

Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d'Afrique subsaharienne : caractérisation des déchets urbains à Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières

Louis BABOY LONGANZA^{1,2}, Laurent KIDINDA KIDINDA^{1*}, Dominique TSHIPAMA TAMINA³,
Adonis TOMBO JACOB¹ et Marcel TSHIJIKA IKATALO⁴

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo; BP 1825

²Collaborateur scientifique à l'Université Libre de Bruxelles, Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs, Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de production végétale, B-1050 Bruxelles, Belgique.

³Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Station de KIPOPO, RD Congo.

⁴Institut supérieur des Techniques médicales (ISTM), Kolwezi, RD Congo.

* Correspondance, courriel : kidindalaurent@gmail.com

Résumé

Un essai évaluant la qualité de différents composts issus des déchets urbains de la ville de Lubumbashi a été installé suivant un dispositif complètement randomisé à quatre répétitions. Trois types des composts caractérisés et comparés aux traitements avec NPK et sans fertilisation ont été appliqués dans des pots contenant le maïs et le haricot commun. La caractérisation était basée sur les paramètres physiques, chimiques et microbiologiques. Après analyse, les rapports C/N obtenus ont varié entre 12,772 et 13,612. Les teneurs moyennes des composts en C (5,988%), N (0,448%), P (2,31%) et K (1,138%) répondaient positivement aux normes internationales prises comme référence. Quant à la présence des métaux lourds, les concentrations enregistrées sont normales par rapport aux normes standards. L'analyse microbiologique a révélé la présence de bactéries de genres *Escherichia* et *Staphylococcus*. Les taux de germination et de survie du maïs et d'haricot étaient de 100% et la combinaison ordures de décharge publique + la paille + fumier donne des résultats similaires ou supérieurs au NPK alors. La valorisation des déchets de la ville de Lubumbashi par compostage est une bonne option dans un contexte de cherté des engrais minéraux et de la quasi-inexistence, au niveau de la municipalité, d'une politique de gestion des déchets.

Mots-clés : *compost des déchets urbains, maturité du compost, éléments fertilisants, microorganismes.*

Abstract

Agricultural valorization of waste as an alternative to their management in the sub-Saharan Africa cities: characterization of urban waste at Lubumbashi and evaluation of their effects on the growth of the staple crops

A trial evaluating the quality of different composts from urban waste of the city of Lubumbashi was installed following a completely randomized design with four repetitions. Three types of composts characterized and compared to treatment with NPK and without fertilization were applied in pots corn and common bean. The characterization was based on physical, chemical and microbiological parameters.

After analysis, the C / N ratios obtained varied between 12.772 and 13.612. Average grades of compost C (5.988%), N (0.448%), P (2.31%) and K (1.138%) responded positively to international standards. As for the presence of heavy metals, recorded concentrations are normal compared to standard norms. Microbiological analysis revealed the presence of two bacteria's gender *Escherichia* and *Staphylococcus*. The effects of these three composts on crop growth were beneficial. The dump garbage combination + straw manure giving similar or better results than NPK, while the germination and survival of maize and beans were 100%. Despite the presence of pathogenic species, *Escherichia coli*, the recovery of waste from the city of Lubumbashi composting is a good option in a context of high prices of mineral fertilizers and almost nonexistent at the level of the municipality, waste management policy.

Keywords : *urban waste compost, compost maturity, nutrients, microorganisms.*

1. Introduction

Globalement, plus de gens vivent dans les zones urbaines que dans les zones rurales, avec 54% de la population mondiale vivant dans les zones urbaines en 2014. Cette population urbaine est passée de 746 millions en 1950 à 3,9 milliard en 2014 [1]. En Afrique, 40% de population vivant en ville en 2000 augmentera de 50 à 60% entre 2035 et 2050 [2]. La ville de Lubumbashi en République Démocratique du Congo (RDC) est confrontée à cette situation et connaît ces dernières années une démographie de plus en plus galopante. La conséquence est l'augmentation importante des déchets solides ménagers qui croît avec la production des biens de consommation [4]. Ces déchets constituent une menace pour la santé humaine et l'environnement et principalement pour les populations voisines des décharges publiques. Parallèlement, ces déchets constituent une source importante de matière organique pour la production des composts [5]. Dans le contexte d'insécurité alimentaire, de réduction de la fertilité des sols et de la hausse des prix des engrais sur les marchés, il apparaît nécessaire d'utiliser pour l'agriculture les nutriments disponibles et à faible coût [6].

