

Analyse synthétique des retours d'expérience sur les techniques de compostage dans les pays en développement

Hélène Bromblet¹, Geeta Somaroo²

¹ GEVALOR

² Université de l'île Maurice

RÉSUMÉ

La plateforme Re-Sources, créée en 2013, a pour ambition de dynamiser la valorisation des déchets en Afrique et Caraïbes. Elle s'attache à promouvoir les bonnes pratiques, mettre en place des modules de formation et mener des actions de plaidoyer. Depuis sa création, elle a publié en premier lieu des fiches synthétiques présentant des retours d'expérience des équipes partenaires dans différents domaines. Cet article présente l'analyse faite par la plateforme Re-Sources de la mise en œuvre des techniques de compostage dans les pays en développement, qui s'appuie sur le retour d'expérience de plusieurs unités existantes en Afrique et Haïti, suivies par les partenaires de Re-Sources. L'article traite des critères de qualité des composts, de la nature des déchets acceptés, des paramètres de suivi du compostage (température, teneur en eau, apport d'air, granulométrie, rapport C/N) et du procédé de compostage en lui-même, avec des recommandations relatives au tri, au broyage, à la conduite de la fermentation et de la maturation, au tamisage, au conditionnement et au stockage. Il donne quelques éléments de dimensionnement, résume les problèmes les plus fréquents et les solutions proposées. Il conclue sur l'intérêt du développement du compostage dans les pays en développement mais aussi sur les points techniques de vigilance nécessaires pour que cette activité se déroule dans de bonnes conditions.

MOTS-CLÉS : compostage, déchet organique, recommandation, retour d'expérience, Afrique, Haïti, pays en développement

ABSTRACT

Established in 2013, the Re-Source platform aims to boost the activities of material and energy recovery from waste in Africa and the Caribbean. It seeks to promote good practices, develop training modules and diffuse technical and operational recommendations. In this objective, the group publishes synthetic feedback analysis documents. This article reports feedback analyses related to the implementation of composting techniques in developing countries. Several units in operation in Africa and Haiti have been monitored by Re-Sources partners. The feedback analysis includes compost quality, nature of treated waste, monitoring parameters (temperature, moisture, air supply, grain size, C / N) and the different process stages such as sorting, grinding, hot fermentation and ripening, sifting, packaging and storage. The article gives some design elements, summarizes the most common problems and solutions and provides discussions on the interest of the development of composting in developing countries and recommendations related to technical and operational issues to ensure compost quality and minimize all environmental impacts.

KEYWORDS : composting, organic waste, feedback analysis, recommendation, Africa, Haiti, developing country

Analyse synthétique des retours d'expérience sur les techniques de compostage dans les pays en développement

Hélène Bromblet, Geeta Somaroo

Introduction, contexte

Avec l'évolution démographique et l'urbanisation croissante dans les pays en développement (PED), la quantité de déchets urbains produits ne cesse d'augmenter, ce qui préoccupe fortement les responsables locaux et les habitants, de plus en plus conscients des risques associés. Plusieurs initiatives de compostage ont été menées dans les villes des pays en développement (PED) car ce procédé constitue une voie intéressante pour le traitement de la fraction organique des déchets ménagers en permettant la valorisation de ces matières dans l'amendement organique des sols et la fertilisation raisonnée des cultures. Il existe une vaste gamme de technologies, méthodes et expériences en compostage dans les PED. Il s'agit donc d'identifier selon les situations rencontrées la technique la mieux appropriée à petite, moyenne et grande échelle en prenant en compte les aspects sociaux et économiques locaux.

La plateforme Re-Sources (www.plateforme-re-sources.org) a pour ambition de dynamiser la valorisation des déchets en Afrique et Caraïbes. Créée en 2013, elle s'attache à promouvoir les bonnes pratiques, mettre en place des modules de formation et mener des actions de plaidoyer. Elle rassemble des partenaires qui pour beaucoup sont des acteurs de terrain désireux de partager leurs expériences et de progresser.

Le point de départ des différents groupes de travail a été de s'intéresser justement aux retours d'expérience afin d'en retirer un maximum d'informations. Lorsque celles-ci ne sont pas suffisantes pour se prononcer clairement sur ce que seraient les bonnes pratiques, des actions pilotes sont menées afin d'approfondir certains aspects. Les fiches synthétiques de présentation des retours d'expérience sont donc à la base de toute la démarche de Re-Sources.

