

Conception, installation et fonctionnement d'une installation décentralisée de tri-compostage de résidus solides urbains dans les quartiers de Lomé

KOLEDZI K. Edem¹*, BABA Gnon¹ MATEJKA Guy², LUDINGTON Gaïa⁴, SEGBEAYA K. N.¹, TCHANGBEDJI Gado¹,
PILABANA Alexandre³, MORIZOT Georges⁴

¹ Université de Lomé – FDS, Laboratoire GTVD, BP 1515, Lomé, Togo

² Université de Limoges – ENSIL, Laboratoire GRESE, 16 rue Atlantis, 87068 Limoges, France

³ ENPRO, Association Ecosystème Naturel Propre, Lomé, Togo

⁴ GEVALOR, Association Gestion et Valorisation des Déchets, 101 rue de la source, 45160 Olivet, France

Auteur/s à qui la correspondance devrait être adressée : edemledzi@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Des travaux antérieurs dans le cadre d'une recherche-action, ont permis de montrer que les Résidus Solides Urbains (RSU) générés dans les quartiers périphériques de Lomé, présentaient une forte proportion de fermentescibles, 60-70%, (putrescibles, papiers-cartons, fines <20mm). Le choix du compostage s'avérait très intéressant pour produire un amendement indispensable pour les sols agricoles utilisés dans le cadre de l'agriculture péri-urbaine.

Le procédé de compostage par retournement d'andains constitués par les RSU après le tri des recyclables a été optimisé en termes de tri, fréquence de retournement, apport d'eau et criblage final (<10mm et <30mm).

L'installation de la plate-forme pour un taux de traitement de 5T/J a été rendue possible, après le transfert de la technologie optimisée auprès d'une ONG, ENPRO, chargée de la pré-collecte des ordures au niveau des ménages dans un des quartiers. La filière de valorisation agronomique a également été validée auprès de plusieurs groupes d'utilisateurs potentiels après des essais du compost produit sur parcelles agricoles et pour plusieurs cultures. Le financement de la construction de cette plate-forme à 5T/J produisant environ 20-30% de recyclables et 30-40% de compost <10mm, a été assurée par le FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) sous couvert de l'AFD (Agence Française de Développement, Lomé). Elle est installée à coté d'un des sept centres de transfert construits par la Commune de Lomé qui est partenaire du projet.

Cette plate-forme artisanale est maintenant en fonction depuis quelques mois (démarrage le 24 août 2011). Une expertise du bilan de fonctionnement de la plate-forme est prévue et a déjà été entreprise partiellement. Elle comprend un bilan complet de l'installation : bilan matière (recyclables, compost), bilan eau (apport et rejet de lixiviat), bilan énergétique, bilan en personnels de manière à assurer la pérennisation économique de cette filière de compostage. Un aspect important dans ce cadre sera l'intégration dans le court terme du processus du MDP (Mécanisme de Développement Propre)/crédits carbone dans le financement global de l'installation.

Mots clés : compostage, bilan matières, crédits carbone

I. INTRODUCTION

La production croissante des déchets ménagers et l'évolution de leur composition posent des problèmes d'ordre environnemental, économique et social. Les voies de valorisation ne sont toujours pas étudiées dans la plupart des pays par faute de recherche sur l'étude du gisement des déchets urbains et sur leurs modes d'élimination. Cette faiblesse en matière de caractérisation des déchets est la source de nombreuses erreurs et d'échecs cuisants dans leurs modes d'élimination. Les rares pays qui ont abordé la valorisation par le compostage se sont trouvés confrontés à des difficultés dues à l'importation de technologies de compostage utilisées dans les pays du nord et pas toujours adaptées dans les pays du sud.

Au vu des résultats d'un projet de recherche sur la caractérisation physique des déchets de Lomé et de l'expérimentation du procédé de compostage (Koledzi *et al.*, 2011a), l'ONG ENPRO (Ecosystème Naturel Propre) en collaboration avec le laboratoire GTVD de l'Université de Lomé, le CEFREPADE, GEVALOR et la Mairie de Lomé proposent un modèle de plateforme artisanale dans un premier temps et informelle pour traiter dès son démarrage un flux journalier de 5 T/j sur financement du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), ce qui correspond à environ 24 % du flux total de déchets collectés par l'ONG. Cette première expérience pilote pourra ensuite être poursuivie en augmentant les capacités du centre ou en dupliquant la plate-forme dans d'autres quartiers. Cette étude a pour objectif d'analyser les différents paramètres du procédé de tri-compostage des ordures ménagères de la plateforme afin de mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements et d'y apporter dans un premier temps des solutions techniques appropriées et durables. Une attention particulière sera apportée sur la fraction organique en décomposition.