De plus, l'application exclusive des engrais minéraux n'est généralement efficace que pendant les premières années d'apports continus; on constate en effet une baisse de rendement après quelques années à cause de la dégradation des propriétés des sols [7]. Des options alternatives de gestion de la fertilité des sols tropicaux incluant l'usage des ressources naturelles disponibles localement comme les déchets d'agro-industrie et les composts de bio déchets (ménagers) semblent être une nécessité vitale. Outre leur importance dans le recyclage des éléments nutritifs, le compostage des déchets ménagers est une méthode efficace d'assainissement du milieu [8], permet d'hygiéniser les résidus ménagers et de les transformer en humus en une période relativement courte [9]. Ainsi, l'emploi du compost de déchets rend indispensable la détermination de sa qualité avant son utilisation en agriculture [13]. Le but de ce travail est d'évaluer la qualité de composts des déchets urbains afin de les utiliser comme engrais organique.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu

L'essai a été conduit au champ expérimental de la Faculté des Sciences Agronomiques à l'Université de Lubumbashi (UNILU) dans la province du Katanga, en RDC (1243 m d'altitude, 11°39' de latitude Sud et 27°28' de longitude Est). La pluviométrie annuelle avoisine 1270 mm avec une saison de pluie de 118 jours, alors que la température moyenne annuelle est d'environ 20°C avec une grande stabilité interannuelle [6].

Le taux d'humidité moyenne est de 62% avec un niveau d'humidité minimum moyenne de 52 % en saison sèche (juin – août) et un maximum de 80 % durant la saison pluvieuse (novembre – mai). Les sols de Lubumbashi et ses environs sont dominés par les sols ferrallitiques jaune, ocre-jaune et rouge suivant la position topographique et le drainage [14].

2-2. Matériel

Le matériel végétal a été constitué de deux espèces, *Phaseolus vulgaris* (haricot commun), variété locale produite à l'Institut National pour l'Etude et la recherche Agronomique (INERA) et de *Zea mays* (maïs), variété UNILU qui a été obtenue à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi. Les composts (C) utilisés ont été fabriqués à base de différents substrats: ordures de décharge publique seules (C1), ordures de décharge publique+la paille (C2) et les ordures de décharge publique + la paille + fumier de poules (C3). Les fumiers de poules ont été obtenus à la ferme DAIPN/Station de Kilobelobe tandis que les déchets ménagers ont été obtenus au dépotoir public près d'un des grands marchés de la place.

2-3. Méthodologie

Deux essais ont été installés en vue d'évaluer la qualité de ces trois types de compost, dans un dispositif complètement randomisé à quatre répétitions de cinq traitements. Les critères d'évaluation étaient la maturité, la granulométrie et la présence de corps étrangers, les éléments fertilisants, les métaux lourds et les microorganismes. Vingt graines de chaque culture ont été semées dans des sachets en polyéthylène contenant du sol seul, du compost mélangé à du sol et du sol+NPK. Le substrat a été réparti dans les sachets en polyéthylène à raison de 500 g de compost et 1500 g de sol. Les traitements étaient constitués des pots sans fertilisation (T0), NPK (T1), C1 (T2), C2 (T3) et C3 (T4). Le semis a été effectué le 1^{er} mai 2014 à raison d'une graine par sachet pour toutes les deux cultures. Les travaux d'entretien consistaient aux opérations de binage, sarclage et arrosage afin de maintenir l'humidité du sol entre 60 et 80 % de la capacité au champ [15]. Après 15 jours d'incubation, la maturité du compost a été évaluée suivant le pourcentage de germination et de taux de levée des différents traitements qui a été de 100%.