Cet article fait un point synthétique sur les techniques de compostage de déchets urbains à moyenne et grande échelle utilisées par les partenaires de Re-Sources. Il est basé sur la fiche de synthèse rédigée dans ce cadre par la Plateforme. Les techniques de compostage individuel ou agricole ne sont pas traitées ici. L'article se base sur le retour d'expérience des études et développement réalisées :

- à Parakou (Bénin) par l'ONG Planète Contact ;
- à Maurice, où l'entreprise Solid Waste Recycling Ltd (SWRL) exploite une unité de compostage mécanisée ;
- à Cité Soleil (en Haïti) sur la plate-forme « Jean-Christophe Fernandes » par la fondation de l'Athlétique d'Haïti ;
- à Dschang (Cameroun) par ERA Cameroun ;
- à Mahajanga (Madagascar) par Madacompost ;
- à Lomé (Togo) par ENPRO.

Les unités de Dschang, Lomé et Mahajanga font partie du programme Africompost qui vise à développer le compostage dans les villes africaines.

I. Recommandations générales

I.1 Définitions

Le compost est un amendement organique, c'est-à-dire un produit riche en matière organique stabilisée à effet principal sur la structure des sols agricoles. Par sa teneur élevée en matières humiques, il favorise la formation de complexes argilo-humiques et donc contribue à la bonne structuration des sols, favorisant ainsi la pénétration des racines (Bayard et Gourdon, 2007). Il permet de lutter contre l'érosion des sols et augmente leur capacité de rétention en eau. Comme tous les amendements, le compost contient de faibles teneurs en N (azote), P (phosphore), K (potassium). En se minéralisant avec le temps, le compost a donc également une **fonction secondaire** d'engrais organique (rôle de fertilisant chimique avec apport de NPK et d'oligo-éléments pour les plantes).

Le compostage désigne l'ensemble des procédés de traitement des matières organiques (déchets végétaux, restes de repas, déjections,...) en conditions d'aération permettant de produire un compost utilisable en agriculture en tant qu'amendement organique.

Déchets ménagers et assimilés : Déchets issus des ménages et déchets assimilés ; ces derniers regroupent les déchets des activités économiques pouvant être collectés avec ceux des ménages, eu égard à leurs caractéristiques et aux quantités produites, sans sujétions techniques particulières. Il s'agit des déchets des artisans, commerçants, des déchets du secteur tertiaire... collectés dans les mêmes conditions que les ordures ménagères.

Déchets dangereux : Il s'agit des déchets d'activité de soin à risques infectieux, des déchets d'équipements électriques et électroniques en fonction de la présence d'éléments polluants et de tous déchets polluants (ex : piles, peintures, vernis, solvants, produits phytosanitaires ...).

1.2 Critères de qualité

Un compost de qualité répond à 3 principaux critères :

- La constance de composition c'est-à-dire la stabilité et l'invariabilité du produit ;
- L'efficacité agronomique (dans les conditions d'emploi prescrites) ;
- L'innocuité (à l'égard de l'Homme, des plantes, des animaux et de l'environnement), c'est-à-dire l'absence de risques sanitaires en termes de germes pathogènes, parasites et graines de mauvaises herbes, ou de divers polluants retrouvés dans les déchets solides (métaux lourds, polluants organiques de synthèse,...).

Pour évaluer sa qualité, un compost peut être analysé selon les normes existantes, comme notamment la norme mauricienne MS 164 concernant la spécification des matières compostables ou la norme française NFU 44-051 sur les amendements organiques.

Pour le compost, les principaux éléments à déterminer sont les caractéristiques agronomiques -notamment les teneurs en MO (matière organique) et NPK (azote, phosphore, potassium) -ainsi que les teneurs en ETM (éléments traces métalliques). La norme NFU 44051 inclut également des tests microbiologiques et des tests physiques sur les impuretés contenues dans le compost (verre, plastiques). A partir de l'expérience acquise sur le programme Africompost, Gevalor propose un protocole d'analyse du compost adapté aux unités des pays du Sud (Gevalor, 2013).

Concernant le compostage de la fraction organique des déchets ménagers, le problème souvent rencontré dans les PED est une teneur en matière organique trop faible. La composition des déchets entrants, la présence de sable dans les fines, le lessivage par les pluies ou un stockage de trop longue durée peuvent en être la cause.