2. MATERIEL ET METHODES

Le bilan est effectué sur les déchets d'une semaine arrivant à la plateforme. Cinq andains provenant chacun de deux mini-tracteurs sont suivis.

2.1. Masse volumique

Elle est effectuée par pesée manuelle des échantillons de déchets dans des seaux étalonnés en volume.

2.2. Caractérisation par taille %

Les mailles utilisées sont 100 mm et 20 mm soit trois fractions granulométriques : gros > 100 mm, moyens : 20 mm < X < 100 mm et fins : < 20 mm (Aina et al., 2006).

2.3. Caractérisation par catégorie, %

Le tri des deux fractions granulométriques > 100 mm et 20 mm < X < 100 mm est effectué sur déchets humides. Six catégories sont séparées suivant les recommandations du Clean Development Mechanism (CDM) : Bois et sous produits, nourriture et sous produits, papiers-cartons, déchets verts, textiles et inertes (composés en partie des fines et la ferrailles).

2.4. Humidité H en % (IMB)

Elle est déterminée par séchage à l'étuve à 80°C jusqu'à poids constant (Yobouet et al., 2010).

2.5. Matière organique, MO en % (MS)

Elle sera suivie et effectuée par calcination à 550°C (Unmar et al. 2008) d'un échantillon séché à 80°C

2.6. Suivi du taux d'oxygène, % O₂

Le suivi du taux d'oxygène a été effectuée par un analyseur de combustion multifonction « SPRINT V2 »

2.7. Eléments Traces Métalliques, ETM en mg/kg (MS)

Les échantillons secs, broyés sont minéralisés dans un mélange d'acides concentrés (HCl, HNO₃) (Belyaeva et al., 2009) à température élevée. Les minéralisats sont filtrés sur membranes de porosité 0.45 µm puis dosés par spectrophotomètres d'absorption atomique flamme.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Conception et installation d'une plateforme de compostage

3.1.1. Choix de la ligne de production de compost

Le procédé choisi pour la plateforme (cf. figure 1) est le tri-compostage ; cette plateforme est installée sur le centre de transit qui reçoit déjà des ordures ménagères de la pré-collecte. La caractérisation des déchets générés à la source a permis de distinguer trois grands types de constituants : - compostables, 70 % (putrescibles et papiers cartons), - recyclables triables, 12 % (métaux, papiers-cartons et plastiques récupérables), - refus, 18 % (hétéroclites, non recyclables et sable (fines <10mm)). La figure 1 présente les différentes étapes du procédé.

Etape 1 : Les minis tracteurs déchargent leur contenu sur une aire de réception d'environ 20 m². La plate-forme dispose de la place nécessaire au stockage de deux jours d'apport de déchets. Le revêtement de sol est bétonné.

Etape 2 : La zone de tri est surélevée par rapport au niveau du sol. Elle consiste en une table de tri criblée de trous de 10 mm de diamètre (cf. figure 2), nécessaires pour éliminer le sable éventuel, autour de laquelle se disposent 8 trieurs soit 0,625T/j/trieur et deux pourvoyeurs. Les recyclables (métaux, plastiques, papiers-cartons) sont récupérés par tri positif et disposés dans trois fûts de 200 litres, tandis que les compostables restent sur la table et sont mis en andains directement (tri négatif).

Etape 3 : La phase de fermentation permet la biodégradation de la matière organique à une température élevée. Elle dure 7 à 8 semaines avec des retournements manuels. L'apport d'eau éventuel se fait au moment des retournements. Chaque jour un andain est constitué.

Etape 4 : La durée de maturation est d'environ 8 à 12 semaines. La zone de maturation accueille 3 mois de compost.

Etape 5 : L'affinage est réalisé manuellement sur le produit après maturation à l'aide d'un crible oblique simple avec des mailles variables en fonction des besoins (10 ou 30 mm).