Les composts séchés ont été fractionnés à l'aide de tamis de 2 mm. Le carbone organique, la matière organique, l'azote total, le phosphore total, le potassium total et les métaux lourds ont été déterminés selon les méthodes décrites par [5]. L'identification des germes pathogènes réalisée selon la méthode standard de l'Institut Pasteur (1954) au grand laboratoire de Lubumbashi. Les échantillons de sols et de composts ont été également analysés dans le même laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle (OCC). Les pourcentages de germination (taux de levé), taux de survie, taille des plantes et nombre des feuilles des cultures ont été évalués statistiquement par des analyses de variances en utilisant le logiciel Minitab version 16 et les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Tukey au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Examen de la qualité du compost

Les valeurs moyennes des différentes fractions (2-5 mm, ≤ 2 mm) sont respectivement de 23,5 et 74%, suggérant que la grande quantité des composts était constituée des particules fines (*Tableau 1*).

Tableau 1 : *Composition granulométrique (%) des composts de déchets urbains de la ville de Lubumbashi. C1 : ordures de décharge publique seules ; C2 : ordures de décharge publique + la paille ; C3 : ordures de décharge publique + la paille + fumier (fiente de poule)*

Fractions	C1	C2	C3	Moyenne
2 - 5 mm	22,6	25,3	22,8	23,5
≤ 2 mm	77,2	74,8	70	74

Le **Tableau 2** présente la teneur en éléments majeurs dans les différents composts. C3 présente une teneur élevée en potassium et en phosphore (respectivement 1,421% et 2,690mg.kg⁻¹) que C1 et C2. Le rapport C/N (13,310) est cependant compris entre la gamme normale prescrite par la FAO (15-20) et (AFNOR <20).

Tableau 2 : *Concentration en éléments majeurs présents dans les composts de déchets solides de la ville de Lubumbashi. (%), (mg.kg⁻¹). C1 : ordures de décharge publique seules ; C2 : ordures de décharge publique + la paille ; C3 : ordures de décharge publique + la paille + fumier (fiente de poule)*

	N	Ca	C	Mg	P	K	C/N
C1	0,392	3,102	5,007	0,768	2,012	0,989	12,772
C2	0,441	3,635	5,975	0,489	1,991	1,004	13,548
C3	0,513	3,786	6,983	1,708	2,690	1,421	13,612
Moyenne	0,448	3,507	5,988	0,988	2,231	1,138	13,310
Norme FAO	0,4 – 0,5					0,4 – 2,3	15 – 20
Norme AFNOR	> 0,25					> 1	< 20

Les résultats obtenus après analyse des composts au laboratoire ont révélé la présence des éléments traces métalliques (Cu, Co, Zn, Fe) dans tous les trois types de composts à des concentrations normales et non dangereuses pour les plantes et les humains (**Tableau 3**).

Tableau 3 : *La concentration en éléments traces métalliques dans les composts de déchets solides de la ville de Lubumbashi. (mg/kg). C1 : ordures de décharge publique seules ; C2 : ordures de décharge publique + la paille ; C3 : ordures de décharge publique + la paille + fumier (fiente de poule)*

Types de composts	Cu	Co	Zn	Fe
C1	0,010	0,006	4,897	1,521
C2	0,017	0,002	3,712	2,101
C3	0,006	0,001	4,002	2,012
Normes standards	60-125	25-50	-	-

L'analyse microbiologique (**Tableau 4**) a révélé la présence de bactéries du genre *Escherichia*, de champignons et de levures dans les 3 types de composts. Les *Enterobacter cloacae* ont été observés dans les composts C2 et le C3 alors que les staphylocoques ont été identifiés dans tous les composts.