Des dépassements en métaux lourds sont rares grâce à une faible présence de déchets dangereux dans les déchets des ménages des pays concernés.

1.3 Nature des déchets acceptés dans les unités de compostage

Les déchets acceptés dans les unités de compostage sont les déchets ménagers ou assimilés, non dangereux, majoritairement constitués de déchets compostables (matière organique fermentescible). Les autres déchets dits non-compostables sont retirés par un tri à la source (réalisé par le producteur de déchet) ou par un tri sur l'unité de compostage. Les déchets dangereux ne doivent pas être acceptés sur les unités de compostage. Toutefois, leur présence est fréquemment mise en évidence dans les déchets réceptionnés sur l'unité de compostage, nécessitant la mise en place d'un contrôle des déchets entrants, et la sensibilisation des collecteurs et des agents de l'unité de compostage.

Le tableau 1 classe pour chaque source d'approvisionnement les déchets en trois catégories : Déchets compostables ; Déchets non compostables et non-dangereux ; Déchets non-compostables et dangereux.

2. Retours d'expérience

2.1 Approvisionnement des unités de compostage

La fonction première d'une installation de compostage de déchets ménagers est de les traiter pour éviter les nuisances et impacts sanitaires et environnementaux qui seraient associées à leur non traitement. En outre, les unités de compostage doivent produire un amendement de qualité, si possible avec un bénéfice économique lié à sa vente. A cette fin elles doivent rechercher un approvisionnement en déchets riches en matières fermentescibles. Pour cela, les exploitants d'unités ciblent des producteurs de déchets spécifiques.

Par exemple, l'unité « Jean-Christophe Fernandes » en Haïti recherche à compléter l'approvisionnement du site par des déchets ménagers des quartiers à hauts revenus (forte présence en déchets de jardin, outre les déchets recyclables), des déchets de marchés alimentaires et des déchets de type papiers-cartons en provenance d'entreprises. Cette diversification pose néanmoins des difficultés pour l'exploitation du fait de la variabilité de la composition des déchets et dans la fréquence de livraison des déchets.

En cas de déchets de nature très spécifique (très carbonés ou très azotés), l'association de plusieurs types de déchets dans le processus de compostage peut permettre d'équilibrer le compost produit. Cela est appelé « co-compostage », au sujet duquel plusieurs retours d'expériences peuvent être partagés :

- Les unités de Mahajanga et de Parakou co-compostent le contenu de panses d'animaux qui permettent d'accélérer le processus de dégradation. Toutefois des précautions particulières doivent être prises pour la maîtrise des odeurs et le respect des conditions d'hygiène.
- L'unité de Lomé co-composte régulièrement les déchets d'entreprises de production de jus de fruit. Les entreprises sont en demande d'une solution pour la gestion de leurs déchets et financent l'approvisionnement de leurs déchets sur le site. Le compost obtenu est plus riche en matière organique.
- Des essais concluants de co-compostage des drêches (résidu de production des brasseries) et des jacinthes d'eau ont été réalisés sur l'unité de Lomé. Les expériences n'ont pas été renouvelées en raison des coûts d'accès (ramassage, achat, transport) trop importants

2.2 Paramètres de compostage

Les paramètres physico-chimiques à prendre en compte durant le processus de compostage sont la température, la teneur en eau, le rapport carbone/azote, l'apport d'air et la granulométrie.

2.2.1 Température

L'activité optimale des micro-organismes qui décomposent les déchets correspond à une plage de température bien définie. Les bactéries mésophiles sont actives entre 20 et 45°C et les thermophiles entre 45 et 65°C. Le suivi de la température est par ailleurs une mesure indirecte de l'intensité de la biodégradation lorsque le processus n'est pas terminé. Une carence en oxygène peut ainsi être décelée par la baisse de la température et corrigée par retournement des déchets pour aérer. Pour obtenir l'hygiénisation du compost (destruction des germes pathogènes et parasites présents dans les déchets) en compostage à l'air libre, une température de 55°C pendant 5 jours (Charnay, 2005) est nécessaire.