Etape 6 : L'ensachage du compost criblé se fait dans des sacs de 20 à 25 litres pour sa commercialisation.

→ →

Figure 1 : Schéma de la ligne de compostage artisanal (≤ 5T/j)

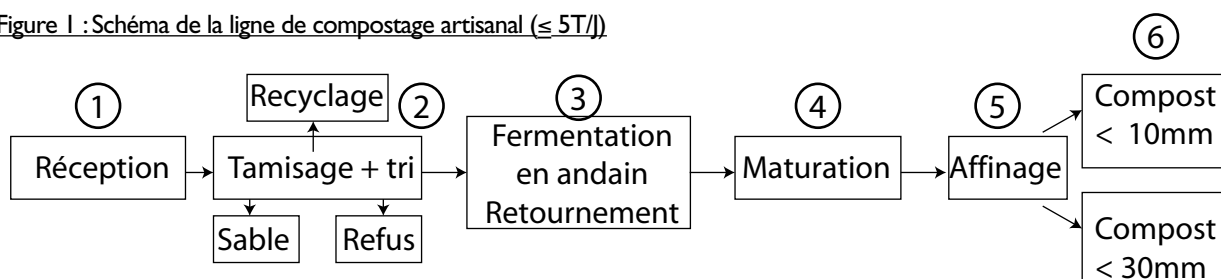
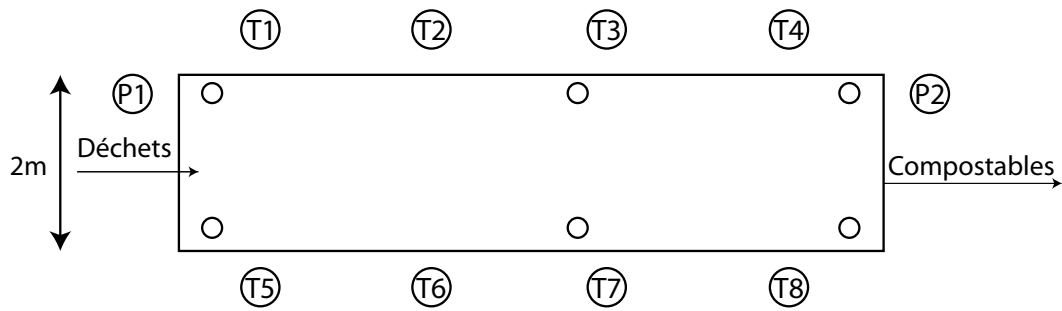
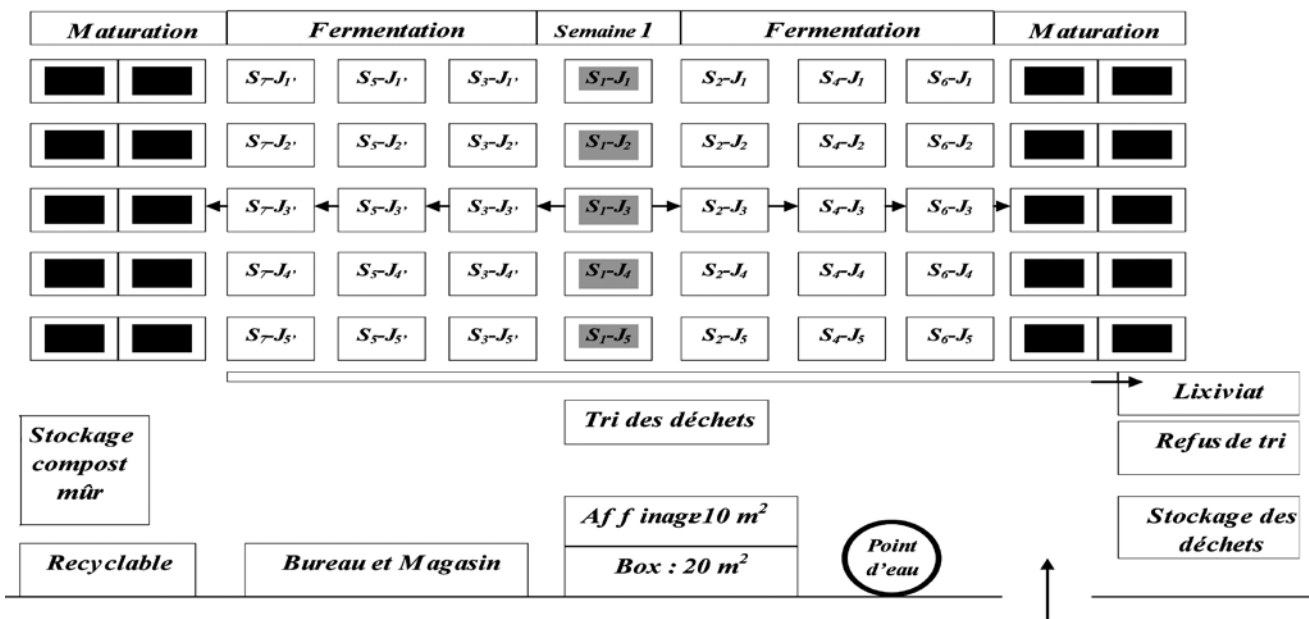