Tableau 4 : Les micro-organismes présents dans les composts de déchets solides de la ville de Lubumbashi. **C1** : ordures de décharge publique seules ; **C2** : ordures de décharge publique + la paille ; **C3** : ordures de décharge publique + la paille + fumier (fiente de poule)

Traitements	Milieux utilisés	Types de parasites
C1	Mac conkey	Stérile
	Gélose chocolat	Entérocoque, staphylocoque (<i>Staphylococcus sp.</i>)
C2	Mac conkey	Coliformes (<i>Escherichia coli</i>), <i>Enterobacter cloacae</i>
	Gélose chocolat	Staphylocoques (<i>Staphylococcus sp.</i>)
C3	Mac conkey	<i>Enterobacter cloacae</i>
	Gélose chocolat	Staphylocoques (<i>Staphylococcus sp.</i>)

3-2. Effets des composts sur la croissance du maïs et du haricot

Les taux de levée et de survie obtenus avec les différents traitements ont été de 100% et aucune variation n'a été observée quelle que soit la culture. La plus grande taille des plantes est obtenue au T4 (sol + C3) et la taille la plus faible est enregistrée au T0 (sol seul). Cette tendance est observable à 15, 30 et 45 jours (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Taille des plantes de maïs (cm) à 15, 30 et 45 jours. **T0** : sol seul, **T1** : sol + NPK, **T2** : sol + C1, **T3** : sol + C2, **T4** : sol + C3

Traitements	15 JOURS	30 JOURS	45 JOURS
T0	12,8±1,6c	32,5±2c	47,7±1,8b
T1	18,8±1,3ab	44,8±2,8b	72,8±1,6a
T2	13,9±1,1c	40,5±2,3b	69,2±0,8a
T3	17,4±2b	44±2,1b	70,9±3,5a
T4	22,1±3,5a	51,2±2,5a	73,3±6a

Les résultats du test de KRUSKAL-WALLIS prélevés à 15, 30 et 45 jours, montrent qu'il n'existe pas des différences significatives entre les traitements appliqués ($p > 0,05$). Il en résulte que la taille des plantes du haricot ne varie qu'en fonction des nombres de jour après semis et non en fonction des traitements.

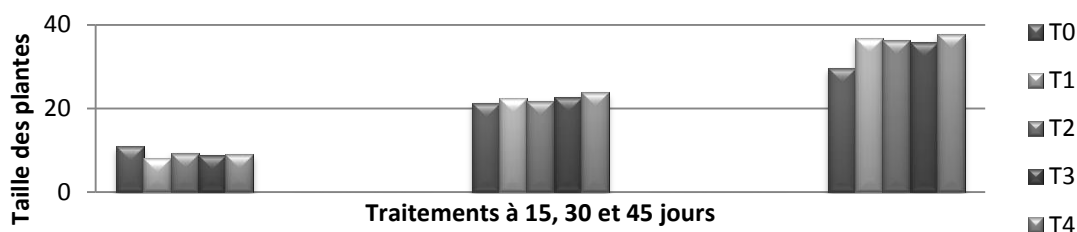


Figure 1 : Taille des plantes de haricot en fonction des nombres de jour après semis. **T0** : sol seul, **T1** : sol + NPK, **T2** : sol + C1, **T3** : sol + C2, **T4** : sol + C3.

L'examen de la **Figure 2** montre que les apports de compost des bios déchets n'augmentent pas significativement le nombre de feuilles par plante chez le maïs. Bien que les résultats de l'ANOVA ait révèlent les effets non significatifs entre les traitements appliqués ($p > 0,05$), le nombre des feuilles le plus élevé est cependant obtenu avec le T4 (5,5 feuilles au à 15 jours), T4 (11,25 feuilles à 30 jours), T1 et T4 (13,5 feuilles à 45 jours).

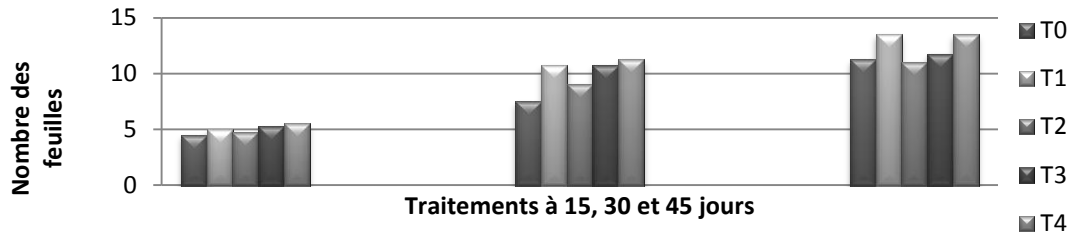


Figure 2 : Nombre des feuilles des plantes de maïs en fonction des nombres de jour après semis. **T0** : sol seul, **T1** : sol + NPK, **T2** : sol + C1, **T3** : sol + C2, **T4** : sol + C3