Tableau 1 : Classement des déchets ménagers vis-à-vis de leur compostabilité

Compostables	Non compostables non dangereux	Non compostables dangereux
Déchets des ménages		
Restes de repas, papiers, cartons, déchets végétaux, textiles naturels (coton, etc.), déchets hygiéniques,...	Textiles synthétiques, plastiques, ferrailles, bois, inertes (verre, cailloux, sable), emballages souillés,...	Déchets de soin (Seringues, médicaments...), piles, DEEE (Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques), bombes aérosols, pots de peinture, ...
Déchets de la ville		
Déchets verts des espaces publics, du balayage des rues, plantes aquatiques non chargées en métaux lourds, déchets organiques des marchés, ...	Gravats, terres, emballages souillés, ...	Bombes aérosols, pots de peinture, emballages souillés...
Déchets des entreprises, services de l'Etat et des centres de santé		
Résidus organiques des entreprises agro-alimentaires (ex : déchets de fruits, drêches de brasseries...), déchets organiques des restaurants, papiers, cartons	Textiles synthétiques, plastiques, ferrailles, bois, inertes, verre, gravats ...	Déchets de soin (Seringues, médicaments...), bombes aérosols, pots de peinture, emballages souillés ...
Déchets agricoles et d'abattoirs		
Résidus de cultures (ex : coques de soja, paille ...), déjections animales (ex : fumier, fientes, bouses...), rumen (contenu des panses d'animaux), ...	Emballages, films plastiques ...	Cadavres d'animaux emballages de produits phytosanitaires ...

2.2.2 Teneur en eau

La teneur en eau des déchets mis à composter conditionne l'activité des micro-organismes. L'humidité optimale pour le compostage est généralement 50-60 % (Filemon, 2008). Si la teneur en eau baisse en dessous de 30 %, la décomposition de la matière organique est inhibée ; si elle dépasse 70 %, l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'oxygène, provoquant des conditions défavorables au compostage (Charnay, 2005). Il est en général nécessaire de contrôler l'humidité et d'arroser régulièrement le compost en cours de décomposition. À noter que le pH, la température et l'humidité sont des paramètres interdépendants.

2.2.3 Apport d'air

L'apport d'air est indispensable pour maintenir un milieu aérobie nécessaire à une décomposition rapide et inodore. Une carence en oxygène conduira à la mise en place de conditions anaérobies, avec la production de biogaz et d'odeurs désagréables. Le niveau minimum souhaité d'oxygène est de 5-10 % dans le compost en décomposition. Les systèmes d'aération possibles sont les retournements manuels ou mécaniques, l'aération passive ou forcée (Bayard et Gourdon, 2007).

2.2.4 Granulométrie

La dimension moyenne des déchets – la granulométrie – détermine la vitesse de décomposition. Si la surface de contact entre les déchets et les micro-organismes est importante, la fermentation sera meilleure. Une granulométrie trop fine diminue en revanche la circulation de l'air, provoquant une insuffisance d'oxygène (Charnay, 2005). Une granulométrie trop élevée contribue à des apports en oxygène trop importants qui assèchent le compost, et qui réduisent la montée en température. La granulométrie des déchets fermentescibles peut être modifiée par l'emploi d'un broyeur ou l'élimination d'une fraction par un crible.

2.2.5 Rapport carbone/azote

Le rapport massique C/N idéal pour le compostage est de l'ordre de 30/1, si ces éléments sont bio disponibles (ce n'est pas le cas de certains composants du bois par exemple). Les micro-organismes utilisent le carbone pour leur production d'énergie et l'azote est utilisé pour leur production d'acides aminés et de protéines. La consommation microbienne de l'azote et du carbone entraîne une diminution du rapport C/N lors de la décomposition des déchets.

2.3 Procédés de compostage

Les techniques et les filières de traitement des déchets urbains par compostage sont employées et adaptées en fonction de la nature des déchets à traiter, de la capacité de traitement, des moyens financiers et de la taille de l'exploitation. Plusieurs

filières existent comme notamment le compostage traditionnel à moyenne échelle, réalisé le plus souvent par des associations de façon décentralisée ou le compostage industriel, centralisé, observé dans des villes à forte densité de population, où des systèmes de gestion des déchets sont en place.

Le procédé de compostage est schématisé à la Figure 1. Des variantes peuvent bien sûr être rencontrées en pratique.