Figure 2 : Table de tri d'une unité de compostage artisanal ($\leq 5T/j$)



T1, T2, ..., T8 représentent les 8 trieurs; P1 et P2 sont les deux pourvoyeurs.

Figure 3 : Distribution des différents retournements des andains sur la plateforme



S1-J1 : Tas du jour 1 de la première semaine de démarrage de l'andain;

S2-J1 : Tas du jour 1 de la première semaine retourné après une semaine;

S1-J5 : Tas du jour 5 dans la première semaine de démarrage de l'andain

S3-J5' : Tas d'un autre jour 5 retourné après une semaine correspondant à la troisième semaine de démarrage.

Les ajustements se font les matinées du 6^{ème} jour ainsi que le nettoyage du site.

Pour les tas de la première semaine, le premier retournement se fait à la deuxième semaine libérant les premiers andains. Toutefois si le tas vient à manquer d'oxygène, un retournement supplémentaire est effectué. Les photos 1 et 2 présentent l'état actuel de la plateforme conçue. Les difficultés rencontrées sont souvent liées à l'alignement des tas qui devra permettre d'effectuer un bon retournement.

Photo 1: Trieurs en activité



Photo 2 : Phase de retournement



→ → 3.1.2. Dimension de la plate-forme

Elle a été placée au Sud-ouest du site pour maximiser la distance entre les riverains et les andains pour réduire les éventuelles odeurs. Les dimensions de la partie couverte sont de 76,5 * 15 m, soit environ 1150 m².

3.2. Suivi de fonctionnement de la plate-forme

3.2.1. Masse volumique

La masse volumique moyenne de tous les déchets composant les 5 andains de l'étude est de 0,48T/m³. Après un mois de fermentation, cette densité devient 0,6 en moyenne. La masse volumique attendue du compost final est d'environ 1,1.

3.2.2. Caractérisation par taille

Les caractérisations réalisées sur les déchets composant deux andains en début d'expérience donnent les résultats de granulométrie suivants :

Tableau 1 : Caractérisation par taille de deux mini-tracteurs avant l'andain 16 et 21

	Andains 16	Andains 21	Andains 16	Andains 21	Andains 21	Andains 16
FRACTIONS TAILLES	M brute (%)		H (%)		MO (% /MS)	
Hétéroclites	0,00	0,0	0,0	0,0		
> 100 mm	26,1	23,6	31,8	22,3	23,63	33,37
100-20 mm	32,3	36,5	40,0	41,6	56,41	80,50
<20 mm	41,6	39,9	11,0	13,0	15,79	14,29
Total/ moyenne	100	100	25,6	24,4	28,3	38,0

Seul la teneur moyenne en MO des fractions est différente d'une caractérisation à l'autre. La proportion en masse est presque identique.

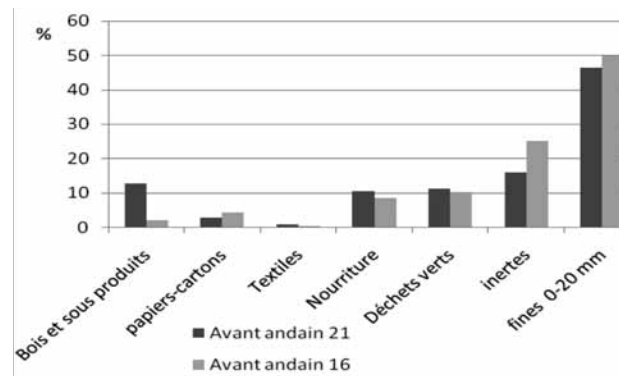
3.2.3. Caractérisation par catégorie

Les caractérisations prennent en compte les six catégories suggérées par la méthodologie CDM, qui se base sur le taux de dégradation des déchets. Elles ont été menées sur deux des cinq andains, sur des échantillons représentatifs des déchets entrants sur la plate-forme. Les résultats sont présentés dans la figure 4 et dans le tableau 2.

