12. Madigan Michel et Martinko John, 2007. Biologie des micro-organismes, 11^{ème} éd. Nouveaux horizons–ARS, Paris.
13. Matejka, G., Rinke, M., Mejbri, R. and Bril, H. 1994. Pollution engendrée par un lixiviat de décharge d'ordures ménagères: Bilan hydrique et caractérisation. Environmental Technology, 15(4): 313-322.
14. Mavakala Bienvenu, K., Le Faucheur Séverine, Mulaji Crispin, K., Laffite Amadine, Naresh, Devarajan, Biey Emmanuel, M., Giuliani Gregory, Otamonga Jean-Paul, Kabatusuila Prosper, Mpaina Pius, T. et Poté John, 2016. Leachats draining from controlled municipal solid waste landfill : detailed geochemical characterization and toxicity tests, éd. ELSEVIER, journal homopage, Suisse.
15. Maynard H.E., Ouki, S.K. and Williams S.C. 1999. Tertiary lagoons: A review of removal mechanisms and performance. Water Research, 33: 1-13.

16. Park, S., Joe, K.S., Han, S.H., Eom, T.Y. and Kim, H.S. 1999. Characteristics and distribution of metallic elements in landfill leachates. *Environmental Technology*, 20: 443-448.
17. Ramade, 2010. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, DUNOD, France.
18. Renard et Giniès, 2009. la technique du Matériel Insoluble à l'Alcool (MIA), Paris, France.
19. Stengele Rita Hermanns, Friedlipartner, A.G., Zurich Ruedi Moser, Hunzike Betech, A.G. and Winterthour, 2012. Exigences applicable au déversement du lixiviat de décharge, OFV, VSA, ASED, Berne.
20. Tahar Bennama, Younsi Abdelkader, Deriche Zoubir et Debab Abdelkader, 2010. Caractérisation et traitement des lixiviats de la décharge publique d'El-Kerma (Algérie) par adsorption en discontinu sur de la sciure de bois naturelle et activée chimiquement, Algérie.
21. Taiz Lincoln and Zeiger Eduardo, 2006. Secondary metabolites and plant defense in: *plant physiology*, fourth edition, Sinauer Associates, chap. 13.