2.3.1 Tri en amont

Le tri permet de séparer, dans un flux de déchets hétérogènes, les déchets compostables, des déchets non compostables. Plusieurs options sont rencontrées :

- Collecte séparée des déchets compostables : c'est la solution la plus favorable car les déchets sont séparés par les ménages (ou dans les marchés) et, a priori, ne sont donc pas mélangés et souillés avec d'autres produits. Elle est rarement observée dans les localités des partenaires Re-Sources car très difficile à enraciner dans les habitudes des populations urbaines.
- Collecte séparée des déchets dangereux : cette technique permet de récupérer les produits dangereux (peintures, piles, déchets de soins, emballages de produits phytosanitaires) et de réduire la toxicité dans les déchets à composter. Elle est rarement observée dans les localités des partenaires Re-Sources car très difficile à enraciner dans les habitudes des populations urbaines.
- Tri après la collecte : Réalisé sur le site de traitement des déchets. De nombreuses méthodes de séparation des déchets hétérogènes sont envisageables, du tri manuel au tri mécanisé, en fonction du procédé en aval. Le tri réalisé peut être plus ou moins fin. Cette opération est observée dans certaines opérations :
 - Tri manuel au sol observé à Mahajanga.
 - Tri manuel sur table à Cité Soleil, Dschang, Lomé et Parakou.
 - Tri mécanisé avec cribleur, rarement observée dans les localités des partenaires Re-Sources

Absence de tri en amont : les déchets sont triés seulement en fin de procédé lors du tamisage. Cette méthode permet un gain de temps (le tri peut représenter jusqu'à 50 % du temps de travail) mais elle implique de garder l'ensemble des volumes entrants sur toute la chaîne du processus. Cela entraîne en comparaison d'un procédé composé d'un tri un entrée d'une part de plus grandes surfaces d'exploitation et d'autre part des volumes plus importants à retourner, augmentant le besoin de main d'œuvre pour réaliser cette tâche.

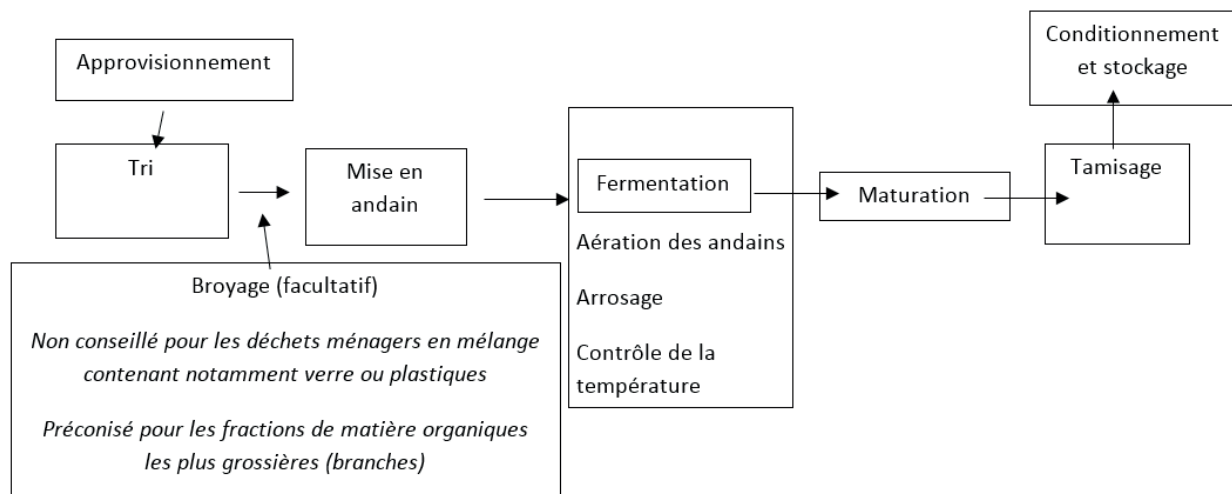


Figure 1 : Schéma général de la filière de compostage



Figure 2 : Vue d'une opération de tri (à gauche), de mise en andains (milieu) et de retournement (à droite) sur la plateforme de compostage de Lomé

De plus, l'absence de tri induit la présence de déchets dangereux du début du procédé jusqu'à l'étape de tamisage avec pour conséquences possibles l'augmentation du risque sanitaire pour les travailleurs et la diminution de la qualité du compost :

- Le risque sanitaire est lié à la présence de déchets de soins ou des déchets piquants ou coupants. Ce risque est particulièrement à considérer pour les procédés peu mécanisés.
- Les déchets de types « piles et batteries » peuvent altérer la qualité du compost en augmentant les teneurs en éléments traces métalliques (ETM). Cependant, des dépassements des valeurs seuils en ETM sont rarement observés.