En ce qui concerne le nombre des feuilles des plantes de haricot, résultats de l'ANOVA révèlent que les effets n'ont pas été significatifs entre les traitements appliqués ($p > 0,05$) où les nombres élevés des feuilles ont été obtenus avec T4 à 15, 30 et 45 jours. Il ressort par ailleurs que le nombre des feuilles des plantes a varié d'une manière croissante en fonction de traitements appliqués et de jours.

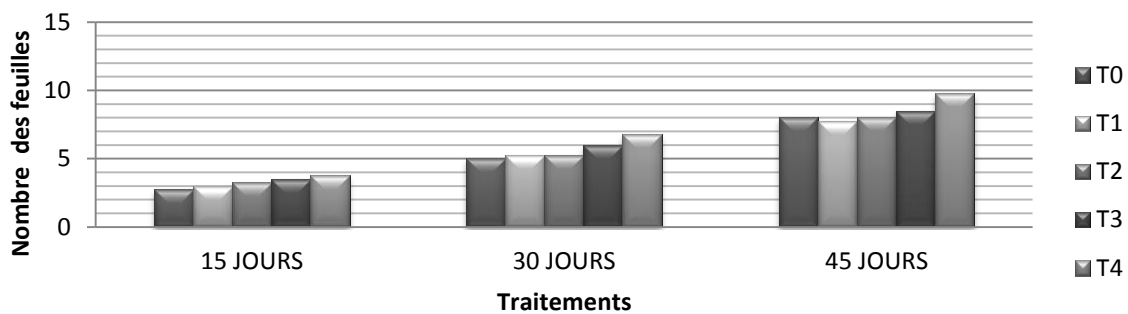


Figure 3 : Nombre des feuilles des plantes de haricot en fonction des nombres de jour après semis. **T0** : sol seul, **T1** : sol + NPK, **T2** : sol + C1, **T3** : sol + C2, **T4** : sol + C3

4. Discussion

L'évaluation de la qualité de trois types des composts (ordures des décharges publiques seules, des ordures de décharge publique + la paille et des ordures de décharge publique + la paille + fiente de poule) a révélé que 74 % des composts sont constitués des petites particules assez homogènes. Cette texture se rapproche de celle d'un sol. Le fort taux d'éléments fins du compost serait le résultat d'une bonne dégradation au cours du compostage et des teneurs élevées en éléments fins des déchets. Selon [15], les fortes proportions des éléments fins témoignent d'une bonne qualité des composts. Bien que l'analyse de la variance ait révélé une tendance similaire entre les trois types de compost en ce qui concerne la teneur en éléments majeurs, la combinaison ordures de décharge publique + la paille + fumier (C3) a donné des valeurs supérieures par rapport aux ordures de décharge publique seules (C1) et ordures de décharge publique + la paille (C2). Ceci serait dû à la présence des fientes des poules dans ce compost (C3). Toutefois, les teneurs moyennes en N (0,448 %) et K (1,138%) sont comprises entre la gamme établie par la FAO et AFNOR. La référence [16] indique que le rapport C/N est d'une grande importance, il permet d'évaluer la maturité du compost.