Tableau 2 : Composition des déchets arrivant sur la plate-forme

Andains	Refus %	Sable %	Recyclables %	Compostables %
16	29,2	49,0	0,5	21,3
18	25,5	42,9	0,5	31,0
19	31,4	41,5	0,3	26,8
20	32,3	34,6	0,5	32,6
21	26,6	32,7	0,7	32,1
Moyenne	29,0	40,2	0,5	28,8

Figure 4 : Composition par catégorie de deux mini-tracteurs avant les andains 16 et 21.



Le taux du sable reste comparable aux valeurs trouvées par kolédzi et al., 2011. Mais la composition des déchets arrivant à la plate-forme est très différents de celle retrouvée à la source. Le taux des recyclables à la plate-forme reste très faible par rapport au taux sortant des ménages, 20 à 30 % en moyenne. Ceci est dû au fait qu'on observe

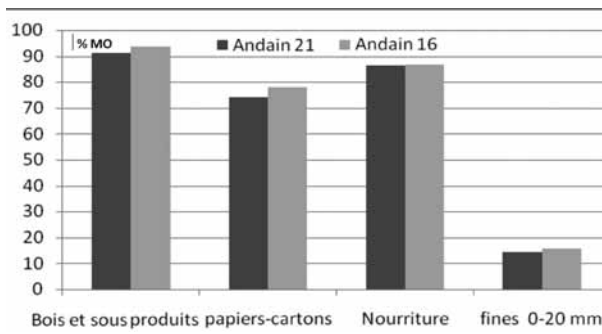
de plus en plus un grand nombre de personne circulant de maison en maison à la recherche de ces matériaux. La motorisation du service de la précollecte a rapproché le service des couches défavorisées (bas standing) et a augmenté le nombre d'abonnés diminuant ainsi la quantité des compostables arrivant à la plate-forme. A ceci s'ajoute le temps d'attente des déchets dans les ménages avant la pré-collecte.

3.2.4. Paramètres physico-chimiques

- L'humidité dans les déchets est autour de 25% pendant la saison sèche qui est la période de l'étude et est très variable par rapport à la composition des putrescibles.

- Le taux de la matière organique dans les catégories susceptibles d'être compostées est présenté dans la figure 5. → →

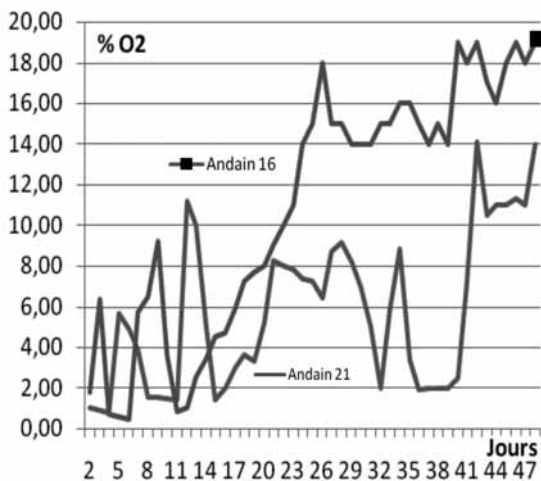
Figure 5 : Teneur en matière organique dans les matériaux compostables



→ Ce taux est faible dans les fines (cf. figure 5) alors qu'elles représentent la proportion la plus grande. Elles ne sont donc pas compostées et sont criblées (cf. photo 1) avant la mise en andains des compostables.

- La teneur en oxygène dans un tas en décomposition (cf. figure 6) varie en fonction de la méthode de retournement. L'andain 16 est retourné chaque semaine selon la formule de Koledzi *et al.*, 2011b. L'andain 21 est retourné selon le schéma de Koledzi *et al.*, 2012: C + 2 jours + R1 + 2 jours + R2 + 2 jours + R3 + 4 jours + R4 + 6 jours + R5 + 8 jours + R6 + Maturation (20 à 30 jours) = compost. (C = construction du tas ; R1, R2, R3... = retournements des andains pour aération).