Dans le cas de la plateforme de l'île Maurice qui dispose d'un procédé mécanisé, il n'y a pas de tri en amont. La mécanisation permet de limiter le contact entre les opérateurs et les déchets et ainsi, de réduire les risques sanitaires liés à la manutention des déchets dans les opérations de tri. Par ailleurs, le produit respecte la norme mauricienne.

Cas du sable dans les déchets : Certains pays, notamment les pays sahéliens, sont confrontés à une forte présence de fines dans leurs déchets (elles peuvent représenter jusqu'à 50 % en masse des déchets). Ces fines peuvent parfois être assimilables à du sable (aussi appelé terre noire ou terreau). En fonction de leur nature et de la qualité du compost recherché elles peuvent être compostées ou séparées en amont par tamisage.

Garder les fines a pour inconvénient de diminuer la teneur en matière organique du compost et pour avantage d'augmenter le rendement de la production (compost produit/déchets entrant) en limitant les refus de production.

En revanche, les fines sont parfois riches en matière organiques (comme à Madagascar) : il faut donc les laisser dans le compost.

2.3.2 Broyage

Les déchets peuvent être broyés grossièrement avant d'être mis en andain. Le broyage augmente le rapport surface/masse

et favorise ainsi l'activité des micro-organismes. Le broyage sur les déchets des ménages en mélange est déconseillé (risque de broyer du verre, des plastiques, des piles,...). Le broyage est conseillé dans la mesure où la qualité du tri garantit l'absence d'éléments indésirables (présence uniquement de matière organique fermentescible). Par ailleurs la présence de verre dans le produit à broyer conduit à une usure prématurée des broyeurs.

Le broyage est notamment utile pour les fractions de matière organiques les plus grossières (branches), plus difficilement biodégradables, mais qui seront utiles comme agent structurant favorisant l'aération de l'andain. *L'unité de Mahajanga est équipée d'un broyeur pour les déchets verts.*

2.3.3 Mise en tas ou en andains et étape dite de fermentation chaude

La fraction fermentescible des déchets triés est mise en andain pour permettre la fermentation et la maturation de la matière. Des andains circulaires ou en longueur (de plus grande taille) peuvent être constitués. La réalisation d'andains en longueur permet une économie de l'espace disponible. Cependant, pour des unités de faibles capacités, la mise en andains circulaires peut être suffisante, au regard des tonnages traités. Un andain doit regrouper des déchets triés durant un maximum de 2 ou 3 jours. Lors de la mise en andain, l'humidité doit être contrôlée et, si nécessaire, un apport d'eau doit être réalisé par arrosage.

La phase de fermentation chaude est la première phase du compostage. Au cours de cette phase, la matière organique la plus facilement biodégradable est convertie en dioxyde de carbone et eau, sous l'action des micro-organismes présents initialement dans les déchets. Cette activité se caractérise par une forte montée en température (d'où le terme de fermentation chaude), une perte en humidité et une consommation élevée en oxygène. Par conséquent, cette phase nécessite le contrôle de l'humidité, de la température et de l'apport d'air.

L'aération peut se faire par retournement ou par insufflation d'air. L'insufflation peut se faire de façon passive à l'aide d'un tuyau perforé qui traverse l'andain ou forcée par un système de ventilation mécanisé. Les systèmes d'insufflation ne sont pas utilisés par les unités des partenaires de Re-Sources.

- Cas des sites Africompost : deux mois de fermentation pour les ordures ménagères. Les andains sont retournés de façon manuelle durant le premier mois de dégradation.
- Unité « Jean-Christophe Fernandes » : 45 jours de fermentation pour les ordures ménagères.
- Unité de Maurice : les andains sont retournés avec des pelles mécaniques.



Figure 3 : Tas de déchets dans l'étape dite de fermentation chaude à Dschang

2.3.4 Maturation

Lors de la seconde phase du cycle de compostage dite de maturation, la matière organique subit une lente transformation conduisant à sa stabilisation chimique et biologique. Réalisée également sous la forme d'andains, la maturation du compost ne demande ni de retournement de la matière (aération passive suffisante, car besoin d'aération moins élevé que la phase de fermentation), ni d'arrosage, au cours de la période nécessaire préconisée pour la stabilisation.