Il a été établi qu'un rapport C/N voisin de 10 -15 correspond à un compost mature. Les rapports C/N obtenus dans cette étude varient entre 12,7 et 13,6 ; ce qui indique que les composts étaient mûrs. La teneur la plus élevée en magnésium (1,708 %) est obtenue avec C3 qui renferme des teneurs trois fois plus élevées que C2 et deux fois plus élevées que C1 avec des valeurs respectives de 0,489 et 0,768 %. Cependant les teneurs en éléments majeurs des composts étudiés sont comparables à celles déterminées par [17] à Ouagadougou, légèrement plus faibles que celles obtenues par [18] et légèrement élevées que celles obtenues par [15]. Les résultats de l'analyse microbiologique sont en accord avec ceux obtenus par [19] qui a montré la présence de plusieurs germes pathogènes dans le compost de déchets. [15], évaluant la qualité de composts des déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso ont signalé la présence de bactéries des genres *Escherichia* et *Staphylococcus* ainsi que les champignons du genre *Aspergillus* et des levures dans le compost. Par contre, d'autres auteurs tels que [20] ont estimé que le compostage permet une élimination totale des germes pathogènes. La concentration en Cu, Co, Zn, Fe dans les trois types de composts, varie respectivement entre 0,006-0,017, 0,001-0,006, 3,712-4,897 et 1,521-2,101 mg.kg⁻¹. Ces valeurs sont inférieures aux valeurs indicatives (seuils limites) de toxicité dans les sols agricoles telles que rapportées par [21] pour les législations néerlandaise (140 et 36 mg.kg⁻¹ de sol) et suisse (150 et 40 mg.kg⁻¹ de sol). Ces concentrations ne présentent des risques ni pour les plantes ni pour l'homme selon les normes standards auxquelles cette étude s'est référée. La valeur agronomique des composts des déchets urbains sur l'augmentation des rendements des cultures a été rapportée par plusieurs auteurs. [9] l'ont montré dans une étude sur les effets des apports des composts des résidus ménagers sur le rendement des cultures et certaines propriétés de sol. Les moyennes obtenues sur le taux de levée et de survie des plantes sont de 100%. Les tests de phytotoxicité sont les seuls moyens d'évaluation de la toxicité liée à l'incorporation au sol des composts immatures. Ainsi, les composts immatures présentent de substance empêchant la germination des graines et la croissance des plantes [15].

En ce qui concerne la taille des plantes de maïs, les résultats obtenus ont révélé que la plus grande taille des plantes est obtenue en apportant au sol les ordures de décharge publique + la paille + fumier (C3) tandis que la plus faible est obtenue avec traitement témoin. Les plantes issues du traitement ayant reçu le NPK sont plus performantes que celles issues de T0, T1, T3 et moins performantes que celles issues de T4. La combinaison ordure + paille + fientes des poules donne des résultats nettement supérieurs au traitement ayant reçu le NPK. Au cours de leur étude, [22] ont montré que les composts à base des fientes de poules sont d'un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs de sols. Par ailleurs, chez le haricot à 15 et 30 jours le nombre des feuilles des plantes épouse l'ordre croissant des traitements, à 45 jours seul T4 est plus performant. Cette tendance serait due à la qualité du substrat. Cependant [23] a rapporté que la qualité du compost des déchets urbains solides est tributaire de leur teneur initiale en éléments majeurs. De manière globale, la qualité des composts et les doses appliquées influencent directement les rendements des cultures [24].

5. Conclusion

Cette étude a été initiée dans le but d'évaluer la qualité de composts des déchets urbains de la ville de Lubumbashi afin de les utiliser comme engrais organique. Les résultats des analyses ont montré que les trois types composts étaient mûrs et d'une assez bonne qualité. Toutefois, le compost issu de la combinaison des ordures + paille + fientes des poules a donné des résultats supérieurs aux deux témoins (T0 et T1) et à d'autres traitements. Ces résultats permettent de dire qu'à dose acceptable, les composts étudiés pourraient être valorisés en agriculture. D'autres recherches devront être lancées pour évaluer les effets des doses croissantes de ces composts sur la croissance des cultures.