Figure 6 : Variation de la teneur en oxygène en fonction de la méthode de retournement



Plus la fréquence de retournement est rapprochée au début, plus la teneur en oxygène à l'intérieur du tas monte rapidement et reste stable au dessus de 8% comme le préconise la littérature. Ainsi lorsque le nombre d'andains à retourner est élevé dans une journée, le tri est perturbé car certains trieurs doivent aller renforcer l'équipe des andaineurs.

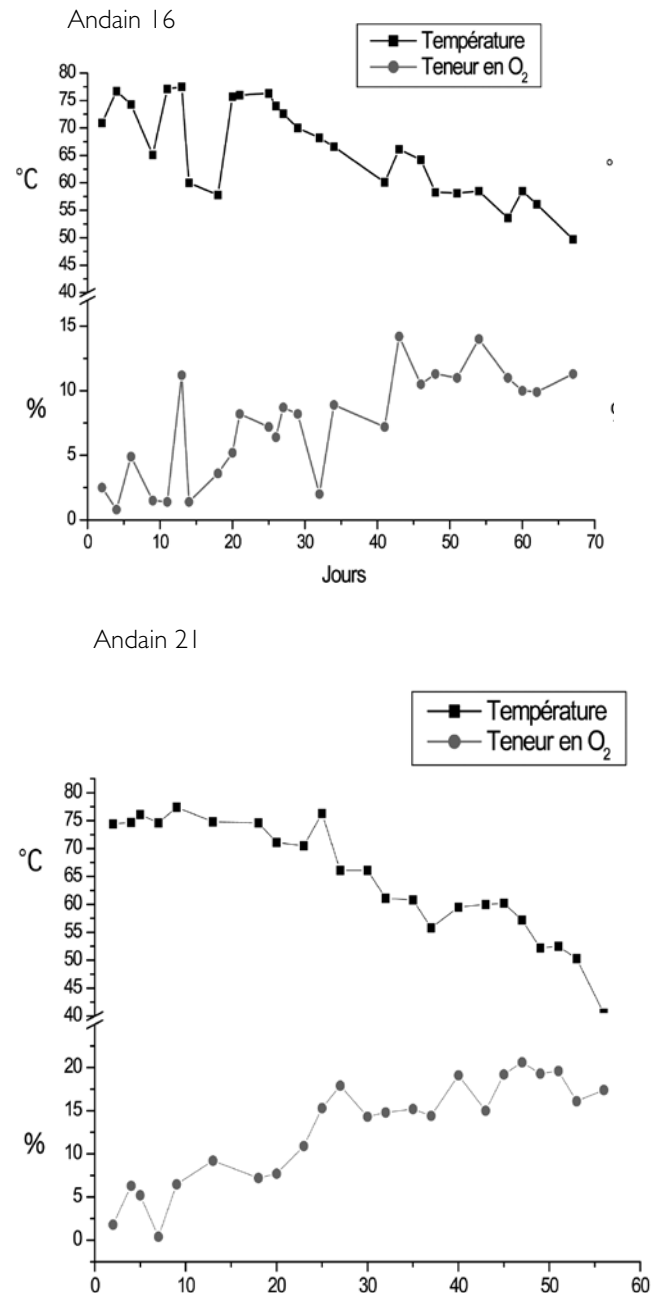
- La consommation en eau est de 1,3% par tonne de déchet pour l'andain 16 ; 1,4% pour l'andain 18 ; 1,8% pour

l'andain 19 ; 1,2% pour l'andain 20 et 1,9% pour l'andain 21. Elle est donc variable et dépend non seulement de la teneur initial en eau mais aussi de la composition des déchets compostables. Cette consommation en eau est maîtrisée car il n'y a pas de production de lixiviat.

- La consommation électrique ne se résume qu'à la montée d'eau du forage et à l'éclairage sur le site, soit 40 Kwh /mois en moyenne.