- Cas des sites Africompost : 1 mois de maturation pour les ordures ménagères
- Cas de Cité-Soleil : Maturation de 1 mois, puis tamisage et stockage en vrac. Ce pré-stockage en tas bachelé peut être également considéré comme la suite de la phase de maturation de la matière organique.

2.3.5 Tamisage

Le tamisage de la matière a lieu généralement en fin de maturation du compost. Il a pour objet de retirer les éléments grossiers non compostables qui n'ont pu être éliminés par le tri après réception des déchets sur la plateforme. Les refus de tamisage sont principalement constitués d'éléments inertes (gravats, pierres, cailloux, et morceaux de verres cassés), de morceaux de charbon, de particules de bois non biodégradées et de plastiques durs et souples. Les tailles de mailles utilisées varient de 10 mm à 30 mm et dépend du futur usage du compost.

Le choix de la maille influence le rendement massique : plus la maille est grande plus le rendement est important. La maille influence aussi la qualité du compost mais dépend du contexte local (notamment nature des déchets et climat). Par exemple, une augmentation de la taille de la maille peut amener dans certains cas à une diminution de la teneur en MO alors que dans d'autres cas, l'effet sera inverse avec l'augmentation de la teneur en MO. Des essais préalables sont généralement réalisés pour définir la maille adaptée.

- Cas des sites Africompost : le compost est tamisé manuellement. A Mahajanga, le tamisage mécanisé a été réalisé pendant un moment mais a été arrêté à cause du sous-dimensionnement du trommel. Dans les projets de développement des capacités des sites d'Africompost, la mécanisation du tamisage est prévue pour certains sites.
- La plateforme de Cité-Soleil réalise un criblage sur matière organique après la phase de maturation de 1 mois, sur tamis dont les mailles en forme de losange font environ 5 mm de largeur et 10-12 mm de longueur.
- L'unité de SWRL située à l'île Maurice procède à un tamisage mécanisé du compost avec des cribles rotatifs.



Figure 4 : Tamisage par trommel à Mahajanga (haut) et manuel sur plan incliné à Dschang (bas)

2.3.6 Conditionnement et stockage

Le compost doit être stocké sur une aire abritée et ventilée afin de préserver le produit. Une longue durée de stockage peut avoir pour incidence une diminution des teneurs en matières organiques et en éléments nutritifs du compost, surtout si le stockage ne se fait pas sous abri

Le stockage et la vente du compost peuvent se faire en vrac ou en sac. La vente en vrac permet de diminuer les coûts mais nécessite d'adapter la commercialisation en conséquence.



Figure 5 : stockage du compost à Lomé

2.4 Eléments de dimensionnement

Dans le cadre d'Africompost, les unités de compostage réalisent un compostage non mécanisé en andains. Pour traiter 10 000 tonnes de déchets ménagers par an (40 tonnes / jour), il faut prévoir un site d'une surface minimale d'un hectare dont les trois quart seront affectés au procédé de compostage. Le quart restant doit être prévu pour les locaux (vestiaires, bureaux, magasin), les zones de circulation et les parcelles de démonstration du produit. Une telle unité produit entre 1 000 et 2 500 t de compost par an, en fonction de la teneur en matière fermentescible des déchets entrants.

La plateforme de cité-Soleil (Haïti) traite environ de 400 à 600 tonnes de déchets par an, correspondant à la prise en charge d'environ 1,5 tonne de déchets par jour, sur une superficie d'environ 500 m².

Le site de compostage industriel SWRL (Maurice) dispose d'un procédé optimisé par l'utilisation d'engins mécanisés (pelles, chargeurs et cribles rotatifs). L'unité traite 300 tonnes de déchets municipaux par jour. Les déchets sont préalablement triés manuellement sur le sol et mis en andains. Le tamisage final du compost est réalisé par un crible rotatif (trommel). 4000 tonnes de compost sont produits par an.

2.5 Problèmes et solutions

Le tableau 2 résume les problèmes les plus fréquents rencontrés lors du compostage et indique les causes probables et solutions qui peuvent y remédier.

D'un point de vue technique, des solutions pour des systèmes à la fois adaptés au contexte local et plus productifs doivent être proposées. Dans ce sens, la Plateforme Re-Sources a démarré en 2015 la réalisation d'une action pilote pour optimiser les techniques de compostage intitulée « mesure de la performance et évaluation de la mécanisation des procédés » sur plusieurs unités de compostage. Les conclusions de cette action pilote seront disponibles dès 2017.