Références

- [1] - United Nations. World urbanization prospects: the 2014 revision. New York, USA: Department of Economic and Social Affairs/Population Division, United Nations (2008).
- [2] - A. Mougeot, P. Moustier. *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone*. Enjeux, concepts et méthodes. Canada: CRDI, CIRAD. (2004) 1-173.
- [3] - M. Ahmed. Physicochemical characterization of compost the industrial tannery sludge, journal of Engineering science and technology, vol.2, No. 1 (2007) 81-94.
- [4] - K.C Nkuku, M. Rémon. *Stratégies de survie à Lubumbashi (R-D Congo). Enquête sur 14000 ménages urbains*. Archive congolaise, l'Harmattan, Paris, (2006), 160p.
- [5] - C. Mulaji Kiela. *Utilisation des composts de bios déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (république démocratique du Congo)*, thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique (2010).
- [6] - E. Kasongo Lenge, T. Mwamba Mulembo, P. Tshipoya Masumbuko, J. Mukalay Mwamba, Y. Useni Sikuzani, M. Mazinga Kwey, L. Nyembo Kimuni. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences* (2013), 63: 4727 – 4735
- [7] - Y. Useni Sikuzani, L. Baboy Longanza, L. Nyembo Kimuni, M. Mpundu Mubemba. Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences* (2012) 54: 3935–3943.
- [8] - M. Tabet. Types de Traitement des Déchets solides urbains, évaluation des Coûts et Impacts sur l'Environnement, *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*, (2001), 97-102p.
- [9] - A. N'Dayegamiye, A. Drapeau, MR. Laverdière. Effets des apports de composts de résidus ménagers sur les rendements des cultures et certaines propriétés du sol. *Agrosol*. 16 (2) : (2005) 57-71.
- [10] - A. Fleury, P. Moustier L'agriculture périurbaine, infrastructure de la ville durable. *In, Cah Agric.Fr., Vol.8, n°4, (1999)281-7*
- [11] - **S.B. Gonidanga, K. Amah, A. Adrien, T. Cheik**. Etude du processus d'hygiénisation des urines en vue d'une utilisation saine en agriculture. Communication au premier forum du réseau CREPA (2004) : 39-40.
- [12] - **Y. Niang**. Amélioration du rendement de la tomate par l'utilisation des urines comme source de fertilisation. Communication au premier forum du réseau CREPA (2004) : 35.36.
- [13] - C. Mondini, H. Insam. Community level physiological profiling as a tool to evaluate compost maturity: a kinetic approach. *European Journal of Soil Biology* (2003), 39: 141-148.
- [14] - K.L. Nyembo. *Exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga, République Démocratique du Congo* ». Thèse de doctorat, Université de Lubumbashi, (2010),
- [15] - E. Compaoré, L.S. Nanema, S. Bonkougou, M.P. Sedogo. Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture, *Journal of Applied*(2010), 33 :2076-2083.
- [16] - W. Namkoong, E.Y. Hwang, J.G. Cheong, J.Y. Choi. A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. *Compost Sci.Util*(1999), 7: 55-62.
- [17] - O. Guene. *Compostage artisanal intégré à la gestion des ordures ménagères, données de terrain et outils de diffusion*, CREPA, Ouagadougou (Burkina Faso), (1995) 68p

- [18] - E.Waas. Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines. Projet FNRS N°5001-038104. Module 7, développement et environnement. Programme prioritaire SKAT. (1996)143p.
- [19] - R.Hachicha., A. Hassen, N. Jedidi, H. Kallali. Optimal conditions for MSW composting. *Biocycle, J Waste Recyc*, Vol. 33, No.6 (1992), 76-77.
- [20] - F. Charnay. *Compostage des déchets dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*. Thèse de doctorat, Université de Limoge (France), (2005), 448p.
- [21] - D. Baize. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée. Edit. INRA, (2000), 257p.
- [22] - S.Y. Useni, L. A. Kanyenga, B .L. Assani, O.A .Ekondo, L L Baboy, K B Ntumba, M M Mpundu, K L Nyembo. Influence de la date de semis et de la fertilisation inorganique sur le rendement de nouveaux hybrides de maïs (*Zea mays* L.) à Lubumbashi *Journal of Applied Biosciences* (2014) 76:6316– 6325
- [23] - B. Soudi. *Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost : cas des petites et moyennes communes au Maroc*, ed Actes, (2001), 104p.
- [24] - M. Charland, S. Cantin, St M.A. Pierre, L. Côté. Recherche sur les avantages à utiliser le compost. Dossier CRIQ 640-PE27158 (R1), Rapport final. Recyc-Québec (2001), 35 p