- Corrélation entre température, oxygène et les retournements

Figure 7 : Relation entre la T°C et O₂



La diminution des activités biologiques dans les tas fait diminuer la température et augmenter la teneur en oxygène
- Composition chimique moyenne

Tableau 3: Composition chimique moyenne dans les composts

Paramètres / MS		Andain 16	Andain 21	Compost Labé (Guinée)
MO	%	32	30	31
N	%	0,7	0,9	0,9/1,4
P	mgP ₂ O ₅ /g	11,5	13,8	10,9/10,2
Na	mgNa ₂ O/g	8,4	6,1	-
K	mgK ₂ O/g	18,9	20,1	11,1/10,8
Mg	mgMgO/g	3,5	3,7	8,1/6,8
Ca	mgCaO/g	37,7	35,3	63,8/51,2

- Teneur en éléments traces métalliques
L'analyse des ETM (Pb, Cd et Ni) effectuée sur les cinq composts donne des valeurs très faibles (cf. tableau 4) : moins de 60 mg/kg MS pour le Pb, le Cd n'est pas détecté et moins de 15 mg/kg MS pour le Ni contrairement aux résultats de Koledzi *et al.*, 2011. Ceci serait probablement lié à la méthode de tri qui diminue considérablement la quantité des fines avant la mise en andain.

Tableau 4 : Teneur en ETM dans les composts

Éléments (mg/kg MS)	Compost andain 16	Compost andain 21	NFU 44-051
Pb	53	35	180
Ni	10	14	60
Cd	l	nd	3

3.2.5. Bilan matière

N°	Compostables Kg	Compost Kg	Refus criblage < 10mm Kg	Rendement / compost %	Densité T/m ³
16	874	-	-	-	1,1
18	1222	372	366	30	1,2
19	933	314	271	34	1,1
20	1288	465	326	36	1,1
21	1102	339	378	31	1,2
Moy.	1136	373	328	33	1,15

Le rendement en compost est autour de 33% avec un taux d'humidité compris entre 35-40%

4. CONCLUSION

La pérennité d'une plateforme de compostage dépend non seulement des conditions socio-économiques mais aussi de la conception, l'installation et du suivi régulier. Les résultats de cette étude montrent que la seule difficulté rencontrée après installation est la disposition des andains par les composteurs devant permettre des retournements sans difficultés. Pour permettre une bonne aération des tas, les retournements doivent être effectués suivant la formule

de Koledzi *et al.*, 2012. Etant donné que plus le nombre de tas à retourner dans la journée est élevé plus la quantité de déchets triés est faible, le nombre d'opérateurs doit être revu à la hausse. Ceci agira sur la qualité du tri et ainsi sur la qualité du compost.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR (2004). Amendements organiques et supports de culture Méthode d'analyse des composants inertes dans un compost ; Eds AFNOR ; 14p.

AINA M. (2006). Expertises des centres d'enfouissement des déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de doctorat N°46, Université de Limoges.

BELYAEVA O.N., HAYNES, R. (2009). Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green waste with coal fly ash. *Bioresource Technology* 100 (2009) 5203–5209.

KOLEDZI K.E., KPABOU Y., BABA G., TCHANGBEDJI G., KILI K.A., FEUILLADE G., MATEJKA G. (2011a). Composition of municipal solid waste and perspective of decentralized composting in the districts of Lomé, Togo. *A Glance at the World / Waste Management* 31 (2011) 607-609.

KOLEDZI K.E., BABA G., TCHANGBEDJI G., AGBEKO K., MATEJKA G., FEUILLADE G. and BOWEN J. (2011b). Experimental study of urban waste composting and evaluation of its agricultural valorization in Lomé (Togo). *Asian J. of Applied Sciences* 4 (4) 378-391.

KOLEDZI K.E., LOUIS J., BABA G., LUDINGTON G., KORIKO M., TCHEGUENI S. et MATEJKA G. (2012). Urban waste management: Composting control by oxygen content measurement. *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development (IJETED)* Issue 2, volume 5, pp. 102-113.

UNMAR, G., MOHEE, R. (2008). Assessing the effect of biodegradable and degradable plastics on the composting of green wastes and compost quality *Bioresource Technology* 99 (2008) 6738–6744

YOBOUET Y. A., ADOUBY K., TROKOUREY A., YAO B. (2010). Cadmium, Copper, Lead and Zinc speciation in contaminated soils *International Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 2(5), 2010, 802-812.