Tableau 2 : Problèmes souvent rencontrés et solutions proposées

Problèmes	Solutions proposées
La décomposition est lente	<p>S'assurer que le tas n'est pas trop humide</p> <p>Retourner l'andain en suivant les recommandations.</p> <p>Prendre soin de ne pas faire des andains trop petits ou trop grands.</p> <p>Les déchets ne contiennent pas suffisamment d'azote. Rééquilibrer le ratio carbone azote en ajoutant des fumures animales ou des déchets alimentaires.</p>
Le tas prend feu	<p>La température est trop élevée dans le temps. Arroser le tas. Éviter de faire un tas trop grand, choisissez plutôt de réaliser plusieurs tas de plus petite taille.</p>
Le tas n'est pas assez chaud et ne permet pas l'hygiénisation du compost	<p>S'assurer que le tas n'est pas trop humide</p> <p>Retourner l'andain en suivant les recommandations.</p> <p>Vérifier le ratio carbone azote et le rééquilibrer si nécessaire en ajoutant en fonction du besoin des déchets carbonés ou azotés.</p> <p>Prendre soin de ne pas faire des andains trop petits.</p>
Des odeurs désagréables sont émises	<p>S'assurer que le tas n'est pas trop humide.</p> <p>La dégradation se réalise en milieu anaérobie.</p> <p>Retourner les andains plus régulièrement.</p> <p>Rééquilibrer le ratio carbone azote en ajoutant des déchets plus carbonés (copeaux de bois, papiers cartons, feuilles mortes...).</p>
Les déchets pourrissent	<p>Les andains sont trop humides. Diminuer l'arrosage des andains.</p> <p>Protéger les andains de la pluie.</p>
Des « mottes » se forment (conglomérat de compost)	<p>Les mottes se forment pendant les pluies. Protéger les andains de la pluie.</p>
Compost pauvre en matière organique	<p>Faible teneur en déchets fermentescibles des déchets compostés : mettre en place un tri amont ou aval des déchets pour garder les déchets fermentescibles.</p> <p>Exposition prolongée du compost aux intempéries (soleil, pluies) : compostage et stockage sous abris.</p>
Le compost présente des teneurs trop élevées en métaux lourds	<p>Améliorer le tri en début de procédé.</p> <p>Les sols volcaniques, riches en métaux lourds, peuvent contaminer le compost. Dans ces cas, travailler sur des espaces dallés.</p>
Le sol se contamine	<p>Ne pas composter de déchets susceptibles de polluer le sol, tels que les déchets industriels qui peuvent contenir des métaux lourds.</p>

3. Conclusions

Le compostage est une technique de valorisation simple adaptée aux déchets ménagers présentant une forte teneur en matières organiques.

Le tri à la source est un moyen pour la réduction du coût de production du compost et la réduction des risques liés aux déchets dangereux, mais très difficile à enraciner dans les habitudes des populations urbaines.

En général, la composition des déchets ménagers des villes dans les pays en voie de développement permet la production d'un compost de bonne qualité. Cependant, il arrive d'observer des teneurs en matière organique en deçà des valeurs seuils des normes existantes.

En deçà de 10 000 tonnes de déchets traités par an, le compostage peut être réalisé sans mécanisation (cas actuel des sites d'Africompost). Pour des capacités supérieures, une mécanisation partielle est fortement conseillée.

Pour la pratique du compostage à moyenne et grande échelle, des surfaces importantes en milieu urbain sont nécessaires.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Union Européenne, l'Agence Française de Développement et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial pour leur soutien financier, ainsi que tous les membres de Re-Sources qui contribuent activement aux travaux du groupe de travail relatif au compostage.

Références bibliographiques

Filemon A. (2008). Solid waste management principles and practices, 216 pages

R. Bayard & R. Gourdon (2007) Traitement biologique des déchets. Techniques de l'Ingénieur; J 3 966, 1-23.

Charnay, F. (2005). Compostage des déchets urbains dans les pays en développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Spécialité « Chimie et Microbiologie de l'Eau ». Université de Limoges, 277 pages

Gevalor (2013). Protocole d'analyse Africompost, 6 pages. Rapport interne accessible auprès de Gevalor; 1 rue du Portereau 45000 Orléans

CEFREPADE (2012). Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement : Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes, 57 pages. Rapport interne accessible auprès de : Association CEFREPADE (Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement), INSA Lyon, 69621 Villeurbanne cedex.